

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ №12



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЕТСЯ С 1955 г.

WWW.RIFSM.RU

ДЕКАБРЬ 2017 г.

(755)

**VIATOR®**

Das Pellet.

Российским дорогам – немецкое качество!

Гранулы VIATOR® для щебеночно-мастичного асфальтобетона производятся на немецком оборудовании и по немецким стандартам на территории Российской Федерации.

- Находящийся в грануле битум обеспечивает быстрое и равномерное распределение волокон в смесителе
- Отличная эффективность и стабилизирующий эффект благодаря плотной трехмерной структуре из волокон
- Экономичное производство асфальтобетона – нет снижения производительности АБЗ благодаря отсутствию дополнительного сухого смешивания
- Высочайшие стандарты качества VIATOR® обеспечивают качество асфальтобетона



ООО РЕТТЕНМАЙЕР РУС



Природные  
волокна

Член концерна JRS

ООО Реттенмайер Рус  
Российская Федерация  
115280, Москва,  
ул. Ленинская Слобода д. 19 стр. 1  
Тел. (495) 276 0640  
info@rettenmaier.ru

www.retttenmaier.ru



ЗАВОД  
ТЕХПРИБОР

Реклама

Тульская обл., г. Щекино  
ПРЕДЛАГАЕТ

# МЕЛЬНИЦЫ «ТРИБОКИНЕТИКА»



**miningworld**  
RUSSIA

Диплом за лучшую  
мельницу тонкого помола\*

**ОСМ 2015**

Диплом за лучший  
мельничный комплекс



## Всё перемелется!

\* Диплом за лучшую мельницу тонкого помола российского производства по версии выставки Miningworld Russia.



Завод «ТЕХПРИБОР» РФ, Тульская область, г. Щекино, ул. Пирогова, д.43  
Контактные телефоны: (48751) 9-05-95, 9-05-96, 9-05-21, 9-05-46  
E-mail: [manager@tpribor.ru](mailto:manager@tpribor.ru) / [www.tpribor.ru](http://www.tpribor.ru)

**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

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

## № 12

Основан в 1955 г.

(755) декабрь 2017 г.

**Главный редактор:**

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

**Редакционный совет:**

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

**АСКАДСКИЙ А. А.**,  
 д-р хим. наук, профессор (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,  
 академик РАН  
 (Санкт-Петербург)

**ВЕРЕЩАГИН В. И.**,  
 д-р техн. наук, профессор (Томск)

**ГОРИН В. М.**,  
 канд. техн. наук, президент Союза  
 производителей керамзита и  
 керамзитобетона (Самара)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**ШЛЕГЕЛЬ И. Ф.**,  
 канд. техн. наук (Омск)

**ШТАКЕЛЬБЕРГ Д. И.**,  
 д-р техн. наук, профессор (Израиль)

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

© ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»,  
 журнал «Строительные материалы»®, 2017

**Керамические строительные материалы**

**Деловой тур группы КЕРАМТЭКС на предприятия компаний VERDES, FORGESTAL, BERALMAR (Испания) и METALCERTIMA (Португалия) (Информация)..... 4**

**Холдингу НК-ТЕПЛОХИММОНТАЖ 25 лет! (Информация) ..... 6**

**А.Ю. СТОЛБОВУШКИН, А.И. ИВАНОВ, В.В. ШЕВЧЕНКО, О.А. ФОМИНА, М.С. ДРУЖИНИН**  
**Исследования структуры и свойств ячеистых керамических материалов**  
**с каркасом из дисперсных кремнеземсодержащих пород ..... 7**

**Х.С. ЯВРУЯН, Е.С. ГАЙШУН, А.В. КОТЛЯР**  
**Особенности компрессионного формования тонкодисперсных продуктов**  
**углеобогащения при производстве керамического кирпича ..... 14**

**К.А. АРИСКИНА, Б.А. СЕРГЕЕВ, Э.Т. МУХАМЕТОВА, Р.Р. МУХАМЕТЗЯНОВ,**  
**А.М. САЛАХОВ, А.И. ГУМАРОВ, А.Г. НИКОЛАЕВ**  
**Исследование структуры и цветовых характеристик глазурных покрытий ..... 18**

**Заводы с линией ручной формовки Easytuid: сделано в Италии (Информация).... 24**

**Силикатные строительные материалы**

**СИЛИКАТэкс 2017 (Информация)..... 30**

**Г.В. КУЗНЕЦОВА, Г.Х. ГАЙНУТДИНОВА**  
**Влияние крупности песка на выбор вида известкового вяжущего ..... 33**

**М.В. КОРНЕВ, А.В. МАКАРОВ, И.Н. ТИХОМИРОВА, М.А. КАРПЕНКО**  
**Коррозия силикатных материалов ..... 38**

**А.В. НЕСТЕРОВ**  
**Автоматизация шахтных печей для производства извести ..... 41**

**С.В. ДУГУЕВ, В.Б. ИВАНОВА, К.Ж. САТВАЛДИНОВ**  
**Номенклатура и динамика продаж пигментов БЭС**  
**на рынке строительных материалов (Информация) ..... 48**

**Результаты научных исследований**

**С.В. ФЕДОСОВ, В.Е. РУМЯНЦЕВА, И.В. КРАСИЛЬНИКОВ, С.А. ЛОГИНОВА**  
**Исследование влияния процессов массопереноса**  
**на надежность и долговечность железобетонных конструкций,**  
**эксплуатируемых в жидких агрессивных средах ..... 52**

**С.С. КАПРИЕЛОВ, А.В. ШЕЙНФЕЛЬД, Г.С. КАРДУМЯН, И.А. ЧИЛИН**  
**О подборе составов высококачественных бетонов**  
**с органоминеральными модификаторами ..... 58**

**А.М. СУЛЕЙМАНОВ, Е.С. ЗЫКОВА, И.А. СТАРОВОЙТОВА, А.Н. СЕМЕНОВ**  
**Модифицированные клеевые связующие**  
**для систем внешнего армирования строительных конструкций**  
**Часть 2. Физико-механические характеристики клеев..... 64**

**М.Ю. ДРЕБЕЗГОВА**  
**Реологические свойства системы «композиционное гипсовое вяжущее –**  
**суперпластификатор – вода»..... 68**

**К.М. ВОРОНИН, Д.Д. ХАМИДУЛИНА, С.А. НЕКРАСОВА, И.С. ТРУБКИН**  
**Вибропрессованные элементы мощения с использованием**  
**сталеплавивных шлаков ..... 71**

**Указатель статей, опубликованных в журнале «Строительные материалы»®**  
**в 2017 году ..... 74**

**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® № 12

Founded in 1955 (755) December 2017

### Editor-in-chief

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

### Editorial Board

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

**ASKADSKIY A.**,  
Doctor of Sciences (Chemistry),  
Professor (Moscow)

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

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

**VAYSBERG L.**,  
Doctor of Sciences (Engineering),  
Academician of RAS  
(St. Petersburg)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### Ceramic building materials

**Business Tour of KERAMTEX Group to Enterprises of VERDES, FORGESTAL, BERALMAR (Spain), and METALCERTIMA (Portugal) Companies (Information) ..... 4**

**NK-Teplokhimmontazh Holding: 25 Years! (Information) ..... 6**

A.Yu. STOLBOUSHKIN, A.I. IVANOV, V.V. SHEVCHENKO, O.A. FOMINA, M.S. DRUZHININ

**Study on Structure and Properties of Cellular Ceramic Materials with a Framework from Dispersed Silica-Containing Rocks ..... 7**

H.S. YAVRUYAN, E.S. GAYSHUN, A.V. KOTLYAR

**Features of Compression Molding of Fine-Disperse Products of Coal Washing When Producing Ceramic Brick ..... 14**

K.A. ARISKINA, B.A. SERGEEV, E.T. MUKHAMETOVA, R.R. MUHAMETZ'YANOV,  
A.M. SALAHOV, A.I. GUMAROV, A.G. NIKOLAEV

**Investigation of the Structure and Color Characteristics of Glaze Coatings ..... 18**

**Factories with a line of hand molding Easymud: Made in Italy (Information) ..... 24**

### Silicate building materials

**SILIKATex 2017 (Information) ..... 30**

G.V. KUZNETSOVA, G.Kh. GAYNUTDINOVA

**Effect of Sand Fineness on Selection of a Lime Binder Type ..... 33**

M.V. KORNEV, A.V. MAKAROV, I.N. TIKHOMIROVA, M.A. KARPENKO

**Corrosion of Silicate Materials ..... 38**

A.V. NESTEROV

**Automation of Shaft Kilns for Producing Lime ..... 41**

S.V. DUGUEV, V.B. IVANOVA, K.Zh. SATVALDINOV

**Nomenclature and Dynamics of Sales of BES Pigments at Building Materials Market (Information) ..... 48**

### Results of scientific research

S.V. FEDOSOV, V.E. RUMYANTSEVA, I.V. KRASILNIKOV, S.A. LOGINOVA

**Study of Effect of Mass Transfer Processes on Reliability and Durability of Reinforced Concrete Structures Operating in Liquid Aggressive Media ..... 52**

S.S. KAPRIELOV, A.V. SHEINFELD, G.S. KARDUMYAN, I.A. CHILIN

**About Selection of Compositions of High-Quality Concretes with Organic-Mineral Modifiers ..... 58**

A.M. SULEJMANOV, E.S. ZYKOVA, I.A. STAROVOJTOVA, A.N. SEMJONOV

**Modified Glue Binders for Systems of External Reinforcement of Building Structures Part 2. Physical and Mechanical Characteristics of Glue ..... 64**

M.Yu. DREBEZGOVA

**Rheological Properties of the System «Composite Gypsum Binder – Superplasticizer – Water» ..... 68**

K.M. VORONIN, D.D. KHAMIDULINA, S.A. NEKRASOVA, I.S. TRUBKIN

**Vibro-Pressed Elements of Paving with the Use of Steelmaking Slags ..... 71**

**Index of Articles Published in the Journal «Construction Materials»® in 2017 ..... 74**

**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.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

THE SCIENTIFIC AND PRACTICAL EDITION

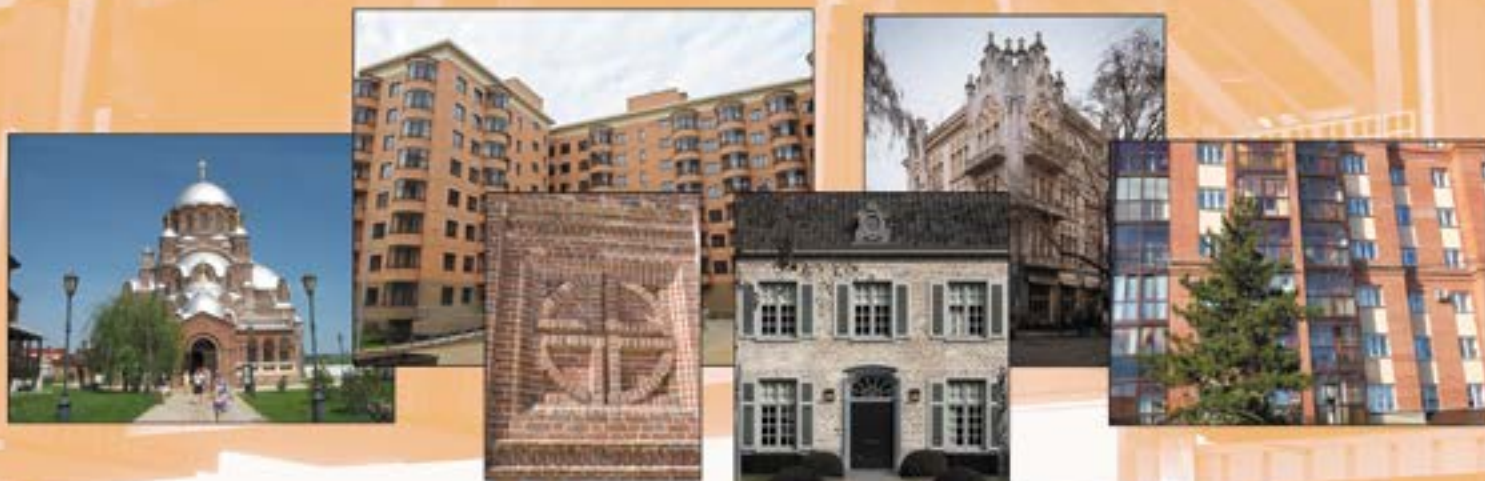
30–31 МАЯ 2018  
ТУЛА. РОССИЯ  
ГОСТИНИЦА «SK-ROYAL»  
ЗАЛ «МОСКВА»

## XVI

ON MAY 30–31, 2018  
TULA. RUSSIAN FEDERATION  
HOTEL «SK-ROYAL»  
HALL «MOSCOW»

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

# КЕРАМТЕХ



ГЛАВНАЯ ТЕМА КОНФЕРЕНЦИИ / MAIN TOPIC OF THE CONFERENCE  
«КИРПИЧНОЕ ДОМОСТРОЕНИЕ В РОССИИ. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ»  
«BRICK HOUSE BUILDING IN RUSSIA. REALITY AND PROSPECTS»

Партнеры МИАП КЕРАМТЕХ / KERAMTEX' partners



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ КОМПАНИИ «ЭСТЕЗО-ТРЕЙД»  
WITH SUPPORT



ПОСЕЩЕНИЕ КИРПИЧНОГО ЗАВОДА «БРАЕР»  
VISIT TO «BRAER» BRICK-PLANT



ПОСЕЩЕНИЕ ТУЛЬСКОГО КИРПИЧНОГО ЗАВОДА  
VISIT TO TULA BRICK-PLANT



ПОСЕЩЕНИЕ СТРОЯЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ ИЗ КИРПИЧА И С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КИРПИЧА  
VISITING BUILDING OBJECTS FROM BRICK AND USING BRICK

31.05.2018  
ГАЛА-УЖИН С ВРУЧЕНИЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ НАГРАД  
CERAMIC AWARDS DINNER

[www.rifsm.ru](http://www.rifsm.ru)

[mail@rifsm.ru](mailto:mail@rifsm.ru)

## **Деловой тур группы КЕРАМТЭКС на предприятия компаний VERDES, FORGESTAL, BERALMAR (Испания) и METALCERTIMA (Португалия)**

*Важным направлением деятельности МИАП КЕРАМТЭКС является организация деловых поездок руководителей и ведущих специалистов российских кирпичных заводов на зарубежные машиностроительные предприятия и кирпичные заводы. Во время таких встреч коллеги имеют возможность провести переговоры непосредственно с руководством компаний, обсудить достоинства и преимущества различного оборудования, а также оценить работу оборудования на действующих кирпичных заводах.*

*В последние годы наблюдается взаимный интерес российских предприятий и машиностроительных и инженеринговых компаний из Испании и Португалии. Представители компаний этих стран стали активно принимать участие в конференции КЕРАМТЭКС, публиковать информацию в журнале «Строительные материалы»®.*

*Закономерным развитием взаимоотношений стала поездка группы КЕРАМТЭКС на предприятия компаний «ВЕРДЕС», «ФОРГЕСТАЛ», «БЕРАЛМАР» (Испания) и «МЕТАЛСЕРТИМА» (Португалия), которая состоялась в октябре 2017 г.*

Компания «ВЕРДЕС» (Talleres Felipe Verdés, S.A.) является давним партнером МИАП КЕРАМТЭКС, однако ее офис под Барселоной мы посетили впервые.

Свою историю компания ведет с 1908 г. Ее основателем был Филиппе Вердес I. В настоящее время компанией управляет четвертое поколение семьи Вердес. Почти 110 лет главным направлением деятельности фирмы остается разработка и изготовление оборудования для керамической промышленности. Постоянно расширяется география не только поставок, но и производства оборудования: в 1975 г. открыт завод в Бразилии, в 2013 г. – в Индии.

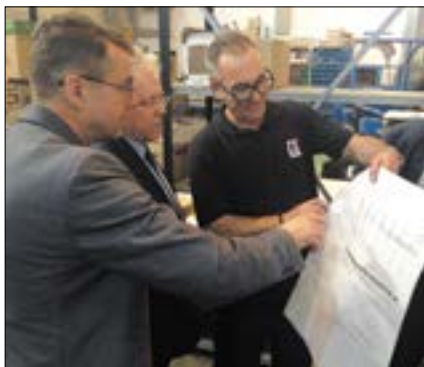
Головное предприятие находится в живописном местечке Виланова дель Ками. На 23 тыс. м<sup>2</sup> располагаются офисы, производственные и складские помещения, исследовательская лаборатория. Российскую делегацию встречали генеральный директор компании «ВЕРДЕС» Карлос Горкс и коммерческий директор Винсенте Ромео Агуарод. Российским коллегам были продемонстрированы наиболее востребованные среди российских заказчиков машины: экструдеры семейства «Магна», финишные вальцы «Оптим», многоковшовый экскаватор, молотковые дробилки различной производительности.

Лаборатория, открытая в 2015 г., располагает возможностью проводить разнообразные исследования глинистых и других материалов для глубокого и полного анализа их свойств, подбирать оптимальную рецептуру для подготовки массы и формовки изделия. Усовершенствованное оборудование позволяет изучить поведение продукта на этапах сушки и обжига.

Лабораторное оборудование для помола и формовки массы полностью разработано и произведено компанией «ВЕРДЕС». Его закупают исследовательские центры, университеты, проектные и другие специализированные организации.

Компания «ФОРГЕСТАЛ» (FORGESTAL S.L.) также многие годы сотрудничает с МИАП КЕРАМТЭКС и журналом «Строительные материалы»®. Несколько лет назад наша группа уже гостила у испанских коллег. Компания динамично развивается, поэтому всегда есть, что показать гостям. С интересом российские специалисты познакомились с работой новой установки для испытания огнеупоров на термоудар. Большое впечатление произвел завод CAMPO-Refractarios после реконструкции, а также кирпичный завод Curtis, который производит керамические блоки, лицевой кирпич и черепицу в U-кассетах. Все тепловые агрегаты завода футерованы продукцией Forgestal.





Компанию «БЕРАЛМАР» (Beralmar Tecnologic S.A.) российские специалисты знали в основном как производителя горелок и автоматики для обжига, сушилок и печей. Это не удивительно, так как вначале своего пути, с 1964 г., компания действительно занималась производством мазутных горелок и генераторов горячего воздуха для сушки, и называлась Quemadores Beralmar S.A. В 2002 г. компания сменила название на привычное нам Beralmar Tecnologic S.A., и продолжая оставаться лучшим производителем горелок, стала развивать инжиниринговое и машиностроительное направления. В июне 2017 г. участники конференции КЕРАМТЭКС посетили завод «Экоклинкер» в г. Новочебоксарске (Чувашия), построенный компанией «Бералмар». В этой поездке мы смогли познакомиться с проектным и машиностроительными подразделениями компании. Официальную встречу и экскурсию по предприятию провел управляющий совладелец компании Рамон Сарио.

Португальская компания «МЕТАЛСЕРТИМА» (Metalcértima Indústria Metalomecânica, S.A.) относительно молодая, в 2017 г. ей исполнилось 40 лет. Свою деятельность она начала с ремонта и обслуживания оборудования керамической промышленности. В настоящее время «МЕТАЛСЕРТИМА» входит в состав холдинга компаний, основным видом деятельности которого является керамика, и сосредоточилась на разработке, производстве и установке проектов полностью укомплектованных заводов «под ключ». Компания «МЕТАЛСЕРТИМА» сертифицирована по нормам ISO 9001 2000.

В компании трудится около 130 человек, производственные площади составляют более 25 тыс. м<sup>2</sup>, среди средств производства сварочный робот и новый машинно-обрабатывающий центр. Компанию возглавляет совладелец Антеро Оливейра, управляет делами его сын Паоло Оливейра.

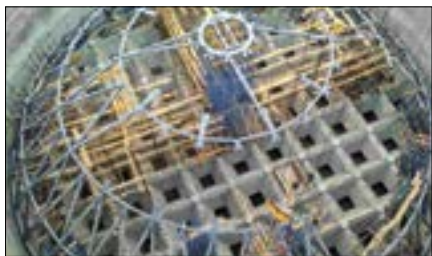
При посещении кирпичного завода Ceramica de Quintas, оснащенного оборудованием компании «МЕТАЛСЕРТИМА», российским коллегам была продемонстрирована когенерационная установка, вырабатывающая электрическую и тепловую энергию. Установка также разработана компанией «МЕТАЛСЕРТИМА». Выработанная тепловая энергия используется для бытовых и производственных нужд, а электрическая энергия частично даже поставляется в государственную электрическую сеть.

Традиционно личные контакты специалистов имеют высокую эффективность как для российских, так и для зарубежных коллег. Это настоящий обмен опытом, который каждый участник таких встреч использует для своей дальнейшей работы. Взаимопонимание специалистов, профессиональное уважение, стремление развивать керамическое производство, как известно, не имеет границ. И МИАП КЕРАМТЭКС будет продолжать работу по укреплению и развитию международного сотрудничества керамиков.

**Оставайтесь с нами!**



# Холдингу НК-ТЕПЛОХИММОНТАЖ 25 лет!



Холдинг НК-ТЕПЛОХИММОНТАЖ основан в 1992 г. в городе Старый Оскол Белгородской области, он аккумулирует уникальный производственный опыт, приобретенный в сфере металлургии, нефтехимии, цементной промышленности, тепловой и атомной генерации.

Направления деятельности:

- Проектирование и монтаж тепловых агрегатов
- Производство огнеупорных материалов
- Производство сухих смесей
- Производство бетонов различного назначения, включая химически стойкий, гидротехнический и теплоизоляционный бетон
- Футеровочные работы «под ключ»
- Теплоизоляционные работы «под ключ»
- Изготовление промышленных печей
- Одно из ключевых направлений – монолитное строительство высотных промышленных зданий и сооружений методом скользящей опалубки.

Выступая в качестве генподрядчика, НК-ТЕПЛОХИММОНТАЖ осуществляет организацию всего строительного процесса, подбор и координацию деятельности субподрядных организаций.

В состав холдинга НК-ТЕПЛОХИММОНТАЖ входят следующие компании:

- ◆ ЗАО «Теплохиммонтаж» – строительство объектов промышленного назначения на условиях «под ключ».
- ◆ ЗАО «Производственно-коммерческая фирма «НК» – производство огнеупорных изделий.
- ◆ ЗАО «Теплохиммонтаж-Монолит» – возведение высотных железобетонных сооружений методом скользящей опалубки.
- ◆ АО Машиностроительная компания «Теплохиммонтаж – Промышленные Печи» – проектирование, изготовление и поставка «под ключ» нового термического оборудования.

## Первый в технологиях – лучший в стройке!

За время своей деятельности НК-ТЕПЛОХИММОНТАЖ сформировал серьезную команду профессионалов, способных решать любые поставленные задачи. Основным ядром специалистов холдинга являются профессиональные строители, выходцы из атомной отрасли, тепловой и гидроэнергетики, машиностроения и металлургии. Руководители проектов НК-ТЕПЛОХИММОНТАЖ имеют большой опыт в строительстве объектов различного назначения и уровня сложности, инженерно-технические сотрудники регулярно проходят курсы повышения квалификации.

Холдинг сформировал материально-техническую базу, которая обеспечивает финансовую устойчивость предприятия, что позволяет ему автономно выполнять любые строительные, монтажные и ремонтные работы. В качестве генерального подрядчика НК-ТЕПЛОХИММОНТАЖ выполняет весь комплекс работ на условиях «под ключ» включая земляные, свайные, устройство бетонных и железобетонных монолитных конструкций, в том числе методом скользящей опалубки, сварочные работы, теплоизоляционные, шеф-монтажные и пусконаладочные работы.

Продуманная схема взаимодействия позволяет холдингу строить партнерские отношения со всеми участниками строительного процесса и при этом минимизировать коммерческие и технические риски и потери.

## Скользящая опалубка

Технология скользящей опалубки признана оптимальным способом при возведении резервуаров для изотермического хранения СПГ. Главный принцип действия технологии скользящей опалубки состоит в процессе непрерывного подъема конструкции опалубки по вертикали одновременно с выполнением стандартных рабочих процессов: армированием, бетонированием и завершающей обработкой поверхности.

Скользящая опалубка позволяет возводить конструкции с постоянным и переменным сечением, а также сложных объектов конической формы с наклонной осью. Строительство посредством скользящей опалубки позволяет избежать «холодных швов», что является определяющим фактором при строительстве резервуаров для хранения СПГ, в отличие от традиционных методов при использовании самоподъемной и подъемно-переставной опалубки. Данный фактор гарантировано способствует улучшению эксплуатационных характеристик сооружения.

Работы ведутся 24 часа в сутки 7 дней в неделю. Скорость скользящего бетонирования составляет от 3 до 5 м в сутки.

## Мобильная лаборатория и мобильный бетонный завод.

При проведении бетонирования со скользящей опалубкой к приготовлению смеси предъявляются специальные требования. Для контроля времени схватывания смеси применяются модификаторы, регулирующие сроки набора прочности. Водоцементное соотношение бетона варьируется в зависимости от климатических условий. Необходимость использования бетона с гарантированным качеством и непрерывность его поставки предполагают наличие на строительной площадке собственного мобильного бетонного завода.

Скорость подъема скользящей опалубки определяется временем схватывания цемента в конкретных условиях осуществления работ. В составе компании имеется сертифицированная производственная лаборатория, которая позволяет осуществлять оперативный контроль за поступающим сырьем и материалами.

## Преднапряжение

Предварительное напряжение – это передовой и эффективный способ армирования железобетонных конструкций. Данный способ существенно повышает качество несущих конструкций сооружений, при меньшем объеме используемых материалов. Для достижения этих целей используется натяжение арматурных канатов, что позволяет снизить расход материалов и нагрузки на вертикальные конструкции, увеличить прочность и срок эксплуатации. В проектах строительства резервуаров для хранения СПГ данное технологическое решение является безусловным требованием.

Синтез опыта и технологий позволил НК-ТЕПЛОХИММОНТАЖ занять лидирующие позиции на рынке специализированного строительства.



ХОЛДИНГ  
Белгородская область, г. Старый Оскол  
Тел./факс: +7 (4725) 46-96-01, +7 (4725) 32-92-43  
general@futerovka.ru www.futerovka.ru



УДК 666.7-4:552.581

А.Ю. СТОЛБОУШКИН<sup>1</sup>, д-р техн. наук (stanyr@list.ru), А.И. ИВАНОВ<sup>1</sup>, инженер, В.В. ШЕВЧЕНКО<sup>1</sup>, инженер; О.А. ФОМИНА<sup>1</sup>, канд. техн. наук; М.С. ДРУЖИНИН<sup>2</sup>, студент (dms95@mail.ru)

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

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

## Исследования структуры и свойств ячеистых керамических материалов с каркасом из дисперсных кремнеземсодержащих пород\*

Приведены исследования структуры и физико-механических свойств керамических стеновых материалов с каркасом из дисперсных кремнеземсодержащих пород. Даны результаты исследования химического, минералогического и фракционного составов трепела и гранулированного пеностеклокристаллического материала (ГПСКМ). Установлена зависимость физико-механических свойств керамических материалов от содержания ГПСКМ в составе шихты в количестве от 5 до 75%. В заводских условиях из гранулированных шихт изготовлены опытные образцы керамического кирпича размером 65×120×250 мм с шестью полузамкнутыми пустотами, имеющие предел прочности при сжатии 12–17 МПа и среднюю плотность 980–1250 кг/м<sup>3</sup> без учета объема пустот. Установлена ячеистая структура керамического материала, состоящего из стеклокристаллического каркаса, стенки которого представлены кварцем, полевым шпатом и гематитом, и замкнутых пор округлой формы с остеклованной внутренней поверхностью.

**Ключевые слова:** дисперсные кремнеземсодержащие породы, трепел, пеностеклокристаллические гранулы, ячеистые керамические материалы, поровая текстура керамики.

**Для цитирования:** Столбоушкин А.Ю., Иванов А.И., Шевченко В.В., Фомина О.А., Дружинин М.С. Исследования структуры и свойств ячеистых керамических материалов с каркасом из дисперсных кремнеземсодержащих пород // *Строительные материалы*. 2017. № 12. С. 7–13.

A.Yu. STOLBOUSHKIN<sup>1</sup>, Doctor of Sciences (Engineering) (stanyr@list.ru), A.I. IVANOV<sup>1</sup>, Engineer, V.V. SHEVCHENKO<sup>1</sup>, Engineer, O.A. FOMINA<sup>1</sup>, Candidate of Sciences (Engineering); M.S. DRUZHININ<sup>2</sup>, Student (dms95@mail.ru)

<sup>1</sup> Siberian State Industrial University (42, Kirov Street, Novokuznetsk, 654007, Russian Federation)

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

### Study on Structure and Properties of Cellular Ceramic Materials with a Framework from Dispersed Silica-Containing Rocks\*

The studies on structure and physical and mechanical properties of ceramic wall materials with a glass-crystalline framework from dispersed silica-containing rocks are provided. The examination results of chemical, mineralogical and granulometric compositions of tripolite and granulated foam-glass crystalline material (GFGCM) are presented. The dependence of physical and mechanical properties of ceramic materials on GFGCM content in the composition of the batch in the amount from 5 to 75% is determined. In the conditions of a brick factory test samples of ceramic bricks, having a compressive strength 12–17 MPa and an average density 980–1250 kg/m<sup>3</sup> with dimensions 65×120×250 mm and 6 semi-closed caves, were produced from granulated batch. At the macroscale level the cellular structure of the ceramic material consists of a glass crystalline framework and closed pores of round shape with a vitrified inner surface. It was established that after firing the walls of the framework are represented by quartz, feldspar and hematite.

**Keywords:** dispersed silica-containing rocks, tripolite, granulated foam-glass crystalline material, cellular ceramic materials, glass crystalline framework, closed pores.

**For citation:** Stolboushkin A.Yu., Ivanov A.I., Shevchenko V.V., Fomina O.A., Druzhinin M.S. Study on structure and properties of cellular ceramic materials with a framework from dispersed silica-containing rocks. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 12, pp. 7–13. (In Russian).

Состав и структура строительного материала практически определяют все его важнейшие свойства и фактически устанавливают продолжительность жизненного цикла строительных изделий и конструкций [1]. От внутреннего строения стенового материала как пористо-капиллярной системы во многом зависят его прочностные и теплофизические характеристики. С 2000 г. в России значительно возросли нормативы требуемого термического сопротивления ограждающих конструкций (более чем в два раза) [2]. В результате для большинства климатических районов РФ необходимая расчетная толщина наружных стен из легкобетонных блоков и кирпича превысила 1–1,5 м, что привело к массовому использованию многослойных ограждающих конструкций при возведении зданий в новом столетии [3].

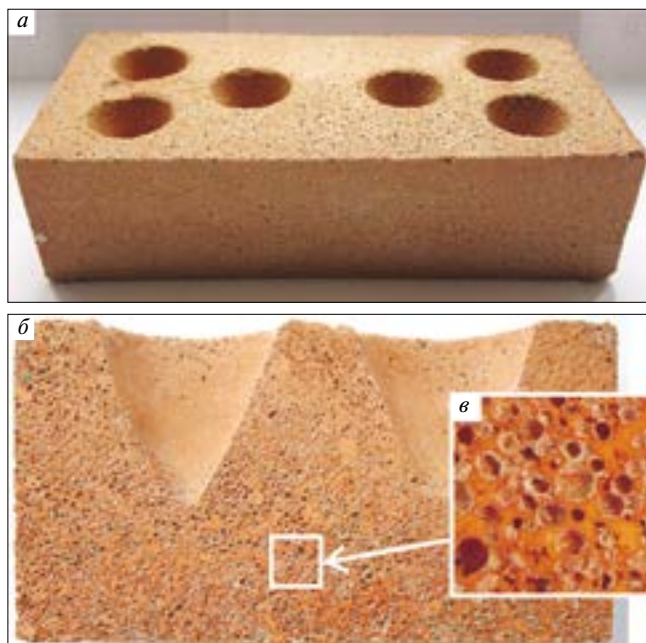
Следует отметить, что производство одновременно легких и прочных однослойных изделий для возведения стен всегда было актуальной проблемой строительного материаловедения. В полной мере этому условию отвечают стеновые материалы с ячеистой структурой. С учетом современных нормативных требований по теплозащите зданий в последнее время проводятся активные поиски получения новых видов эффективных стеновых материалов из природного и техногенного сырья [4–7].

Исходя из вышеизложенного разработка новых разновидностей ячеистых керамических материалов является одним из актуальных направлений развития технологий строительной керамики [8–11].

Цель настоящей работы заключалась в исследовании структуры, фазового состава и свойств ячеистых кера-

\* Результаты исследования получены в рамках выполнения госзадания Минобрнауки РФ, шифр проекта № 7.7285.2017/8.9 «Фундаментальные исследования в области строительных керамических композиционных материалов с матричной структурой на основе техногенного и природного сырья».

\* The results of the research were obtained within the framework of the state assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, the code of the project No. 7.7285.2017/8.9 «Fundamental research in the field of building ceramic composite materials with a matrix structure based on man-made and natural raw materials».



**Рис. 1.** Керамический кирпич из ГПСМК и потанинского трепела: а – внешний вид; б – поперечное сечение; б' – ячеистая структура

мических материалов с каркасом из дисперсных кремнеземсодержащих пород.

По результатам ранее проведенных исследований авторами разработан способ изготовления эффективных стеновых керамических изделий (средняя плотность без пустот составляет 600–950 кг/м<sup>3</sup>) на основе глинистого или кремнистого сырья и гранулированного пеностеклокристаллического материала [12]. Пеностеклогранулы увлажняются и активно перемешиваются с сухим тонкодисперсным глинистым или кремнистым сырьем в турболопастном смесителе-грануляторе.

После прессования, сушки и обжига формируется прочная ячеистая структура керамического материала [13].

В настоящей работе в качестве кремнистого сырья, выполняющего роль каркасообразующего компонента, использовался трепел Потанинского месторождения (Челябинская обл.), представляющий собой тонкопористую умеренно пластичную опаловую осадочную породу, состоящую из мелких сферических опаловых глобул размером 0,01–0,001 мм.

В качестве компонента, формирующего ячеистую структуру керамики, применялся гранулированный пеностеклокристаллический материал (ГПСМК) «Kerwood» производства ООО «Баскей Керамик» (г. Челябинск).

Исследования вещественного состава и керамико-технологических свойств сырьевых материалов проводились комплексом методов, включающих стандартные методики испытаний и прецизионные физико-химические методы анализа.

Химический состав сырья, полученный рентгенофлуоресцентным волнодисперсионным анализом на спектрометре Shimadzu XRF-1800, представлен в табл. 1.

По ГОСТ 9169–75 «Сырье глинистое для керамической промышленности. Классификация» ГПСМК и потанинский трепел относятся к кислому сырью ( $Al_2O_3 < 14\%$ ) с высоким содержанием красящих оксидов ( $Fe_2O_3 + TiO_2$  составляет 5–5,35%).

Гранулометрический состав потанинского трепела, установленный лазерным анализатором частиц Mastersiser-2000, представлен в табл. 2.

По ГОСТ 9169–75 потанинский трепел является низкодисперсным кремнеземсодержащим сырьем с низким содержанием крупнозернистых включений; 30% приходится на глинистую, 60% – на пылеватую фракции. Преобладающий средний размер частиц составляет 5–50 мкм. Гранулированный пеностеклокристаллический материал применялся с размером фракций –0,63+2,5 мм и контролировался методом ситового анализа.

Минеральный состав потанинского трепела представлен в основном кварцем, гидромусковитом и поле-

**Таблица 1**

Наименование сырья	Содержание оксидов, на сухое вещество, %									
	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	ППП
Потанинский трепел	75,13	0,66	8,21	4,69	1,26	0,79	1,01	1,22	0,08	6,32
ГПСМК «Kerwood»	78,43	0,45	7,81	4,45	0,75	0,22	6,24	1,65	–	–

**Таблица 2**

Наименование сырья	Содержание фракций, %, размер частиц, мм				
	>0,06	0,06–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001
Потанинский трепел	–	4,4	13,7	51,7	30,2

**Таблица 3**

Наименование сырья	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Водопоглощение, мас. %	Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па)	Прочность при сжатии в цилиндре, МПа
ГПСМК «Kerwood»	240–300	0,07	8	0,02–0,2	1,6

**Таблица 4**

Наименование сырья	Порядковый номер и содержание компонента в составе шихты, %						
	1	2	3	4	5	6	7
ГПСМК «Kerwood»	0	5	15	25	35	50	75
Потанинский трепел	100	95	85	75	65	50	25

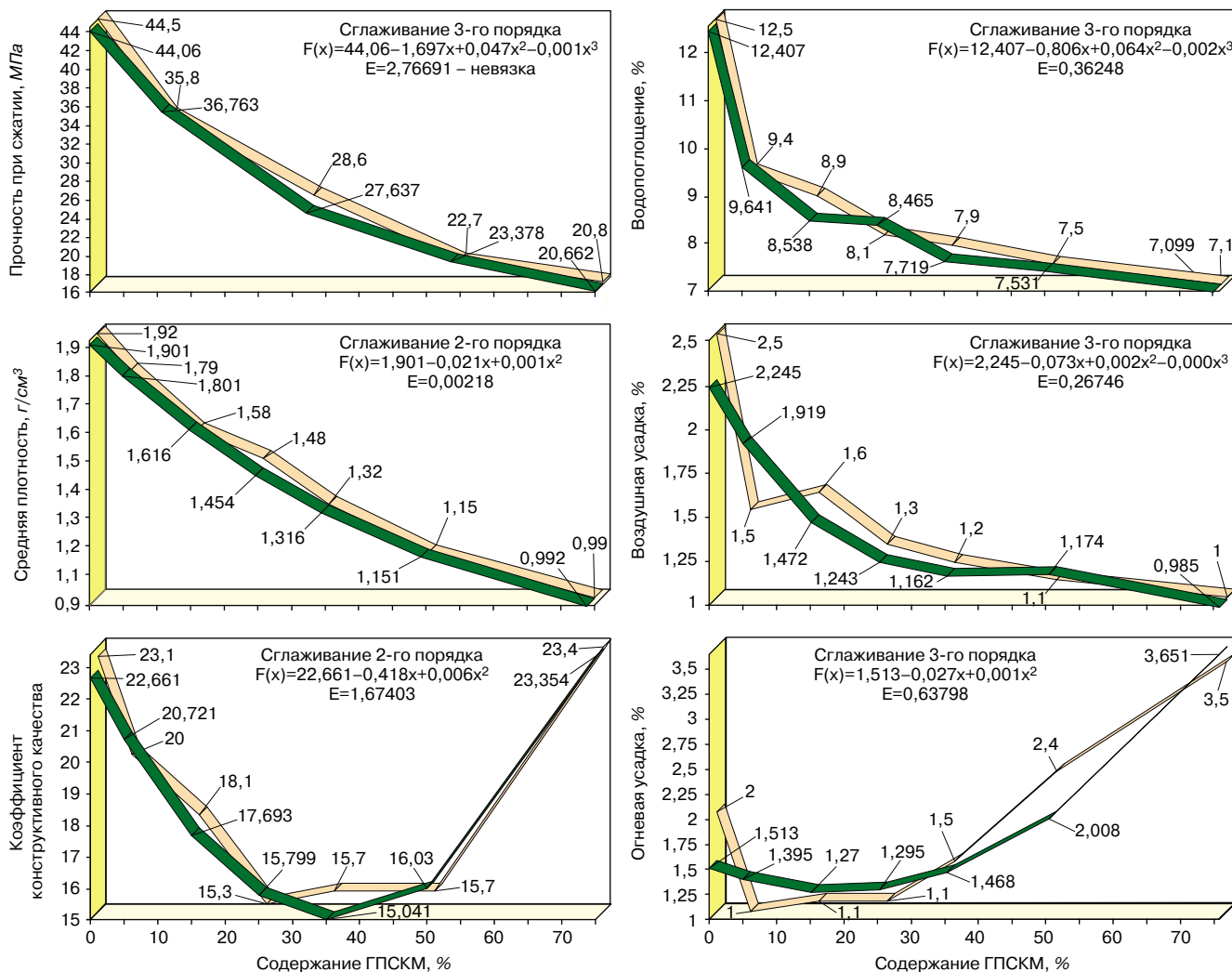


Рис. 2. Зависимость физико-механических свойств ячеистых керамических материалов с каркасом из дисперсных кремнеземсодержащих пород от содержания ГПСМК в составе шихты: ■ – без сглаживания; ■ – после сглаживания

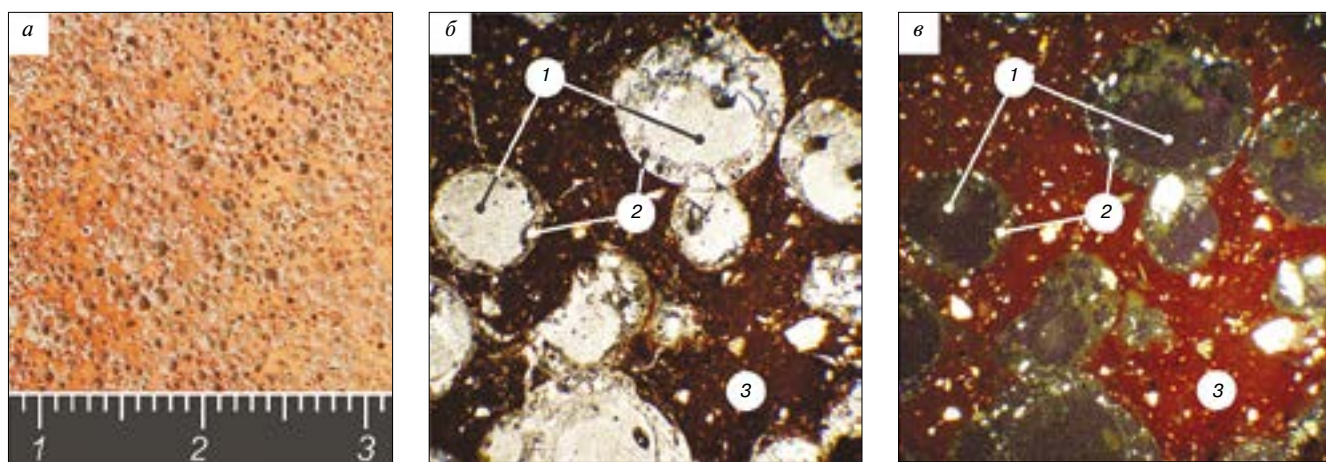


Рис. 3. Макроструктура ячеистой керамики на основе гранулированного пеностеклокристаллического материала и потанинского трепела. Аншлиф, отраженный свет (а); шлиф, проходящий свет, увеличение  $\times 10$ , николи II (б), николи + (в): 1 – пора; 2 – поровая скорлупа; 3 – твердая фаза

выми шпатами. Значительное рентгеноаморфное гало свидетельствует о большом количестве аморфного кремнезема. По гостовской классификации материал относится к сырью гидрослюдистого типа. ГПСМК состоит из рентгеноаморфной фазы, кварца и полевых шпатов, преимущественно анортитовой природы. Значительное содержание стеклофазы в гранулах также установлено рентгенографическими и петрографиче-

скими исследованиями. Стенки гранул остеклованы и водонепроницаемы, в них формируются более мелкие поры. Внешний вид материала, его пористая макро- и микротекстура приведены в работе [14]. Технические характеристики ГПСМК представлены в табл. 3.

По технологическим свойствам, определенным по ГОСТ 21216–2014 «Сырье глинистое. Методы испытаний», потанинский трепел характеризуется как умерен-

Таблица 5

Наименование параметра	Значение параметра* согласно порядковому номеру шихты по табл. 4						
	1	2	3	4	5	6	7
Прочность при сжатии, МПа	$\frac{44,3}{43,507}$	$\frac{35,8}{37,318}$	$\frac{28,6}{28,256}$	$\frac{22,7}{22,809}$	$\frac{20,8}{20,016}$	$\frac{18,1}{18,692}$	$\frac{16,2}{16,102}$
Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	$\frac{1,92}{1,901}$	$\frac{1,79}{1,8}$	$\frac{1,58}{1,616}$	$\frac{1,48}{1,454}$	$\frac{1,32}{1,316}$	$\frac{1,15}{1,151}$	$\frac{0,99}{0,992}$
Коэффициент конструктивного качества	$\frac{23,1}{22,661}$	$\frac{20}{20,721}$	$\frac{18,1}{17,693}$	$\frac{15,3}{15,799}$	$\frac{15,7}{15,041}$	$\frac{15,7}{16,03}$	$\frac{23,4}{23,354}$
Водопоглощение, %	$\frac{12,5}{11,79}$	$\frac{9,4}{10,487}$	$\frac{8,9}{8,736}$	$\frac{8,1}{7,886}$	$\frac{7,9}{7,649}$	$\frac{7,5}{7,809}$	$\frac{7,1}{7,043}$
Воздушная усадка, %	$\frac{2,5}{2,245}$	$\frac{1,5}{1,919}$	$\frac{1,6}{1,472}$	$\frac{1,3}{1,243}$	$\frac{1,2}{1,162}$	$\frac{1,1}{1,174}$	$\frac{1}{0,985}$
Огневая усадка, %	$\frac{2}{1,513}$	$\frac{1}{1,395}$	$\frac{1,1}{1,27}$	$\frac{1,1}{1,295}$	$\frac{1,5}{1,468}$	$\frac{2,4}{2,008}$	$\frac{3,5}{3,651}$

**Примечание.** \* Над чертой – экспериментальные значения; под чертой – значения после математической обработки.

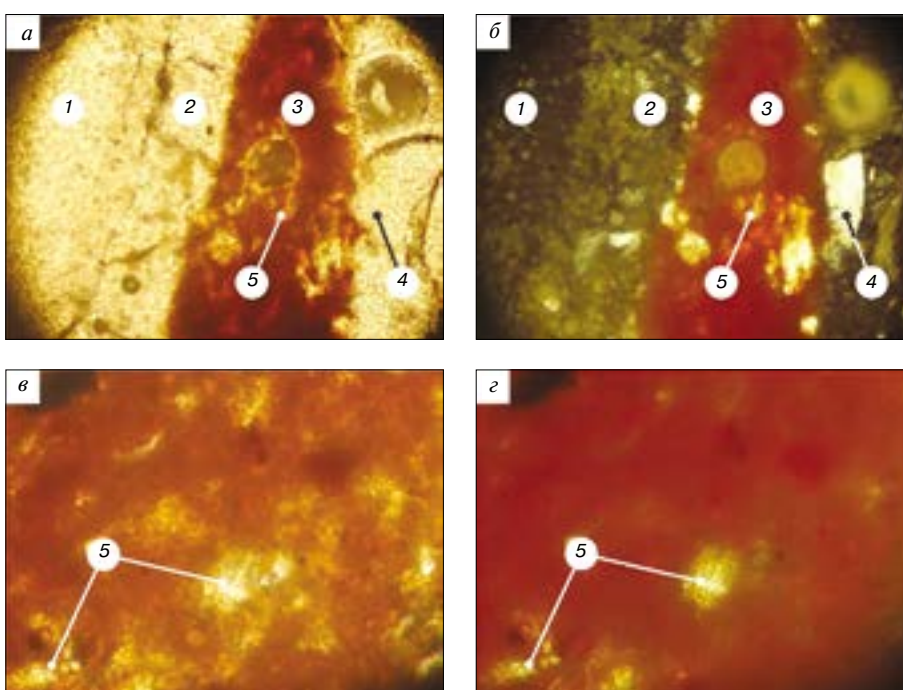


Рис. 4. Микроструктура межпорового каркаса ячеистой керамики на основе гранулированного пено-стеклокристаллического материала и потанинкого трепела. Шлиф, проходящий свет, увеличение  $\times 50$ , николи II (а), николи + (б);  $\times 100$ , николи II (в), николи + (г); 1 – пора; 2 – поровая скорлупа; 3 – твердая фаза; 4 – реликтовый минерал; 5 – криптокристаллические новообразования

но пластичное, среднечувствительное к сушке, неспекающееся сырье.

В соответствии с поставленной целью из гранулированных шихт были изготовлены серии керамических материалов, в которых последовательно изменялось содержание ГПСМК в количестве от 5 до 75%. Состав керамических шихт представлен в табл. 4.

На первом этапе были изготовлены лабораторные керамические образцы-цилиндры диаметром 45 мм и высотой 40–50 мм. В турболопастной смеситель-гранулятор загружались гранулы ГПСМК и при постоянном активном перемешивании увлажнялись до формовочной влажности 8–15%. Затем в гранулятор вводился высушенный тонкодисперсный трепел в процентном соотношении, приведенном в табл. 4. Использование турболопастной смесителя позволило добиться равномерного распределения кремнистого сырья по поверхности гранул из пеностекла и влажности по всему объему гранулированных пресс-масс. Из полученных гра-

нулированных шихт формовочной влажностью 10–11% прессовались образцы при удельном давлении 5 МПа. Сырцовые изделия сушились в сушильном шкафу до постоянной массы по ступенчатому режиму с максимальной температурой 105°C. Обжиг высушенных образцов проводился в течение 6–8 ч с выдержкой на максимальной температуре 900–950°C не менее 1,5 ч.

На втором этапе из оптимизированных составов шихт №№ 5, 6, 7 (табл. 4) в заводских условиях были изготовлены опытные образцы ячеистого керамического кирпича с размерами 250×120×65 мм, представленные на рис. 1.

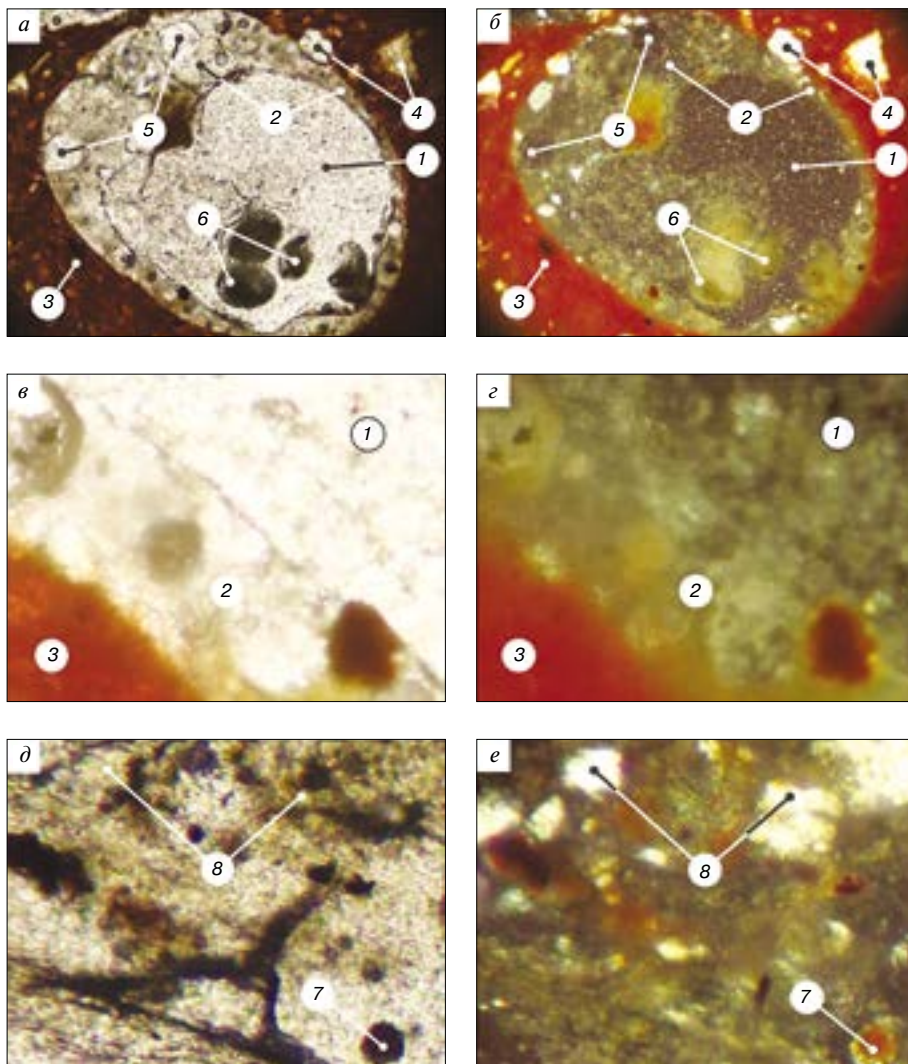
Физико-механические свойства ячеистых керамических материалов в зависимости от содержания ГПСМК в составе шихты приведены в табл. 5 и на рис. 2.

Для снижения влияния случайных ошибок на результат эксперимента использовалась автоматизированная программа математической обработки экспериментальных данных. В основу ал-

горитма при разработке программы авторами был заложен метод аппроксимирующего многочлена способом Чебышева [15].

На третьем этапе были проведены исследования структуры и фазового состава ячеистого керамического материала.

На поперечном разрезе керамических образцов (рис. 1, 3) визуально наблюдается развитая поровая текстура материала. На рис. 3, а можно отметить равномерное распределение замкнутых пор округлой формы преимущественным размером 0,5–2 мм, схожее с классической структурой пено- и газобетона и отличающееся кирпично-красной окраской материала. Твердая фаза ячеистой керамики формируется в процессе обжига из опудривающего слоя дисперсной кремнеземосодержащей породы (трепела) по поверхности гранул из ГПСМК и образует пространственно-организованный каркас материала. В проходящем свете отчетливо выражена внешняя оболочка пор, так называемая скорлупа

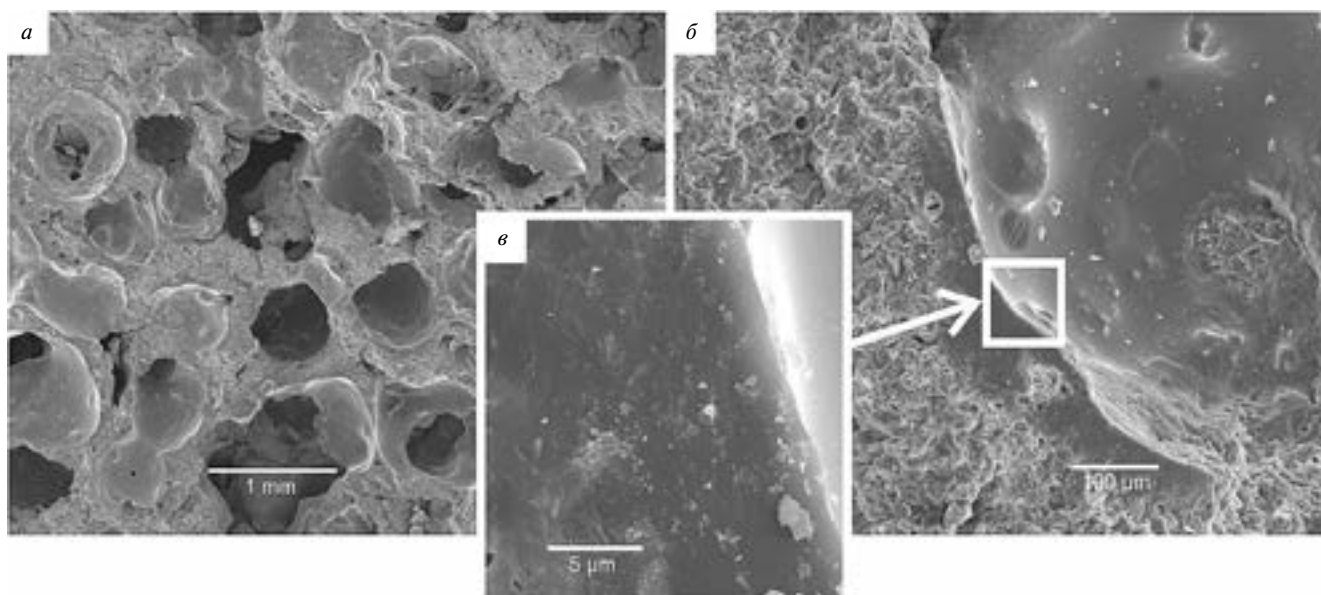


**Рис. 5.** Микроструктура замкнутых пор ячеистой керамики на основе гранулированного пеностеклокристаллического материала и потанинского трепела. Шлиф, проходящий свет, увеличение  $\times 30$ , николи II (а), николи + (б);  $\times 80$ , николи II (в), николи + (г);  $\times 150$ , николи II (д), николи + (е); 1 – пора; 2 – поровая скорлупа; 3 – твердая фаза стенок каркаса; 4 – реликтовый минерал; 5 – газовый пузырь; 6 – сферическая стекловыплавка внутри поры; 7 – пироксен; 8 – кристаллическая фаза

толщиной 0,1–0,3 мм (рис. 3, в). При скрещенных николях видно, что скорлупа состоит в основном из аморфизованного вещества (рис. 3, в).

Петрографическое исследование микроструктуры стенок межпорового каркаса ячеистой керамики подтверждает четкое зонирование на характерные фазы (рис. 4, а, б). В скрещенных николях практически без переходной зоны наблюдаются границы раздела между газовой фазой поры 1, стеклофазой ее скорлупы 2 и твердой фазой стенки каркаса 3. При большем увеличении (рис. 4, в, г), наряду с метаморфизованными обломками реликтовых минералов 4, наблюдаются крипстокристаллические высокотемпературные минеральные новообразования 5.

Детальное исследование микроструктуры пор ячеистой керамики из ГПСМ и потанинского трепела (рис. 5) показало, что внутрипоровое пространство частично заполнено стеклофазой, содержание которой в отдельных ячейках составляет до одной трети от их объема. В затвердевшем расплаве (рис. 5, а, б) наблюдаются пузырьки газа 5 диаметром 30–300 мкм. Напротив, в полости пор содержатся застывшие стекловыплавки каплевидной формы 6, что свидетельствует о переходе в расплав внутреннего вспененного вещества ГПСМ при обжиге со значительным уменьшением в объеме и образованием на месте гранул полых ячеек сферической формы. В скрещенных николях при большем увеличе-



**Рис. 6.** СЭМ микрофотографии структуры ячеистой керамики на основе гранулированного пеностеклокристаллического материала и потанинского трепела: а – замкнутые равномерно распределенные поры округлой формы; б – граница поры; в – стеклокристаллическая фаза

нии (рис. 5, е) в стеклофазе выявлено значительное количество мелких идиоморфных и ксеноморфных кристаллов  $\delta$ , определяющих стеклокристаллическую структуру внутреннего приповерхностного слоя полых сфер ячеистой керамики.

Схожую картину строения пор показывают исследования под сканирующим электронным микроскопом (рис. 6). По сечению пор на поверхности их внутреннего пространства практически повсеместно наблюдается образование монолитного стеклокристаллического слоя толщиной порядка 100 мкм (рис. 6, б), представляющего собой цельную сферическую водонепроницаемую оболочку. По всей толщине оболочки (скорлупы) можно отметить равномерное распределение кристалографической фазы с размерами зерен менее 1 мкм, встречающихся и более крупные кристаллы до 3–5 мкм (рис. 6, в).

По результатам исследования фазового состава ячеистой керамики методом рентгеновской дифрактометрии установлены следующие минеральные фазы: кварц, гематит, полевой шпат. Выраженное рентгеноаморфное гало на порошковых XRD-рентгенограммах свидетельствует о значительном количестве стеклофазы, что согласуется с результатами петрографии и электронной микроскопии.

Особенности ячеистой структуры обусловлены физико-химическими процессами формирования керамического материала из гранулированных пресс-масс, в которых равномерно распределены гранулы пеностекла. При обжиге в интервале температуры 850–900°C внутреннее вещество пеностеклокристаллических гранул переходит в пиропластичное состояние, и образовавшаяся из него жидкая фаза выстилает внутреннюю поверхность макропоры, оставшейся на месте гранулы, за счет сил парциального давления нагретой газовой фазы и сил поверхностного натяжения расплавленной жидкой фазы внутри гранулы. Кроме того, в ней растворяются частицы гидрослюда и частично несвязанного кварца, а из расплава образуются новые кристаллические фазы. В результате при охлаждении расплава на месте гранул образуются замкнутые равномерно распределенные водонепроницаемые макропоры со стеклокристаллической оболочкой, обеспечивающие формирование ячеистой структуры керамики.

Формирование водонепроницаемой стеклокристаллической оболочки по поверхности макропор обеспечивает низкие значения водопоглощения (7–7,5%) и высокую морозостойкость (более 50 циклов) ячеистой керамики со средней плотностью 950–1300 кг/м<sup>3</sup>.

Выводы по результатам исследования:

- запатентованным способом, включающим грануляцию пеностеклокристаллических гранул и потанинского трепела, компрессионное прессование изделий, их сушку и обжиг, получены ячеистые керамические материалы с каркасом из дисперсных кремнеземсодержащих пород;

- определены основные физико-механические свойства полученных ячеистых керамических материалов: прочность при сжатии 16–20 МПа; средняя плотность 950–1300 кг/м<sup>3</sup>; водопоглощение 7–7,5%;

- установлен минеральный фазовый состав ячеистой керамики: кварц, полевой шпат и гематит;

- установлены особенности ячеистой структуры стеновых керамических материалов с каркасом из дисперсных кремнеземсодержащих пород. Формирование в теле керамики замкнутых равномерно распределенных макропор, имеющих стеклокристаллическую водонепроницаемую оболочку, обеспечивает высокие эксплуатационные показатели изделий.

## Список литературы

1. Кудяков А.И., Ковальчук А.А., Бондаренко Т.Ю., Стешенко А.Б. Управление технологическими процессами жизненного цикла продукции СМК. *Материалы XVII Международной научно-практической конференции*. Томск: ТПУ, 2012. С. 70–74.
2. Письмо Госстроя России от 01.02.2000 г. № НМ-368/3 «О теплозащите строящихся и эксплуатируемых зданий». *Информационный бюллетень «Нормирование, стандартизация и сертификация в строительстве»* № 2. 2000.
3. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНИП «Тепловая защита зданий» // *Жилищное строительство*. 2011. № 8. С. 2–6.
4. Павлов В.Ф., Шабанов В.Ф. Использование пеносиликата из золошлаковых отходов для производства безобжигового кирпича // *Строительные материалы*. 2001. № 7. С. 22–23.
5. Копаница Н.О., Кудяков А.И., Саркисов Ю.С. Стеновые строительные материалы на основе модифицированных торфов Сибири. Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2013. 295 с.
6. Котляр В.Д., Явруян Х.С. Стеновые керамические изделия на основе тонкодисперсных продуктов переработки терриконов // *Строительные материалы*. 2017. № 4. С. 38–41.
7. Бессонов И.В., Шигапов Р.И., Бабков В.В. Теплоизоляционный пеногипс в малоэтажном строительстве // *Строительные материалы*. 2014. № 7. С. 9–12.
8. Казанцева Л.К., Верещагин В.И., Овчаренко Г.И. Вспененные стеклокерамические теплоизоляционные материалы из природного сырья // *Строительные материалы*. 2001. № 4. С. 33–34.
9. Евтушенко Е.И., Перетокина Н.А. Получение ячеистого керамобетона на основе высококонцентрированных вяжущих суспензий // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2007. № 9. С. 28–31.
10. Котляр В.Д., Козлов А.В., Котляр А.В. Высокоэффективная стеновая керамика на основе пористопустотелого силикатного заполнителя // *Научное обозрение*. 2014. № 10-2. С. 392–395.
11. Казанцева Л.К., Пузанов И.С., Никитин А.И. Пенокерамика. Особенности изготовления и ее свойства. *Наукоемкие технологии и инновации (XXII научные чтения). Технологии строительных и композиционных материалов: Сборник докладов Международной научно-практической конференции*. Белгород: БГТУ, 2016. Ч. 1. С. 143–147.
12. Патент РФ № 2593832. *Способ изготовления стеновых керамических изделий* / Иванов А.И., Столбоушкин А.Ю., Стороженко Г.И. Заявл. 08.06.2015. Опубл. 10.08.2016. Бюл. № 22.
13. Иванов А.И., Столбоушкин А.Ю., Стороженко Г.И. Принципы создания оптимальных структур керамического кирпича полусухого прессования // *Строительные материалы*. 2015. № 4. С. 65–70.
14. Столбоушкин А.Ю., Фомина О.А., Иванов А.И. Получение ячеистой керамики с пространственным стеклокристаллическим каркасом. *Наукоемкие технологии и инновации (XXII научные чтения). Технологии строительных и композиционных материалов: Сборник докладов Международной научно-практической конференции*. Белгород: БГТУ, 2016. Ч. 1. С. 390–395.
15. Столбоушкин А.Ю., Зоря В.Н. Разработка и использование автоматизированной программы математической обработки результатов эксперимента. *Новые строительные технологии 2005: Сборник научных трудов*. Новокузнецк: СибГИУ, 2005. С. 200–209.

## References

1. Kudyakov A.I., Koval'chuk A.A., Bondarenko T.Yu., Steshenko A.B. QMS Management of technological processes of products life cycle. *Proceedings of XVII International scientific and practice conf.* Tomsk: TPU. 2012, pp. 70–74. (In Russian).
2. Letter of the State Construction Committee of Russia from 01.02.2000 No. NM-368/3 «About heat protection of buildings under construction and operated buildings» *Newsletter «Normalization, standardization and certification in the construction»* No. 2. 2000. (In Russian).
3. Gagarin V.G., Kozlov V.V. Requirements for heat protection and energy efficiency in the project of the updated Construction Norms & Regulations «Thermal protection of buildings». *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2011. No. 8, pp. 2–6. (In Russian).
4. Pavlov V.F., Shabanov V.F. Use of foam silicate from ash and slag wastes for the production of unburned bricks. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2001. No. 7, pp. 22–23. (In Russian).
5. Kopanica N.O., Kudyakov A.I., Sarkisov Yu.S. Stenovye stroitel'nye materialy na osnove modifitsirovannykh torfov Sibiri [Wall building materials based on modified peat of Siberia]. Tomsk: TSUAB. 2013. 295 p. (In Russian).
6. Kotlyar V.D., Yavruyan H.S. Wall ceramic products based on fine dispersed products of recycling of refuse heap. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 4, pp. 38–41. (In Russian).
7. Bessonov I.V., Shigapov R.I., Babkov V.V. Heat-insulation foamed gypsum in low-rise construction. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 7, pp. 9–12. (In Russian).
8. Kazanceva L.K., Vereshchagin V.I., Ovcharenko G.I. Foamed glass-ceramic heat-insulation materials from natural raw materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2001. No. 4, pp. 33–34. (In Russian).
9. Evtushenko E.I., Peretokina N.A. Production of cellular ceramoconcrete based on highly concentrated binding suspensions. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Stroitel'stvo*. 2007. No. 9, pp. 28–31. (In Russian).
10. Kotlyar V.D., Kozlov A.V., Kotlyar A.V. Highly effective wall ceramics based on porous-hollow silicate aggregate. *Nauchnoe obozrenie*. 2014. No. 10, pp. 392. (In Russian).
11. Kazanceva L.K., Puzanov I.S., Nikitin A.I. Foam ceramics. Features of manufacture and its properties. *High Tech and Innovation (XXII Scientific Conference). Technology and construction of composite materials: Proceedings of the international scientific-practical conference*. Belgorod: BGTU. 2016. Vol. 1, pp. 143–147. (In Russian).
12. Patent RF 2593832. *Sposob izgotovleniya stenovykh keramicheskikh izdelij* [Method of manufacturing wall ceramic products]. Ivanov A.I., Stolboushkin A.Yu., Storozhenko G.I. Declared 08.06.2015. Published 10.08.2016. Bulletin No. 22. (In Russian).
13. Ivanov A.I., Stolboushkin A.Yu., Storozhenko G.I. Principles of optimal structure formation of ceramic semi-dry pressed brick. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 4, pp. 65–70. (In Russian).
14. Stolboushkin A.Yu., Fomina O.A., Ivanov A.I. Production of cellular ceramics with a vitro-crystalline space frame. *High Tech and Innovation (XXII Scientific Conference). Technology and construction of composite materials: Proceedings of the international scientific-practical conference*. Belgorod: BGTU. 2016. Vol. 1, pp. 390–395. (In Russian).
15. Stolboushkin A.Yu., Zorya V.N. Development and use of software for mathematical processing of the experimental results. *New construction technologies 2005: a collection of scientific papers*. Novokuzneck: SibSIU. 2005, pp. 200–209. (In Russian).



Торстен Бертельс, Сбыт / Руководитель сервисной службы

**KELLER**  
Creating Solutions

Наша компания известна не только благодаря высочайшему качеству выпускаемых для керамической промышленности заводов, машин и оборудования, но также благодаря превосходному сервисному обслуживанию, которое намного превышает обычные стандарты. Круглосуточная горячая линия, профессиональный менеджмент запасных частей, рассчитанная на индивидуального заказчика программа обучения персонала, модернизация оборудования на существующих заводах – это лишь часть предлагаемых нами услуг.

Мы предлагаем также обслуживание на месте – на языке Вашей страны, по телесервису и, благодаря охватывающей весь мир сервисной сети, непосредственно на Вашем заводе. Для получения подробной информации посетите нас на выставке "Кераматех" 2018 в Москве или обратитесь по телефону + 49 545 1 85-504 или по электронной почте [torsten.baertels@keller.de](mailto:torsten.baertels@keller.de).

**KELLER** A DIVISION OF GROUP HUBER INDUSTRIES

Х.С. ЯВРУЯН, канд. техн. наук (khungianos@mail.ru), Е.С. ГАЙШУН, инженер, А.В. КОТЛЯР, инженер  
Донской государственной технической университет (344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162)

## Особенности компрессионного формования тонкодисперсных продуктов углеобогащения при производстве керамического кирпича

Показана актуальность и возможность использования побочных продуктов угольной промышленности (ППУП) в качестве сырья для производства керамических стеновых изделий. Определена необходимость классификации побочных продуктов добычи угля. Для фракции 0–0,5 мм предложено название – тонкодисперсные продукты углеобогащения (ТПУ). Приводятся основные свойства, характеристики и вещественный состав данных материалов, являющихся фактически готовой шихтой для производства стеновой керамики. Представлены особенности прессования ТПУ. Представлены особенности прессования тонкодисперсных продуктов углеобогащения при производстве высокоэффективных стеновых керамических изделий с пониженной себестоимостью способом компрессионного формования изделий. Установлена взаимосвязь между различными свойствами получаемых изделий в зависимости от режимов прессования и технологических факторов. В интервалах удельных давлений прессования от 10 до 40 МПа коэффициент сжатия составляет от 2,0 до 2,25 единицы, что обусловлено тонкодисперсным составом ТПУ. При этом ставится амбициозная задача – получение изделий с минимальной себестоимостью и дополнительное извлечение тепловой энергии при производстве, использование которой может иметь широкий спектр применения.

**Ключевые слова:** ресурсосбережение, стеновая керамика, тонкодисперсные продукты углеобогащения, компрессионное формование, коэффициент сжатия.

**Для цитирования:** Явруян Х.С., Гайшун Е.С., Котляр А.В. Особенности компрессионного формования тонкодисперсных продуктов углеобогащения при производстве керамического кирпича // *Строительные материалы*. 2017. № 12. С. 14–17.

Kh.S. YAVRUYAN, Candidate of Sciences (Engineering) (khungianos@mail.ru), E.S. GAYSHUN, Engineer, A.V. KOTLYAR, Engineer  
Don State Technical University (162, Sotsialisticheskaya Street, Rostov-on-Don, 344022, Russian Federation)

### Features of Compression Molding of Fine-Disperse Products of Coal Washing When Producing Ceramic Brick

The relevance and possibility of using by-products of the coal industry (BPCI) as raw materials for producing wall ceramic articles are shown. The necessity to classify the byproducts of coal getting is determined. For fractions of 0–0.5 the name is proposed – Fine-disperse products of coal washing (FPC). Main properties, characteristics and material composition of these materials, which factually are ready-made charge for producing wall ceramics, are presented. Features of FPC pressing are also presented. Peculiarities of pressing of fine-disperse products of coal washing when producing high-efficient wall ceramic articles with reduced self-cost by means of compression molding of products are presented. Interconnection between various properties of obtained products depending on the compression conditions and technological factors is established. Within the intervals of the specific pressing pressures from 10 to 40 MPa, the compression factor is from 2.0 to 2.25 units due to the fine-disperse composition of FPC. At this, an ambitious task is put: produce the product with a minimal self-cost with the additional extraction of heat energy when producing the use of which can have a wide spectrum of application.

**Keywords:** resource saving, wall ceramics, fine-disperse products, coal washing, compression molding, compression factor.

**For citation:** Yavruyan Kh.S., Gayshun E.S., Kotlyar A.V. Features of compression molding of fine-disperse products of coal washing when producing ceramic brick. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 12, pp. 14–17. (In Russian).

Угольная отрасль остается одной из базовых отраслей промышленности России. В соответствии с энергетической стратегией развития страны к 2030 г. предусматривается увеличение объемов угледобычи до 410 млн т в год. При этом доля углей, подлежащих обогащению, должна возрасти до 40% от общего объема добычи. В результате работы предприятий углеобогащения будет образовано около 240 млн т отходов. Углеобогатительные предприятия отрасли, расположенные в различных регионах страны, за длительный период работы уже накопили более 20 млрд т отходов углеобогащения [1–4]. При этом большая часть твердых отходов углеобогащения размещается в отвалах. Накопленные и текущие отходы углеобогащения оказывают масштабное и длительное негативное воздействие на окружающую природную среду. Они занимают значительные территории, многие из накопленных отходов склонны к самовозгоранию и поэтому представляют собой реальную угрозу для окружающей среды.

Об использовании побочных продуктов угольной промышленности (ППУП) в качестве сырья для производства керамических стеновых изделий известно давно. Однако широкого внедрения эта практика в силу определенных причин не получила [5–7]. В на-

стоящее время сложилась благоприятная обстановка для широкого вовлечения ППУП в промышленный оборот с целью получения разнообразных по свойствам и назначению изделий стеновой керамики. Обусловлено это экономической целесообразностью вторичного извлечения угля из существующих отвалов и применением более совершенных технологий, в результате которых получают товарные продукты различного назначения. При этом ставится амбициозная задача – получение изделий с минимальной себестоимостью и дополнительное извлечение тепловой энергии при производстве, использование которой может иметь широкий спектр применения.

Для побочных продуктов угольной промышленности общепринятой классификации нет. Они могут классифицироваться по различным признакам: по химическому и минеральному составу, содержанию угольной составляющей, форме и размерам слагающих компонентов, способу получения, физико-механическим свойствам, технологическим особенностям и т. д. При этом каждая отрасль промышленности, среди которых строительная является основным и самым крупным потенциальным потребителем ППУП, предъявляет свои требования. В процессе извлечения угля



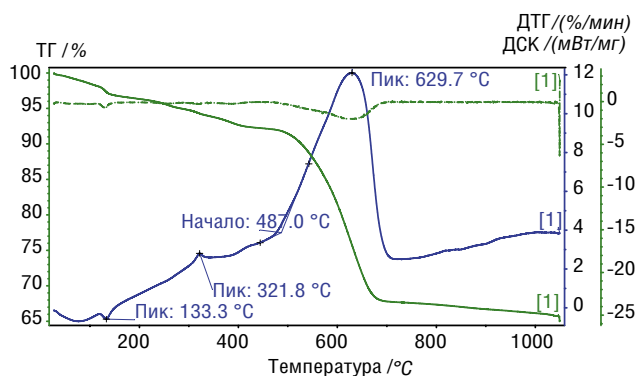


Рис. 1. Термограмма типичных ТПУ Восточного Донбасса

при переработке террикоников образуется несколько видов материалов. Крупнофракционные материалы с размером зерен от 2 до 150 мм, представленные в основном песчаниками и алевролитами, практически не содержат угля, разделяются на фракции: 2–5; 5–10; 10–20; 20–40; 40–70 мм, которые используются в качестве заполнителей бетона, в дорожном, гидротехническом строительстве и т. д. Материалы с размером зерен меньше 1–2 мм содержат уголь, так как его извлечение из этих фракций затруднительно. Они условно подразделяются на тонкодисперсные материалы с размером фракций 0–0,5 мм и среднedisперсные с размером фракций 0,5–2 мм. Общепринятых названий для этих материалов нет. Фракцию 0–0,5 мм часто называют угольным шламом, отходами углеобогащения, побочными продуктами углеобогащения. Фракцию 0,5–2 мм называют кек, шиша, штыб и т. д. Эти названия не отражают всей сути материала.

Для строительной керамики наибольший интерес в качестве основного сырья представляет фракция 0–0,5 мм, являющаяся готовой шихтой для производства. Фракция 0,5–2 мм может использоваться как компонент шихты, выполняющий роль отошителя. Для исключения недопонимания мы дали фракции 0–0,5 мм название – тонкодисперсные продукты углеобогащения (ТПУ).

ТПУ как товарный продукт предлагаются в виде полусыпучей массы с влажностью 6–10%. Они могут содержать различное количество угольной составляющей, но в основном при используемых современных технологиях это до 20–25%. Помимо угольной составляющей, в ТПУ представлены аргиллиты, аргиллоподобные глины, алевролиты, глинистые сланцы. Основными породообразующими минералами являются гидрослюда, слюды, каолинит, хлорит, полевые шпаты, плагиоклазы, кварц, оксиды и гидроксиды железа (рис. 1) [8–10]. В среднем их теплотворная способность составляет 1200–3200 ккал/кг.

Усредненный химический состав ТПУ Восточного Донбасса представлен в табл. 1.

С точки зрения экономики стоимость калории тепла в ТПУ в 10–15 раз ниже по сравнению с газом или чистым углем. Например, стоимость чистого угля составляет 4–7 тыс. р. за тонну, энергетического угля – 3–4 тыс. р., газа – 800–1000 р. за тонну, а ТПУ – всего 150–300 р. за тонну.

Результаты ранее проведенных исследований, а также результаты, полученные нами, позволяют говорить, что при использовании ТПУ в качестве основно-

го сырья более предпочтительным является способ компрессионного формования изделий [4–10]. При этом ТПУ фактически являются подготовленной шихтой для производства стеновой керамики. Основной операцией массоподготовки является доведение пресс-порошка до нормальной формовочной влажности, которая составляет около 8%. Способ компрессионного формования имеет многие преимущества в сравнении с пластическим, и особенно это касается себестоимости продукции. При этом одной из важнейших технологических операций, от которой зависят свойства изделий, является собственно процесс формования. В общем плане главной задачей является получение более плотных бездефектных изделий.

При недостаточной влажности пресс-порошка увеличивается внутреннее и внешнее трение, возникает выпрессовочные трещины, изделия получаются недостаточно плотные и для них характерна разноточность: в средней части изделий плотность меньше, чем в нижней и верхней частях (при двухстороннем прессовании).

Избыток влаги в пресс-порошке также нежелателен. Вода при повышении давления препятствует сближению отдельных частиц, увеличивается упругое расширение, что способствует образованию трещин расслоения. Кроме того, после снятия давления вода мигрирует в места контактов, раздвигая их, что способствует увеличению пористости. Поэтому главной задачей при прессовании сыпучих порошкообразных масс является определение оптимального интервала влажности при принятом давлении прессования, что определяется прессовым оборудованием. Более плотный сырец обеспечивает максимальную прочность обожженных изделий.

Проведенные эксперименты, результаты которых частично представлены на рис. 2–4, позволили сделать некоторые выводы об особенностях прессования тонкодисперсных продуктов углеобогащения.

Пресс-порошки на основе ТПУ отличаются достаточно высоким в сравнении с традиционным глинистым сырьем коэффициентом сжатия. В интервалах удельных давлений прессования от 10 до 40 МПа он составляет от 2 до 2,25 ед., что обусловлено тонкодисперсным составом ТПУ. Оптимальные значения составляют 2,1–2,2 ед. Это необходимо учитывать при расчете конструкции и работе прессов, а также при расчете высоты изделий. Так, при высоте изделий 65 мм (кирпич формата 1НФ) высота засыпки должна составлять около 140 мм. При производстве малоформатного керамического камня с высотой 140 мм высота засыпки должна составлять 310 мм. Коэффициент сжатия закономерно возрастает с увеличением давления прессования. При малой влажности пресс-порошка (6%) этот процесс идет пропорционально, не достигая максимальных значений. При высокой влажности пресс-порошка (10–12%) уже при давлении 15–25 МПа не наблюдается увеличения коэффициента сжатия. Это говорит о том, что система переходит из трехфазного состояния в двухфазное – жидкую и твердую фазы. Вода – несжимаемое вещество, и процесс уплотнения прекращается. При влажности около 8% коэффициент сжатия достигает своих максимальных значений после давления 20 МПа и не наблюдается его стабилизации.

Одной из технологических задач в связи с высоким коэффициентом сжатия является задача его снижения.

Усредненный химический состав ТПУ, мас. %

ППП	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> общ.	CaO	MgO	SO <sub>3</sub> общ.	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>
24–34	34–38	14–18	6–10	1–4	0,5–2	0,3–1	3–4	0,5–1,5	0,4–1

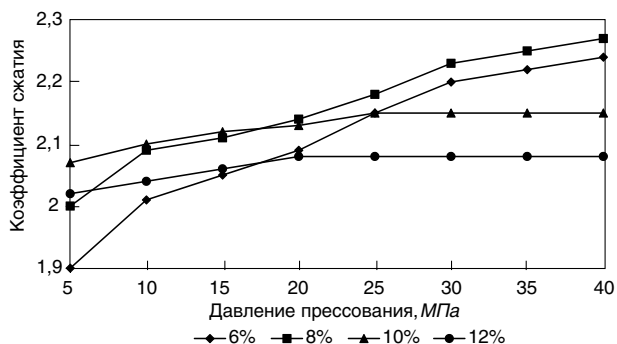


Рис. 2. Влияние абсолютной влажности и давления прессования на коэффициент сжатия пресс-порошка на основе ТПУ

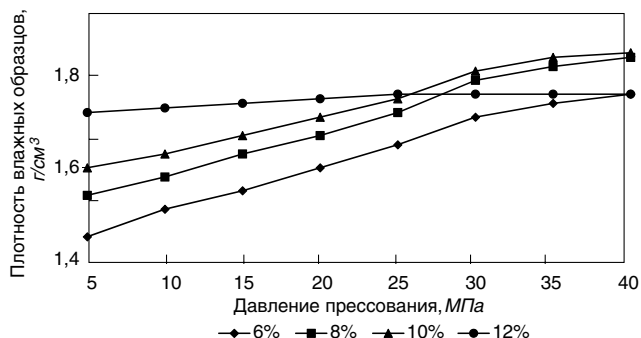


Рис. 3. Влияние абсолютной влажности и давления прессования на плотность отпрессованных влажных образцов на основе ТПУ

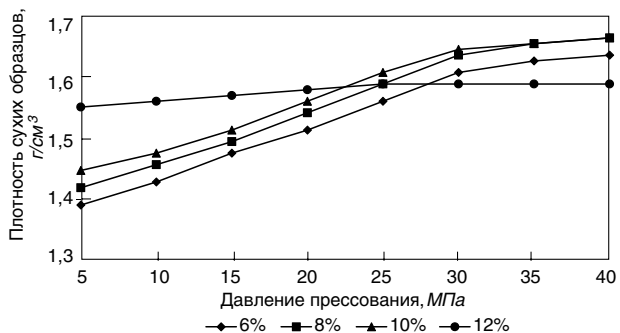


Рис. 4. Влияние абсолютной влажности и давления прессования на плотность отпрессованных сухих образцов на основе ТПУ

Добиться этого возможно только путем предварительного уплотнения пресс-порошка в гранулы. Этого можно добиться на различных гранулирующих установках и для этого не требуется высокого давления. Как видно, наибольший рост коэффициента сжатия наблюдается при низком давлении — до 5 МПа. В этот промежуток



Рис. 5. Отпрессованные образцы на основе ТПУ

коэффициент сжатия может составлять в зависимости от влажности пресс-порошка от 80 до 90%. Это обусловлено тем, что газовая фаза изначально в пресс-порошке составляет около 50%.

Плотность необожженных изделий является их важной характеристикой, по которой можно судить о процессе прессования и прогнозировать свойства обожженных изделий — водопоглощение, прочность, огневую усадку, пористость и т. д. Именно от плотности и связанной с ней пористостью во многом будет зависеть скорость и полнота выгорания угольной составляющей при обжиге.

Пресс-порошки на основе ТПУ прессуются в достаточно узком интервале влажности. Плотность прессовок в сравнении с плотностью пресс-порошка увеличивается более чем в два раза. При низкой влажности пресс-порошка (6%) с увеличением давления происходит равномерное увеличение плотности, однако максимальных значений при этом не достигается. При повышенной влажности пресс-порошка (12%), уже при низких давлениях (15–20 МПа) наблюдается стабилизация плотности. Дальнейшее увеличение давления не приводит к увеличению плотности. Это обусловлено тем, что сжатие всей системы прекращается и система переходит в двухфазное состояние с заполнением практически всех пор влагой.

Максимальная плотность влажных сырьевых образцов в пересчете на твердую фазу, а также высушенных образцов достигается при определенной влажности — в интервале 8–10%. При давлении прессования 30 МПа плотность сухих образцов с влажностью 8 и 10% становится почти одинаковой. Это говорит о том, что оптимальная влажность составляет около 9%. Надо иметь в виду, что прессование при пониженной влажности позволяет исключить сушку как отдельную операцию, однако это приводит к пониженной проч-



Рис. 6. Обожженные образцы и кирпич на основе ТПУ



ности и плотности изделий, а также к работе пресса при усиленных нагрузках за счет повышенного внутреннего и внешнего трения частиц пресс-порошка при прессовании. Повышенная влажность снижает нагрузки на пресс, существенно снижается разнородность изделий, однако требуется их подсушка перед обжигом.

Образцы, отпрессованные из пресс-порошка с низкой влажностью при давлении выше 30 МПа, часто имеют выпрессовочные трещины, характеризующиеся чешуйчатой поверхностью. Они возникают за счет высокого внешнего трения и низкой прочности образцов. При высокой влажности и давлении выше 30 МПа часто возникают перепрессовочные трещины. За счет этого плотность и прочность образцов снижаются. Оптимальными параметрами при производстве керамического кирпича на основе ТПУ способом компрессионного формования следует считать влажность пресс-порошка 8–10% и давление прессования 15–20 МПа. При этом следует иметь в виду, что при максимальной

плотности необожженных изделий выгорание угольной составляющей при обжиге замедляется.

В целом следует отметить хорошую прессуемость ТПУ. Угольная составляющая за счет низкой твердости выступает своего рода смазкой. Изделия обладают ровной, гладкой поверхностью (рис. 5, 6).

Обожженные изделия на основе ТПУ имеют низкую плотность. В зависимости от температуры обжига и параметров прессования она составляет 1200–1400 кг/м<sup>3</sup>. Предел прочности при сжатии в зависимости от вышеуказанных параметров изменяется от 6 до 17 МПа, что позволяет производить пустотелые изделия. Цвет изделий светло-красно-коричневый при температуре обжига 900°C и насыщенный красный при 1000°C (рис. 6).

Проведенные лабораторно-технологические исследования позволили выявить особенности прессования тонкодисперсных продуктов углеобогащения при производстве высокоэффективных стеновых керамических изделий с пониженной себестоимостью способом компрессионного формования изделий.

### Список литературы

1. Котляр В.Д., Козлов А.В., Котляр А.В., Терёхина Ю.В. Особенности камневидных глинистых пород Восточного Донбасса как сырья для производства стеновой керамики // *Вестник МГСУ*. 2014. № 10. С. 95–105.
2. Столбоушкин А.Ю. Стеновые керамические материалы матричной структуры на основе обогащения отходов углистых аргиллитов // *Известия вузов. Строительство*. 2013. № 2–3. С. 28–36.
3. Ефимов В.И., Никулин И.Б., Рыбак В.Л. Использование отходов углеобогащения и оптимизация ресурсов по экологическому фактору // *Известия ТулГУ. Науки о Земле*. 2014. № 1. С. 85–95.
4. Котляр В.Д., Явруян Х.С. Стеновые керамические изделия на основе тонкодисперсных продуктов переработки террикоников // *Строительные материалы*. 2017. № 4. С. 38–41.
5. Бурмистров В.Н., Варшавская Д.А., Новинская В.Т. и др. Использование отходов угольной промышленности в качестве сырья для производства керамических стеновых изделий. М.: ВНИИЭСМ, 1976. 44 с.
6. Золотарский А.З., Шейман Е.Ш. Производство керамического кирпича. М.: ВШ, 1989. 264 с.
7. Столбоушкин А.Ю., Стороженко Г.И. Отходы углеобогащения как сырьевая и энергетическая база заводов керамических стеновых материалов // *Строительные материалы*. 2011. № 4. С. 43–46.
8. Серегин А.И. Переработка угольных шламов в товарные продукты нетрадиционным физико-химическим воздействием. Дисс... канд. техн. наук. Москва. 2009. 183 с.
9. Котляр В.Д., Устинов А.В., Терёхина Ю.В., Котляр А.В. Особенности процесса обжига угольных шламов при производстве стеновой керамики // *Техника и технология силикатов*. 2014. № 4. С. 8–15.
10. Котляр В.Д., Явруян Х.С. Тонкодисперсные продукты переработки террикоников как сырье для керамических стеновых изделий // *MATEC Web of Conferences* (ISSN: 2261-236X, Франция). 2017. № 129, 05013.

### References

1. Kotlyar V.D., Kozlov A.V., Kotlyar A.V., Teriohina U.V. Features the claystone of East Donbass as raw materials for production of wall ceramics. *Vestnik MGSU*. 2014. No. 10, pp. 95–105. (In Russian).
2. Stolboushkin A.Yu. Wall ceramic materials of matrix structure on the basis of enrichment of waste carbonaceous argillites. *Izvestiya Vuzov. Stroitelstvo*. 2013. No. 2–3, pp. 28–36. (In Russian)
3. Efimov V.I., Nikulin I.B., Rybak V.L. The use of waste coal enrichment and optimization of resources by the environmental factor. *Izvestiya TulGU. Nauki o zemle*. 2014. No. 1, pp. 85–95. (In Russian).
4. Kotlyar V.D., Yavruyan K.S. Wall ceramic products on the basis of finely dispersed products of processing waste heaps. *Stroitel'nye materialy*. [Construction Materials]. 2017. No. 4, pp. 38–41. (In Russian).
5. Burmistrov V.N., Varshavskaya D.A., Novinskaya V.T. and others. Ispol'zovanie otkhodov ugol'noi promyshlennosti v kachestve syr'ya dlya proizvodstva keramicheskikh stenovykh izdelii [The use of coal industry waste as raw material for the production of ceramic wall products]. Moscow: VNIIESM. 1976. 44 p.
6. Zolotarskii A.Z., Sheiman E.Sh. Proizvodstvo keramicheskogo kirpicha [Manufacture of ceramic bricks]. Moscow: Vysshaja shkola. 1989. 264 p.
7. Stolboushkin A.Yu., Storozhenko G.I. Waste of coal enrichment as a raw material and energy base of ceramic wall materials plants. *Stroitel'nye materialy*. [Construction Materials]. 2011. No. 4, pp. 43–46. (In Russian).
8. Seregin A.I. Processing of coal slurries into commodity products by unconventional physical and chemical effects. Cand. Diss. (Engineering). Moscow. 2009. 183 p.
9. Kotlyar V.D., Ustinov A.V., Terekhina Yu.V., Kotlyar A.V. Features of the process of calcination of coal slurries in the production of wall ceramics. *Tekhnika i tehnologii silikatov*. 2014. No. 4, pp. 8–15. (In Russian).
10. Kotlyar V., Yavruyan K. Thin issues products of processing waste heaps as raw materials for ceramic wall products. *MATEC Web of Conferences*. 2017. No. 129, 05013. (ISSN: 2261-236X, France).

Журнал «Строительные материалы»® индексируют:





# Памяти Альмира Максумовича Салахова

(04.08.1949—14.12.2017)

*Ушел из жизни Альмир Максумович Салахов, кандидат технических наук, доцент кафедры физики твердого тела Казанского федерального университета.*

*Альмир Максумович Салахов родился 4 августа 1949 г. в Казани. Учился в Московском физико-техническом институте, затем в Казанском инженерно-строительном институте, который закончил в 1974 г., получив специальность инженер-строитель.*

*Вся жизнь Альмира Максумовича была связана со строительным комплексом Татарстана. Он работал главным инженером штаба студенческих строительных отрядов, начальником отдела строительства Совета министров ТАССР, заместителем министра сельского хозяйства ТАССР. С 1986 г. занимал пост заместителя председателя Агропромышленного комитета ТАССР, в 1987 г. — начальника объединения Татагропромстрой. С 2000 г. Альмир Максумович возглавлял НПО «Алексеевская керамика» — строили с коллегами новый кирпичный завод, ставили его на ноги...*

*С 2006 г. Альмир Максумович посвятил себя научной и преподавательской деятельности в КГАСУ, КНИТУ (КХТИ), КФУ. При его непосредственном участии в КФУ организована научно-учебная лаборатория строительной керамики, в которой проводились лабораторные занятия и учебные практики студентов, выполнялись курсовые и выпускные квалификационные работы. Альмир Максумович последовательно отстаивал необходимость непосредственной связи современной науки с практикой разработки и производства современных строительных материалов. Он учил своих студентов использовать современные методы физико-химических исследований в интересах промышленных предприятий, работать в тесном контакте со специалистами-производственниками.*

*Альмир Максумович Салахов — почетный строитель Республики Татарстан. В 2012 г. ему присуждена премия Правительства Российской Федерации в области науки и техники. Он автор нескольких монографий, посвященных технологии керамических материалов, одна из которых выпущена в нашем издательстве, учебников, более 150 научных статей.*

*С журналом «Строительные материалы»<sup>®</sup> Альмира Максумовича связывали многие годы интересной творческой работы. Он был активным постоянным автором, рецензентом, научным консультантом, неизменным участником Международной научно-практической конференции «Развитие керамической промышленности России: КЕРАМТЭКС», близким другом редакции. Бесконечно влюбленный в свою работу и, как ни парадоксально звучит, в строительную керамику, человек богатейшей эрудиции, свободно владеющий немецким и английским языками, прекрасный собеседник — таким мы запоним Альмира Максумовича Салахова.*

*Светлая память, дорогой коллега и друг!*

УДК 691.41

К.А. АРИСКИНА<sup>1</sup>, директор (kristina.ariskina.95@mail.ru); Б.А. СЕРГЕЕВ<sup>2</sup>, лаборант;  
Э.Т. МУХАМЕТОВА<sup>1</sup>, лаборант; Р.Р. МУХАМЕТЗЯНОВ<sup>2</sup>, лаборант; А.М. САЛАХОВ<sup>2,3</sup>, канд. техн. наук;  
А.И. ГУМАРОВ<sup>2</sup>, инженер; А.Г. НИКОЛАЕВ<sup>4</sup>, канд. геол.-мин. наук

<sup>1</sup> Малое инновационное предприятие «Клинкерная керамика КФУ» (420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 16А)

<sup>2</sup> Казанский федеральный университет. Институт физики (420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 16А)

<sup>3</sup> ОАО «Алексеевская керамика» (422900, п.г.т. Алексеевское, ул. Кирпичнозаводская, 10)

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

## Исследование структуры и цветовых характеристик глазурных покрытий

Приведены результаты исследований керамической глазурованной плитки итальянского, германского и португальского производства. Показан химический состав и особенности структуры поверхности итальянской глазурованной плитки. Установлено, что структура поверхностного слоя существенно отличается от структуры керамического камня: отсутствуют поры, нет кристаллических включений, наружная граница гладкая. Однако явно выраженная граница камня и глазури отсутствует. Высказано предположение, что эффект иризации плитки обусловлен формированием тончайшей металлической пленки, образующейся в процессе обжига в восстановительной среде за счет того, что часть оксида железа теряет кислород. Представлены фотометрические исследования поверхности образцов германской и португальской глазурованной плитки.

**Ключевые слова:** керамика, плитка, глазурь, лицевая поверхность, координаты цвета, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, энерго-дисперсионный спектр.

**Для цитирования:** Арискина К.А., Сергеев Б.А., Мухаметова Э.Т., Мухаметзянов Р.Р., Салахов А.М., Гумаров А.И., Николаев А.Г. Исследование структуры и цветовых характеристик глазурных покрытий // *Строительные материалы*. 2017. № 12. С. 18–22.

K.A. ARISKINA<sup>1</sup>, Director (kristina.ariskina.95@mail.ru); B.A. SERGEEV<sup>2</sup>, Laboratory Assistant; E.T. MUKHAMETOVA<sup>1</sup>, Laboratory Assistant; R.R. MUHAMETZYANOV<sup>2</sup>, Laboratory Assistant; A.M. SALAHOV<sup>2,3</sup>, Candidate of Sciences (Engineering); A.I. GUMAROV<sup>2</sup>, Engineer; A.G. NIKOLAEV<sup>4</sup>, Candidate of Sciences (Geologo-mineralogical)

<sup>1</sup> University spin-off «Clinker ceramics of KFU» (16A, Kremlyovskaya Steet, 420008, Kazan, Russian Federation)

<sup>2</sup> Kazan Federal University. Institute of Physics (16A, Kremlyovskaya Steet, 420008, Kazan, Russian Federation)

<sup>3</sup> OAO «Alekseevskaya Keramika» (10, Kirpichnozavodskaya Street, town settlement Alexeyevskoe, Republic of Tatarstan, 422900, Russian Federation)

<sup>4</sup> Kazan Federal University. Institute of Geology and Petroleum Technologies (4/5, Kremlyovskaya Steet, 420008, Kazan, Russian Federation)

## Investigation of the Structure and Color Characteristics of Glaze Coatings

The characteristic of the chemical composition and structural features of the Italian glazed tiles of the Klinker Sire factory are presented. It is established that the structure of the surface layer differs significantly from the structure of the ceramic shard: there are no pores, no crystalline inclusions, smooth outer boundary. However there is no clearly defined boundary between shard and glaze. It is suggested that the effect of tile irradiation is due to the formation of thine metal film formed in the firing process in a reducing medium because some iron oxide loses oxygen. Photometric studies of the surface of samples of German and Portuguese glazed tiles.

**Keywords:** ceramics, tile, glaze, surface, color coordinates, X-ray photoelectron spectroscopy, energy-dispersive spectrum

**For citation:** Ariskina K.A., Sergeev B.A., Mukhametova E.T., Muhametzyanov R.R., Salahov A.M., Gumarov A.I. Investigation of the structure and color characteristics of glaze coatings. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 12, pp. 18–22. (In Russian).

Б.С. Соколов, член-корреспондент Российской академии архитектуры и строительных наук, отмечает [1]: «Постепенно строительный комплекс, включающий в себя помимо технических гуманитарные направления, переориентируется с решения частных задач по возведению какого-либо отдельного сооружения на создание гармоничной среды обитания человека». Гармоничная среда обитания ставит задачу применения керамических стеновых материалов широкой цветовой гаммы. Достаточно распространенным способом поверхностной обработки керамики с древнейших времен является глазурирование.

При получении цветных глазурных покрытий для керамических изделий, как правило, применяют химически чистые пигменты, которые имеют достаточно высокую стоимость. Отечественными учеными опубликован ряд статей и монографий [2–6], направленных как на снижение стоимости глазурей, так и на расширение их цветовой гаммы. В то же время опыт зарубежных производителей глазурованной керамики, успешно реализующих продукцию на отечественном рынке, изучен явно недостаточно. Ряд интересных исследований по этой теме опубликован в профессиональных зарубежных изданиях [7–11].

Цель настоящей работы заключалась в исследовании оптических характеристик глазурных покрытий керамики зарубежного производства. Материалами для исследований послужили итальянская глазурованная плитка фабрики Klinker Sire, германские глазурованные плитки компании Ferro и плитки португальской фирмы EorCer.

Восприятие цвета итальянской глазурованной плитки, частично покрывающей фасад здания в центре

Казани (рис. 1, 2), существенно меняется в зависимости от освещенности и угла зрения.

Электронно-микроскопические исследования итальянской плитки проведены одновременно с получением энергодисперсионных спектров (ЭДС). Исследования химического состава поверхности плитки проводились методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС). Регистрация фотоэлектронных спектров проводилась в аналитической камере SPECS, оборудованной рентгеновским источником и полусферическим анализатором энергий SPECS Phoibos 150.

По результатам электронно-микроскопических исследований выявлено, что структура поверхностного слоя (в точке замера его толщина 69,1 мкм) существенно отличается от структуры керамического камня: отсутствуют поры, нет кристаллических включений, наружная граница достаточно гладкая (рис. 3, а). Особенности структуры позволяют рассматривать поверхностный слой как глазурь, что подтверждается анализом элементного состава.

Для исследования элементного состава керамического камня и слоя глазури (рис. 3, б) были выбраны три фрагмента: площадка в теле камня, обозначенная среzeg 1, у наружного слоя глазури, обозначенная среzeg 2, и в приграничном слое камня и глазури, обозначенная среzeg 3. Размеры исследуемых площадок около 100 мкм<sup>2</sup>, глубина зондирования 1 мкм. В поверхностном слое плитки (табл. 1) отмечается существенное содержание свинца (7,3%) и фосфора (8,8%), наличия которых в керамическом камне не зафиксировано. На границе глазури и камня содержание свинца и фосфора

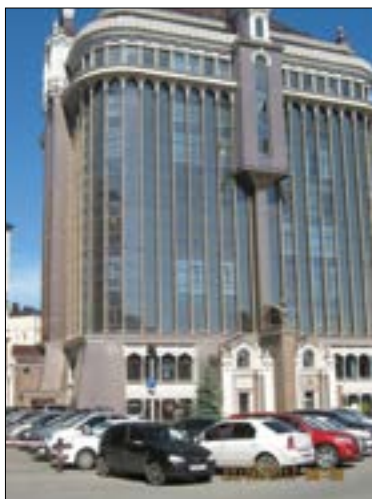


Рис. 1. Казань. Жилой дом № 11А по ул. Касаткина



Рис. 2. Казань. Жилой дом № 11А по ул. Касаткина, фрагменты фасада под различными углами зрения



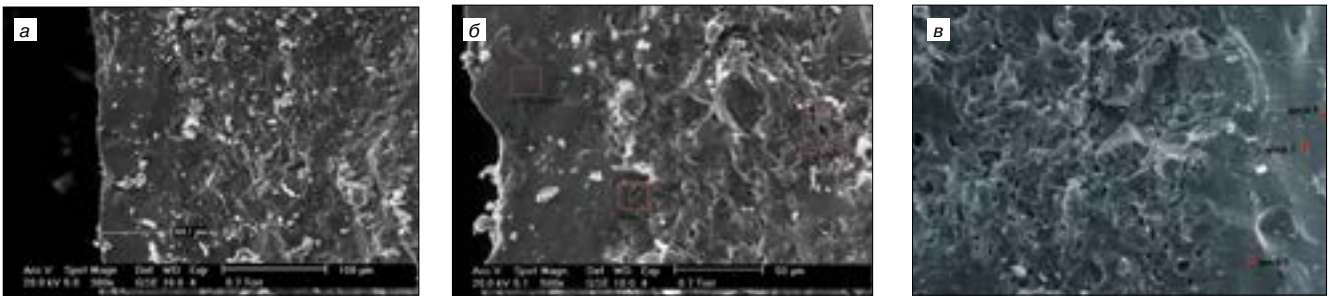


Рис. 3. РЭМ изображение поперечного разреза итальянской плитки Klinker Sire

заметно снижается. В то же время обращает внимание отсутствие явно выраженной границы камня и глазури. Известно [12], что использование свинцовых глазурей началось еще в 1300-х гг. до н. э. Свинцовые глазури отличаются высоким качеством, практически не имеют пор, хорошо сочетаются с самыми разнообразными пигментами.

Для более полного исследования элементного состава глазури были выбраны три точки на различных расстояниях от края глазури (рис. 3, в, табл. 2): ближайшая к краю, обозначенная срезом 4, в среднем ее слое, обозначенная срезом 5, и ближе к границе с камнем, обозначенная срезом 6. Размеры исследуемых фрагментов 1 мкм<sup>2</sup>, глубина зондирования 1 мкм.

Содержание железа максимально (11,1%) в наружном крае глазури, оно снижается до 7,3% по мере приближения к камню. Содержание свинца, наоборот, растет с 5,3 до 6,7%.

При анализе лицевой поверхности глазури установлено, что концентрация железа существенно выше, чем во внутренних слоях глазури.

Анализ ЭДС-спектра поверхности глазури (рис. 4) при глубине ее зондирования 1 мкм показывает содержание железа 22,4%. Сопоставив эти результаты с тем фактом, что содержание кислорода на лицевой поверхности глазури составляет лишь 24–26%, авторы предположили, что в процессе обжига плитки в восстановительной среде часть оксида железа теряет кислород, в ре-

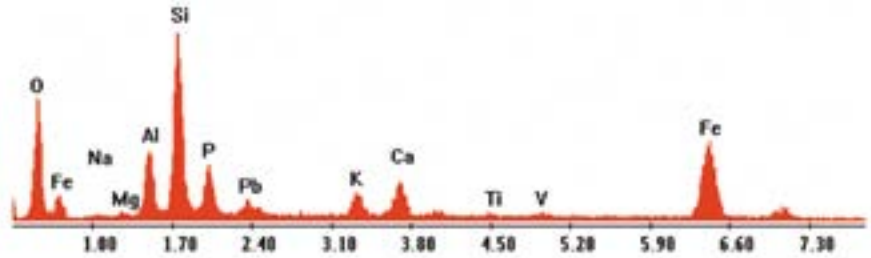


Рис. 4. ЭДС-спектр лицевой поверхности глазури. Содержание железа 22,4%

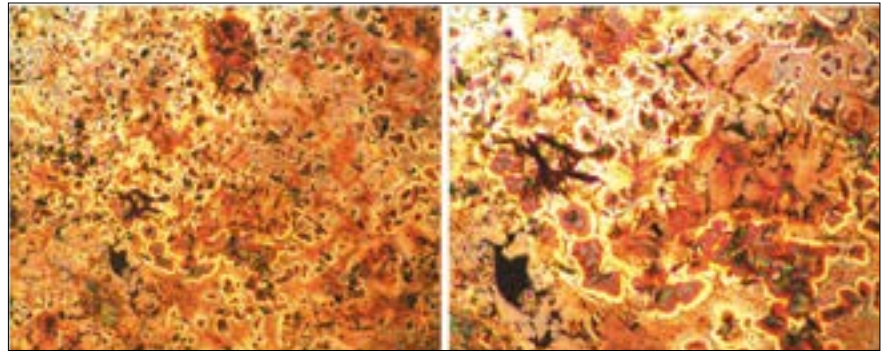


Рис. 5. Фото плитки при 20- (слева) и 40-кратном увеличении

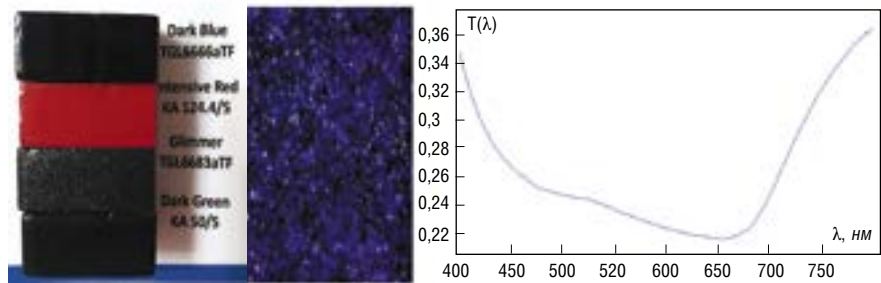


Рис. 6. Фото образца Dark Blue TGL6666aTF, его изображение в микроскопе с 50-кратным увеличением и спектр отражения

Таблица 1

Элементный состав из рентгеновских спектров различных участков плитки, мас. %

	O	Na	Mg	Al	Si	P	Pb	K	Ca	Ti	V	Fe
spectr 1	40,1	1,3	0,8	12,4	38,2	–	–	3,2	1,3	0,7	–	1,9
spectr 2	31,5	1,1	0,9	9,7	21,4	8,8	7,3	2,3	5,7	0,3	0,6	10,2
spectr 3	35,1	1	0,7	12,7	35,5	2,4	3	3,4	2	0,8	–	5,5

Таблица 2

Элементный состав из рентгеновских спектров различных участков плитки, мас. %

	O	Na	Mg	Al	Si	P	Pb	K	Ca	Ti	V	Fe
spectr 4	45,2	1,4	1	8,6	17,3	5,3	5,3	1,9	3,1	–	–	11,1
spectr 5	38,8	1,6	1,2	9,9	19,2	8,7	6,3	1,9	3,6	0,3	0,5	8
spectr 6	34,8	1,5	1,1	10	23,3	7,7	6,7	2,7	3,8	0,5	0,8	7,3

зультате чего формируется тончайшая металлическая пленка, что и придает своеобразный блеск исследуемой плитке. Это предположение подтвердилось наличием заметной электропроводимости поверхностного слоя плитки. В технологии керамики опыт достижения мягкого блеска изделий известен достаточно давно [13], такую продукцию традиционно называют керамикой, покрытой люстром. Однако с нашей точки зрения, в данном случае была использована более передовая технология. Дело в том, что исследования элементного состава поверхности плитки с глубиной зондирования 3 нм, проведенной методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, показали, что в этом слое восстановленного железа нет, т. е. на самой поверхности глазури находится своеобразная пленка из гематита, наличие которой и приводит к явлению иризации (радужная игра цвета) (рис. 5). Это явление известно в нанотехнологии [14], характерно для фотонных кристаллов, но встречается и в природе; действительно, всем хорошо известна радужная игра цвета крыльев бабочки.

Нами были проведены фотометрические исследования поверхности четырех образцов германской глазурованной плитки.

Фотометрические исследования отобранных материалов в отраженном свете проводились на микроскопе-спектрофотометре МСФУ-К («Ломо», Россия) при комнатной температуре в диапазоне длин волн 400–800 нм, в качестве источника излучения был выбран рассеянный дневной свет. Цветовой моделью для количественной оценки цвета была выбрана широко распространенная в настоящее время модель CIE Lab, утвержденная Международной комиссией по освещению (МКО) 1964 г.

Оптический спектр отражения глазурованной поверхности образца Dark Blue EGL6666aEF представлен на рис. 6. Слабое поглощение в области 460–520 нм и более интенсивное поглощение, включающее оранжево-красную область спектра, способствуют формированию окна пропускания света в синей области спектра, что обуславливает окрашивание образца. Спектрометрические исследования глазурного покрытия темно-синего цвета выявили следующие координаты цвета:  $L^* = 55,8$ ;  $a^* = 3$ ;  $b^* = -3,8$ .

В оптическом спектре глазурованной поверхности образца Inensive Red KA 124.4/5 (рис. 7) в видимой области проявляются три слабые полосы поглощения в областях 460–530, 530–585 и 630–670 нм. В соответствии с моделью CIE Lab координаты цвета глазурного по-

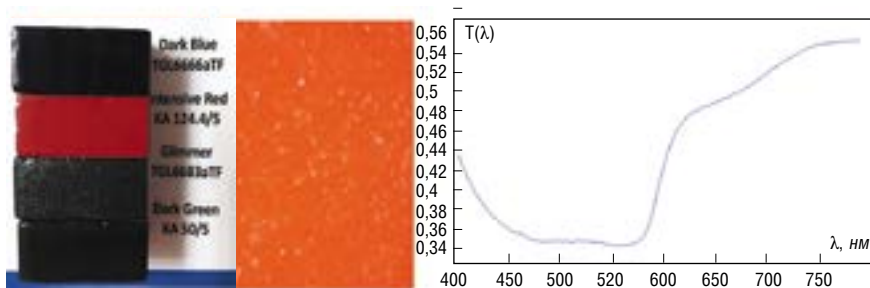


Рис. 7. Фото образца Intensive Red KA 124.4/5, его изображение в микроскопе с 50-кратным увеличением и спектр отражения

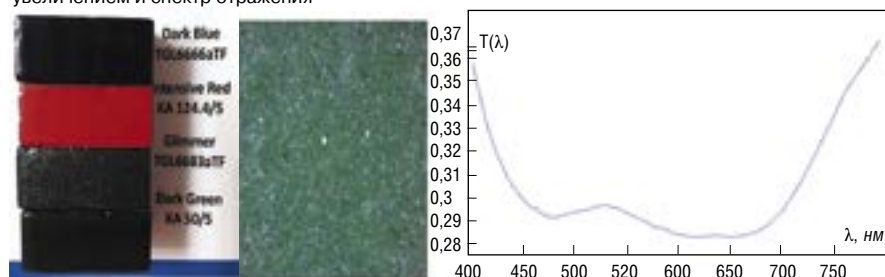


Рис. 8. Фото образца Dark Green KA 50/5, его изображение в микроскопе с 50-кратным увеличением и спектр отражения

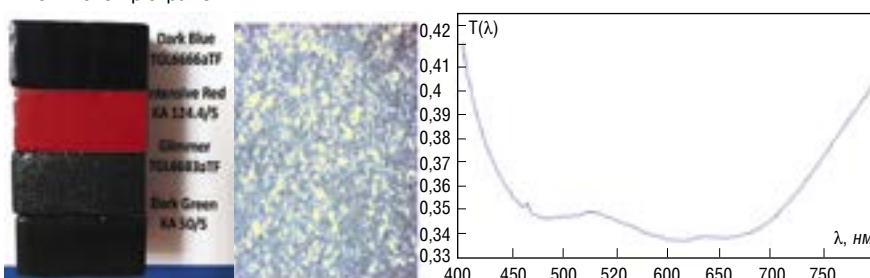


Рис. 9. Фото образца Glimmer TGL6683aTF, его изображение в микроскопе с 50-кратным увеличением и спектр отражения

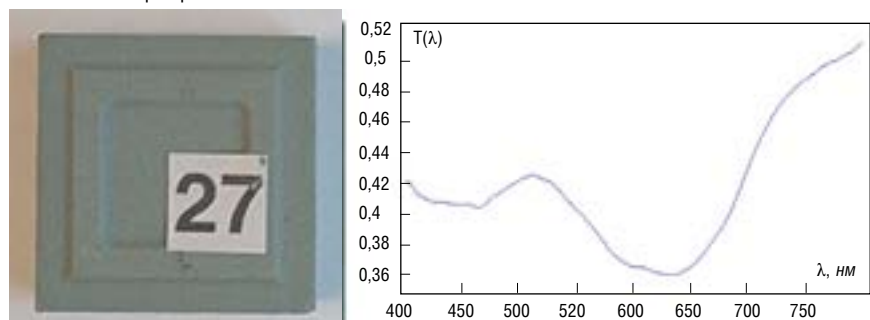


Рис. 10. Фото и спектр отражения плитки светло-зеленого цвета

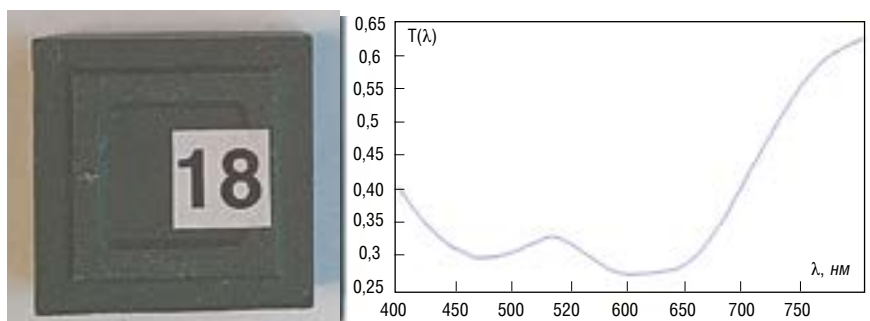


Рис. 11. Фото и спектр отражения плитки зеленого цвета

крытия красного цвета следующие:  $L^* = 67$ ;  $a^* = 11,5$ ;  $b^* = 2,1$ .

Оптический спектр отражения глазурованной поверхности образца Dark Green KA 50/5 (рис. 10) также характеризуется тремя слабыми

полосами поглощения в областях 460–500, 590–640 и 640–680 нм. Спектрометрические исследования глазурного покрытия выявили следующие координаты цвета:  $L^* = 61$ ;  $a^* = 3$ ;  $b^* = -0,1$ .

Оптический спектр глазурованной поверхности образца Glimmer EGL6683aEF (рис. 9) схож по форме с оптическим спектром глазурованной поверхности образца Dark Green KA 50/5, однако коэффициент отражения поверхности образца Glimmer EGL6683aEF выше. В соответствии с моделью CIELab координаты цвета глазурного покрытия с мерцающим эффектом следующие:  $L^* = 65,3$ ;  $a^* = 3,5$ ;  $b^* = -0,1$ .

Светло-зеленый цвет образца плитки португальской фирмы ЕорСег определен слабыми полосами поглощения в синей, оранжевой и красной областях видимого спектра (рис. 10). Спектрометрические исследования выявили следующие координаты цвета:  $L^* = 68,7$ ;  $a^* = -4,2$ ;  $b^* = 6,4$ .

Оптический спектр отражения образца плитки темно-зеленого цвета португальской фирмы ЕорСег (рис. 11) характеризуется двумя широкими интенсивными поло-

сами поглощения в областях 420–530 и 530–670 нм. В соответствии с моделью CIELab координаты цвета образца керамики темно-зеленого цвета следующие:  $L^* = 61,3$ ;  $a^* = -3,5$ ;  $b^* = -2,3$ .

В соответствии с одним из фундаментальных принципов науки теория – это утверждение о некотором природном явлении, которое в принципе можно сопоставить с реальностью и, возможно, опровергнуть. Для разработки адекватной теории цвета керамики, о проблемах которой неоднократно отмечалось в литературе [15], необходимо продолжать системные исследования. Здесь вполне уместно привести цитату одного из ведущих ученых современности [16]: «Разрозненные данные обретают вес только тогда, когда можно собрать их в количестве, достаточном для формирования статистического утверждения».

**Список литературы / References**

- Соколов Б.С. Теория силового сопротивления анизотропных материалов сжатия и ее практическое применение: Монография. М.: АСВ, 2011. 160 с.
- Sokolov B.S. Teoriya silovogo soprotivleniya anizotropnykh materialov szhatiyu i ee prakticheskoe primeneniye: monografiya [Theory of force resistance of anisotropic materials to compression and its practical application: monograph]. Moscow: ASV. 2011. 160 p.
- Радченко С.Л., Радченко Ю.С., Орехова С.Е. Получение глазурных покрытий на основе отработанных ванадиевых катализаторов // *Стекло и керамика*. 2009. № 4. С. 29–31.
- Radchenko S.L., Radchenko Y.S., Orekhova S.E. Obtaining of glaze coatings on the basis of vanadium catalysts used. *Steklo i keramika*. 2009. No. 4, pp. 29–31. (In Russian).
- Радченко С.Л., Радченко Ю.С. Исследование структуры ванадийсодержащих глазурных покрытий для керамических изделий // *Стекло и керамика*. 2016. № 7. С. 40–44.
- Radchenko S.L., Radchenko Y.S. Investigation of the structure of vanadium containing glaze coatings for ceramic products. *Steklo i keramika*. 2016. No. 7, pp. 40–44. (In Russian).
- Салахов А.М., Морозов В.П., Гумаров А.И., Арискина К.А., Валимухаметова А.Р., Лис О.Н., Пасынков М.В. Опыт поверхностной обработки керамических материалов строительного назначения // *Строительные материалы*. 2017. № 4. С. 42–46.
- Salakhov A.M., Morozov V.P., Gumarov A.I., Ariskina K.A., Valimukhametova A.R., Lis O.N., Pasynkov M.V. Experience of surface treatment of ceramic materials for construction purposes. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 4, pp. 42–46. (In Russian).
- Жерновая Н.Ф., Бурчакова Ю.В., Жерновой Ф.Е., Мирошников Е.В. Легкоплавкие нефритованные глазури для строительной и художественной керамики // *Стекло и керамика*. 2013. № 3. С. 33–36.
- Zhernovoy N.F., Burchakova Y.V., Zhernova F.E., Miroshnikov E.V. Light-melting jade-coated glazes for construction and art ceramics. *Steklo i keramika*. 2013. No. 3, pp. 33–36. (In Russian).
- Сидельникова М.Б., Погребенков В.М. Керамические пигменты на основе природного и техногенного минерального сырья. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. 262 с.
- Sidelnikova M.B., Pogrebenkov V.M. Keramicheskie pigmenty na osnove prirodnogo i tekhnogennogo mineral'nogo syr'ya. [Ceramic pigments based on natural and technogenic mineral raw materials]. Tomsk: Publishing house of Tomsk Polytechnic University. 2014. 262 p.
- Lia Z., Yangb Y., Penga C., Wu J. Effects of added ZnO on the crystallization and solar reflectance of titaniumbased glaze // *Journal of Ceramics International*. 2017. Vol. 43, pp. 6597–6602.
- Abouliatima Y., El Hafaneb Y., Smithb A., Mesnaouic M., Chartierb T., Benhammoua A., Abourrichea A., Niboua L. Study of borosilicate glaze opacification by phosphates using Kubelka-Munk model // *Journal of Ceramics International*. 2017. Vol. 43, pp. 5862–5869.
- Holakooei P., Ahmadi M., Volpe L., Vaccaro C. Early Opacifiers In The Glaze Industry Of First Millennium bc Persia: Persepolis And Tepe Rabat // *Archaeometry*. 2017. Vol. 59, pp. 205–394.
- De Vito C., Medeghini L., Mignardi S., Coletti F., Contino A. Roman glazed inkwells from the “Nuovo Mercato di Testaccio” (Rome, Italy): Production technology // *Journal of the European Ceramic Society*. 2017. Vol. 37, pp. 1779–1788.
- Suvaci E., Yildiz B. Roles of CaO, MgO and SiO<sub>2</sub> on crystallization and microstructure development in diopside-based glass-ceramic glazes under industrial fast-firing condition // *Journal of the Australian Ceramic Society*. 2017. T. 53. P. 75–81.
- Jean-Paul van Lith. La Ceramique Dictionnaire encyclopedique. Paris: Les editions de l'Amateur, 2000. 455 p.
- Сентенс Б. Керамика: путеводитель по традиционным техникам мира. М.: Астрель, АСТ, 2005. 216 с.
- Centens B. Keramika: putevoditel' po traditsionnym tekhnikam mira [Ceramics: guide to traditional techniques of the world]. Moscow: Astrel, AST. 2005. 216 p.
- Елисеев А.А., Лукашин А.В. Функциональные наноматериалы / Под ред. Ю.Д. Третьякова. М.: Физматлит, 2010. 456 с.
- Eliseev A.A., Lukashin A.V. Funktsional'nye nanomaterialy. Pod red. Yu.D. Tret'yakova [Functional nanomaterials. Ed. By Tret'yakov Yu.D.] Moscow: Fizmatlit. 2010. 456 p.
- Зубехин А.П., Яценко Н.Д., Голованова С.П. Теоретические основы белизны и окрашивания керамики и портландцемента. М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2014. 152 с.
- Zubehin A.P., Yatsenko N.D., Golovanova S.P. Teoreticheskie osnovy belezny i okrashivaniya keramiki i portlandtsementa [Theoretical bases are of no use and staining of ceramics and Portland cement]. Moscow: STROYMATERIALY. 2014. 152 p.
- Бак П. Как работает природа: Теория самоорганизованной критичности / Пер. с англ., вступ. сл. Г.Г. Малинецкого. М.: Либрокком, 2015. 276 с.
- Buck P. Kak rabotaet priroda: Teoriya samoorganizovannoi kritichnosti [How nature works: Theory of self-organized criticality]. Moscow: Librocom, 2015. 276 p.



## LINGL – ПАРТНЕР ДЛЯ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



Грубая керамика



Огнеупоры



Техническая керамика



Санитарная керамика

LINGL предлагает различные решения для всех стадий разработки проекта керамического производства: Наши инженеринговые услуги, включающие в себя исследование сырья и разработку технологии, а также индивидуальную оптимизацию оборудования и перспективные концепции производства, помогают нашим клиентам во всем мире получить конкурентные преимущества.

Сервисное обслуживание является для фирмы LINGL важным и основным моментом. Силами нашего сервисного филиала „ООО Ленгл Сервис“ в г. Санкт-Петербурге мы оказываем оптимальную поддержку нашим клиентам.

Это включает в себя как снабжение запасными и изнашиваемыми деталями и разработку мер по оптимизации и модернизации производства, так и техническое обслуживание, ремонт, проведение обучений и тренингов.

Качество, компетенция и надежность способствует сохранению длительных партнерских отношений - для сохранения этих ценностей мы работаем для Вас уже более 75 лет!

LINGL - качество „Сделано в Германии“



Представительство фирмы „Лингл“ в России и странах СНГ: 196247, Россия, г. Санкт-Петербург / Ленинский проспект, дом 190 офис 513 - тел. +7 812 309 5611 - моб. тел. +7 911 812 2237 - mail: lingl.russia@gmail.com

„Отечественные Строительные Материалы“



OCM 2018

23 - 26 января 2018, Москва

Представительство ЛИНГЛ в России:  
Глеб Юсман - gleb.yusman@lingl.ru  
Тел.: +7 812 309 5611 - Моб.: +7 911 812 2237

www.lingl.com

**SINCE 1908...**  
**TAKING THE BEST FROM THE PAST TO BUILD THE FUTURE**

Bedeschi is today the only company mastering in house the design, manufacturing and installation of the entire plant. Bedeschi can supply a full set of services, from the simple machine to a complete "turn key" green field installation.

[www.bedeschi.com](http://www.bedeschi.com)



## Заводы с линией ручной формовки Easymud: сделано в Италии



Группа компаний Сарасциоли (Капаччоли) начала свою деятельность в начале 50-х гг. прошлого века и в настоящее время является одной из самых крупных и надежных производителей заводов «под ключ» для производства кирпича, блоков, черепицы и других керамических строительных материалов.

В настоящее время компания продолжает процесс вертикальной интеграции и расширяет свой ассортимент машин и технологий.

Компания Сарасциоли является единственным производителем оборудования, запатентовавшим производство кирпича по технологии **Easymud** – способ производства, аналогичный «ручной формовке».

В последнее время растет спрос на кирпич и плитку hand-made – «сделано вручную», так же как и в целом на керамические изделия, формованные без вакуума и с использованием старинных технологий.

Спрос на такую продукцию постоянно растет из-за многочисленных реставраций старых зданий и сооружений, где нельзя использовать стандартные кирпичные изделия. Керамические изделия ручной работы прекрасно подходят для городского строительства, благодаря отличной морозостойкости, а в случае дорожного покрытия, благодаря своей пористой нескользящей поверхности.

В то время как для стандартного кирпича существующие технологии удовлетворяют потребности его производства, для производства специальных нестандартных керамических изделий, плитки и аксессуаров до сих пор не были найдены эффективные решения.

Принимая во внимание этот растущий спрос на нестандартную керамику, компания Сарасциоли изучила, запатентовала и сегодня выпускает полностью автоматизированные линии для производства кирпича, плитки и специальных изделий «под старину», используя глину с повышенной влажностью, без вакуумной обработки для получения продуктов эстетически аналогичных тем, которые производятся вручную.

Для того чтобы эти автоматические линии наиболее полно удовлетворяли потребности рынка, компанией были разработаны специфическое оборудование и специальные решения, которые позволяют чрезвычайно быстро осуществлять замену каждого выпускаемого типа производимых изделий и требуют небольших инвестиций.

Эти системы обеспечивают полную автоматизацию операций по формованию, загрузку изделий на поддоны/рейки и, следовательно, позволяют достичь высокой производительности при минимальном количестве обслуживающего персонала. Линия

**Easymud** чрезвычайно компактна, и ее можно установить на уже действующую линию, используя существующие транспортные линии загрузки и разгрузки, в качестве линии дополнения к производимому ассортименту или в виде отдельной полностью автоматизированной линии, необходимой для загрузки и выгрузки сушильных стеллажей.

### Некоторые технические данные линии Easymud:

Производительность/ч .....	4000 шт.
Производительность/ч .....	8000 шт.
Производительность/ч .....	12000 шт. и кратные
Закрытые формы с использованием песка .....	голландский тип
Открытые формы без песка .....	испанский тип

### Преимущества линии Easymud компании Сарасциоли:

Мгновенная замена выпускаемых изделий  
Автоматический цикл формования и сортировки изделий  
Загрузка/разгрузка изделий  
Минимальные инвестиции  
Производительность до 30 млн шт./год

Основываясь на опыте многочисленных реализаций автоматических линий **Easymud**, работающих как с открытыми формами на деревянных досках, так и с закрытыми формами, компания Сарасциоли также разработала полуавтоматическую систему для заполнения пресс-форм.

С помощью этой машины можно создать рабочую станцию, которая гарантирует идеальную дозировку глины, заполнение формы и резку. Таким образом, можно использовать два типа пресс-форм:

1. Формы открытого типа.
2. Закрытые формы, которые используются и для высокой производительности.

Продукты, полученные с помощью запатентованной системы **Easymud**, очень высокого качества, они практически идентичны изделиям, сделанным вручную, и в то же время обладают максимальным разнообразием.

**CAPACCIOLI S.R.L.**  
**Via Piave, 51 Sinalunga 53048 (SI)**  
**Tel +39 0577679296 – Fax +39 0577678218**  
**commerciale@capaccioli.com**  
**www.capaccioli.com**



**CAPACCIOLI**  
MACHINERY AND PLANTS FOR CLAY INDUSTRY

Мы создаем технологические, индивидуальные и инновационные решения для кирпичной и черепичной индустрии, ориентируясь на качество, безопасность, энергоэффективность и экологически чистое производство.

**CAPACCIOLI s.r.l.**  
Via Piave, 51 - 53048 Sinalunga (SIENA) - ITALY  
Tel +39.0577.679296 - Fax +39.0577.678218  
commerciale@capaccioli.com - www.capaccioli.com



**Российская гипсовая ассоциация**  
**Московский государственный строительный университет**  
**Научно-исследовательский институт строительной физики**

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

**20–21**  
**сентября**  
**2018 г.**  
**Республика Беларусь**  
**г. Минск**  
**Оргкомитет:**  
**140050, Московская обл.,**  
**п. Красково,**  
**ул. К. Маркса, д. 117,**  
**РГА**  
**Телефон:**  
**+7 8-916-501-36-56**  
**E-mail: rga-service@mail.ru**  
**www.rosgips.ru**

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 **Строительные материалы®**

**X Международная конференция / X International Conference**

**НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**  
**NANO-TECHNOLOGY IN CONSTRUCTION**  
**NTC-2018**

**13-17 апреля 2018 г.**  
**13-17 April, 2018**

**Хургада, Египет**  
**Hurgada, Egypt**

Прибытие и регистрация участников / Arrival & Registration 13.04.2018  
 Дни проведения конференции / Scientific activities 14-16.04.2018  
 Отъезд / Departure 17.04.2018

**Sunny Days El Palacio Resort & Spa**

**Организаторы конференции / Organizers**

Национальный исследовательский центр жилья и строительства (HBRC)  
 Housing & Building National Research Center (HBRC)



Египетско-российский университет  
 Egyptian Russian University (ERU)



Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова  
 Kalashnikov Izhevsk State Technical University (ISTU)



**При поддержке / Co-organizers**

Министерство жилищно-коммунального хозяйства и городского сообщества  
 Ministry of Housing, Utilities and Urban Communities



**Тематика конференции / Conference Themes**

- Синтез и применение наночастиц
- Наноразмерная характеристика материалов.
- Наноструктурированные или нанопористые материалы и нанокompозиты
- Наноматериалы для медицины
- Применение нанотехнологий в красках, покрытиях, слоях и мембранах.
- Наноматериалы в архитектуре для энергоэффективности, внутреннего экологического качества и устойчивости.
- Эффективность нанотехнологий в огнезащите.
- Другие.
- Nanoparticles synthesis and applications.
- Nanoscale materials characterization.
- Nanostructured or nanoporous materials and nanocomposites
- Nanomaterials for structural health monitoring and sensing.
- Application of nanotechnology in paints, coatings, layers and membranes.
- Nanomaterials in architecture for energy efficiency, indoor environmental quality and sustainability.
- Nano-technology's effect of fire performance.
- Others.

**Параллельно с конференцией в помещении отеля будет проходить выставка.**  
 Экспоненты представляются следующие категории спонсорского участия:  
**Exhibition: An exhibition will be held at the Hotel premises.**  
 Exhibitors are welcomed for sponsoring with the following categories & fees:

Bronze	Silver	Gold
1000 \$	1500 \$	2000 \$

**Основные даты и условия участия / Deadlines and Conference fees**

- Принятие рефератов (abstract) 01/11/2017
  - Представление полной рукописи 01/12/2017
  - Принятие полных рукописей 01/01/2018
  - Окончательный прием заявок 01/02/2018
- Для участников, не являющихся египтянами, регистрационный взнос за участие в конференции (исключая проживание, транспорт и общественные мероприятия), составляет 200 долл. США/чел. и 100 долл. США/чел для студентов.
- Регистрационный взнос за полный пакет участника (с проживанием, трансфером и общественными мероприятиями) составляет 500 долл. США/чел и 300 долл. США/чел для студентов.
- Оплата производится: Банковским переводом в QNB Qatar National Bank Al Ahli, Swift Code QNB AEGCXXX, № счета 00037 00152 20315560107-56, Египетское-Российский университет.

- Acceptance for abstract 01/11/2017
  - Submission of full manuscript 01/12/2017
  - Acceptance for full manuscripts 01/01/2018
  - Final acceptance 01/02/2018
- For Non Egyptian participants, the conference registration fees excluding accommodation, transportation and social activities is 200 USD/Person and 100 USD/Person for Non Egyptian students.
- A package for accommodation, internal transportation and social activities is available for Non Egyptian participants for 500 USD/Person and 300 USD/Person for Non Egyptian students.
- Payment of fees must be: by Bank transfer to QNB Qatar National Bank Al Ahli, swift code QNB AEGCXXX, Account No. 00037 00152 20315560107-56, Egyptian-Russian University.



**Информационная поддержка – журналы / Information support journals**  
 «Строительные материалы»® «Construction Materials» (Russia)  
 HBRC Journal (Egypt)



**К проведению конференции планируется выпуск журнала «Строительные материалы» № 1-2-2018. Статьи будут публиковаться на двух языках (русский английский). Срок подачи материала в редакцию до 13.01.2018 / To holding a conference the issue of the journal « Construction Materials» 1-2-2018 is planned. Articles will be published in two languages (Russian, English). Deadline for submitting the material to the editorial office before 13.01.2018**

**Контактная информация в России / Contact information in Russia**

Профессор Григорий Иванович Яковлев  
 ИжГТУ им. М.Т. Калашникова  
 E-mail: gyakov@istu.ru Тел.: 891285666688  
 Факс: +7(3412)592555  
 Prof. G.I. Yakovlev  
 Studencheskaya Str., 7, Izhevsk, 426069, Russia  
 Mob. +79128566688, E-mail: gyakov@istu.ru

**Контактная информация в Египте (только на английском языке)**

**/ Contact information in Egypt (English only)**  
 Prof. Magdy Helal, Prof. Sayed Shebl  
 Housing & Building National Research Center  
 El-Tahrir Street, Dokki, Giza-Egypt  
 Tel: +20233356853, 37617107  
 Mr. Haysam Wahed  
 Mob: +201226293390  
 info@ntchbrc.com ntc\_nano@yahoo.com

**Более подробную информацию можно найти на сайте конференции / More information can be found on the website [www.ntchbrc.com](http://www.ntchbrc.com)**



**TECNARGILLA**

**БУДУЩЕЕ КЕРАМИКИ**  
24 / 28 СЕНТЯБРЯ 2018 . РИМИНИ . ИТАЛИЯ

[www.tecnargilla.it](http://www.tecnargilla.it)



**KROMATECH**



**TWHITE**



**CLAYTECH**

ОРГАНИЗАТОР

**ITALIAN  
EXHIBITION  
GROUP**  
Il Gruppo di  
Bologna è un marchio di qualità

ПАРТНЕР



**ACIMAC**  
Associazione Costruttori Italiani  
Macchine Attrezzature per Ceramica



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



*Ministero delle Attività Produttive*

**ITA®**

ITALIAN TRADE AGENCY  
2018 - Agenzia per la promozione all'estero e  
l'internazionalizzazione delle imprese italiane



The Leading  
Trade Fair for  
Advanced  
Ceramics Industry

Date

March 25th~27th, 2018

Venue

Shanghai Everbright  
Convention &  
Exhibition Center

Contact



Tel: +86-20-8327 6389  
iacechina@unifair.com  
www.cn-aceexpo.com



Tel: 4000 778 909  
irisexpo@163.com



# IACE CHINA 2018

The 11th Shanghai International Advanced Ceramics Exhibition & Conference

ORGANIZERS: Industrial Ceramics Sub-Committee of Chinese Ceramic Society; Engineering Ceramics Sub-Committee of Chinese Mechanical Engineering Society; Unifair Exhibition Service Co., Ltd.; Shanghai Iris Exhibition Services Co., Ltd.



China International Ceramics Technology, Equipment, Building  
Ceramics & Sanitaryware Exhibition

By CCPIT BUILDING MATERIALS SUB-COUNCIL

Come to **CERAMICS**  
**CHINA 2018** to meet over  
1000 global exhibitors with new tech, new  
idea and new gear!

**2018.05.30-06.02**

**China Import and  
Export Fair Complex**

**Guangzhou**

Contact:  
CCPIT Building Materials  
Sub-council  
Tel: 0086 10 88082338  
Fax: 0086 10 88083938  
e-mail: [info@ceramicschina.net](mailto:info@ceramicschina.net)  
[www.ceramicschina.net](http://www.ceramicschina.net)

# СИЛИКАТЭКС 2017

**В сентябре 2017 г. в Крыму (Алушта) состоялась XI специализированная конференция СИЛИКАТЭкс.**

**В ее работе приняло участие более 60 специалистов – представители заводов силикатного кирпича, производства извести и других отраслей промышленности строительных материалов, машиностроительных и инжиниринговых компаний, научных и некоммерческих организаций из 23 регионов РФ и зарубежья.**

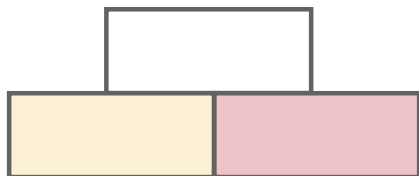
В программе мероприятия был рассмотрен ряд вопросов, касающихся технологии производства силикатного кирпича, теории и развития технологии производства строительных изделий карбонизационного твердения и возможностей их применения в современном строительстве.

Основным акцентом конференции СИЛИКАТЭкс стал экологический аспект использования карбонатного сырья и продуктов его переработки. Как известно, при термической обработке известняка образуется углекислый газ и известь. Известь является так называемым продуктом В2В и находит дальнейшее применение в промышленности, строительстве, ПСМ и др. Углекислый газ, как правило, выбрасывается в атмосферу. Использование углекислого газа при производстве строительных материалов могло бы решить некоторые экологические задачи. В настоящее время известна технология карбонизационного твердения строительных материалов. Сырьем здесь могут служить известь, отсева карбонатных пород, отходы растениеводства и др.

Теоретическим основам и реальному воплощению методики карбонизационного твердения материалов было посвящено выступление Н.В. Любомирского (Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского). Технология карбонизационного твердения известна с давних времен, когда в качестве кладочного и отделочного раствора стала использоваться известь. Для ускорения твердения растворов строители стали окуривать их дымом костров, который разводили непосредственно в отстроенных помещениях. В настоящее время работы по развитию технологии ведутся в Лёвинском католическом университете (Бельгия) по вопросам структурообразования материалов на основе извести, твердеющих на стадии карбонатного твердения в зависимости от различных условий организации искусственного карбонизационного твердения известкового вяжущего; в университете Industrial Research Institute of Kochi (Япония) прорабатываются вопросы создания технологии производства строительных изделий, твердеющих за счет использования парниковых газов и др. Ученые из университета Ньюкасла (Австралия) при поддержке компаний Mineral Carbonation International, Orica и GreenMag Group начали строительство завода для демонстрации технологии производства кирпича, которая позволяет эффективно уменьшать концентрацию парниковых газов в атмосфере. Завод будет расположен на территории университета. Ожидается, что Mineral Carbonation International потратит 9 млн долл. США на создание этого производства. Технологию производства строительных материалов в РФ разрабатывает ООО «Канон» (Республика Крым).

Также одной из наиболее обсуждаемых тем стала технология производства извести.

Упаковка продукции для многих заводов силикатного кирпича в последние годы выходит в ряд актуальных вопросов. С одной стороны, потребитель хочет получать хороший товар в современной упаковке, которая будет гарантировать не только сохранение эстетичного внешнего вида изделий, но и неизменность технических характеристик материалов в случае хранения. С другой – какую упаковку выбрать, чтобы незначи-



Большое внимание специалистов привлек доклад д-ра техн. наук, профессора Н.В. Любомирского, который представил теоретические и прикладные аспекты теории ускоренной карбонизации строительных материалов



Выступление руководителей ООО «Канон» (Республика Крым) о предлагаемой технологии выпуска облицовочных и теплоизоляционных изделий методом ускоренной карбонизации А.Ю. Левестама и Л.С. Никишова – вызвало оживленную дискуссию. Участники конференции задавали вопросы, касающиеся как производства, так и технических характеристик самих материалов



А.Н. Тараненко, зам. директора по реализации ООО «Каменск-Уральский завод строительных материалов», член группы продвижения НП АПСИ, провел анализ восприятия силикатных материалов и предложил путь повышения их лояльности в сети Интернет





От пристального внимания специалистов невозможно было скрыть ни одного самого мелкого дефекта изделия



Многие выступления на конференции вызвали встречные вопросы, реплики, комментарии. А.М. Куликов, консультант по развитию бизнеса ООО «ТиссенКрупп Индастриал Солюшнс (РУС)» – активный участник дискуссий



Второй день работы конференции был посвящен ознакомлению с производственной площадкой ООО «Канон», где выпускаются облицовочный кирпич и теплоизоляционный материал Флоралит по технологии ускоренной карбонизации

тельно увеличить цену единицы продукции. Различные варианты упаковки кирпича предложили российские представители известных зарубежных брендов В.В. Юрченко («ОМС Системс») и А.Н. Ширский («Роксор Индастри»).

Внутризаводская и внутрицеховая транспортировка сырьевых материалов конечно же не является главной технологической операцией, но во многом определяет эффективность работы завода в целом. Нарботки ОАО «ПКБ «Техноприбор» (Чебоксары) в области транспортировки песка, извести, ИКВ и других сыпучих материалов представил Д.Л. Герасимов. У компании есть опыт реализации проектов транспортировки песка и извести конвейерами собственной конструкции на ООО «Силикат» (Ульяновская обл.), ООО «Казанский завод силикатных стеновых материалов».

Современные технологии продвижения строительных материалов предполагают широкое использование интернет-возможностей. Исследования, проведенные Ассоциацией производителей силикатных изделий, показали, что в настоящее время при консолидированном участии заводов отрасли можно значительно повысить лояльность к силикатным изделиям.

Уже более десяти лет СИЛИКАТэкс является местом встречи силикатчиков, коллег, единомышленников, партнеров. Здесь обмениваются информацией, проводят переговоры и спорят и делятся достижениями.

**XII международная конференция СИЛИКАТэкс состоится 10–11 октября 2018 г. на исторической Владимирской земле. Оставайтесь с нами, друзья!**



И.А. Галеев, генеральный директор компании «Инвест-Технология» (Челябинск), сам является разработчиком высокотехнологичного оборудования для производства силикатного кирпича. Естественно, что любой технологический процесс для него – интерес не праздный



Конференция СИЛИКАТэкс – прежде всего место встречи специалистов. Выступление генерального директора ООО «Кианит» А.В. Нестерова (справа), посвященное автоматизации шахтных печей, положило начало ряду вопросов и неформальному общению в продолжение всей конференции. Слева: В.В. Григорьев, директор ООО «Известком» (Красноярский край)



Многие участники конференции являются отличными специалистами в своем деле – производстве силикатного кирпича, извести, добычи карбонатных пород и др. Однако профессионализм заключается в желании постигать не только свою сферу деятельности, но и сопредельную



# Льготный кредит

на приобретение транспорта, спецтехники  
и оборудования из Белоруссии

Часть стоимости кредита  
компенсируется  
Республикой Беларусь  
в размере 8.25% годовых



/812/ 332 7878

[www.bspb.ru](http://www.bspb.ru)

Кредит на приобретение товаров, произведенных в Республике Беларусь, предоставляется на срок до 60 месяцев включительно на сумму не более 90% от стоимости товара, указанной в договоре купли-продажи, с учетом НДС. Заемщик – юридическое лицо, резидент РФ. Компенсация части процентов по предоставленным кредитам в российских рублях ежемесячно/ежеквартально, в размере ставки рефинансирования ЦБ РФ, действующей на дату выдачи кредита. Заемщик уплачивает банку комиссию за организацию информационного обмена с банком-агентом и Правительством Республики Беларусь в размере 1% годовых без учета НДС. Подробные условия кредитования на сайте [bspb.ru](http://bspb.ru) или по телефону /812/ 332 7878. ПАО «Банк «Санкт-Петербург». Генеральная лицензия Банка России №436 от 31.12.2014. ОГРН 1027800000140, Малоохтинский пр., 64 А. Реклама.

УДК 666.973.6

Г.В. КУЗНЕЦОВА, инженер (kuznetzowa.gal@yandex.ru), Г.Х. ГАЙНУТДИНОВА, студентка  
Казанский государственный архитектурно-строительный университет (420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1)

## Влияние крупности песка на выбор вида известкового вяжущего

Замена устаревших прессов на силикатных заводах на импортное оборудование, предназначенное для использования песочных смесей рационального состава, с одной стороны, и разнообразие песков, используемых силикатными заводами, с другой – ставит вопрос возможности упрощения технологии подготовки вяжущего и переход на использование бездобавочной готовой молотой извести в производстве силикатного кирпича. Проведены исследования влияния крупности песка на выбор вида известкового вяжущего. Рассматривалось бездобавочное известковое вяжущее и известь молотая с добавкой песка – известково-кремнеземистое вяжущее (ИКВ). Приведены результаты сырьевой, автоклавной прочностей и плотности прессованных образцов из смесей, приготовленных на песках с модулем крупности от 0,1 до 2,6 на бездобавочной извести активностью 70 и 80%, в сравнении с образцами из смеси на известково-кремнеземистом вяжущем. В предложенных выводах даны рекомендации по преимуществу в выборе вяжущего в зависимости от крупности песка.

**Ключевые слова:** силикатный кирпич, песок, известь, известково-кремнеземистое вяжущее, силикатная масса, прочность.

**Для цитирования:** Кузнецова Г.В., Гайнутдинова Г.Х. Влияние крупности песка на выбор вида известкового вяжущего // *Строительные материалы*. 2017. № 12. С. 33–37.

G.V. KUZNETSOVA, Engineer, (Kuznetzowa.gal@yandex.ru), G.Kh. GAYNUTDINOVA, Student  
Kazan State University of Architecture and Engineering (1, Zelenaya Street, 420043, Kazan, Russian Federation)

### Effect of Sand Fineness on Selection of a Lime Binder Type

Replacement of old obsolete presses at silicate factories for foreign equipment intended for the use of sand mixes of a rational composition on the one hand, and diversity of sands used by silicate factories from the other hand, raise the problem of the possibility to simplify the preparation technology of a binder and transfer to the use of clear ready fine lime for producing the silicate brick. The study of effect of sand fineness on the selection of a lime binder type was conducted. The clear lime binder and ground lime with addition of sand – a lime-silica binder (LSB) were considered. Results of raw, autoclaved strength and density of pressed samples of mixes prepared with sands of 0.1–2.6 fineness modulus with the clear lime of 70 and 80% of activity comparing with the samples of the mix with the lime-silica binder are presented. The proposed conclusions give recommendations on priority when selecting the binder depending on the sand fineness.

**Keywords:** silicate brick, sand, lime, lime-silica binder, silicate mass, strength.

**For citation:** Kuznetsova G.V., Gaynutdinova G.Kh. Effect of sand fineness on selection of a lime binder type. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 12, pp. 33–37. (In Russian).

Тенденцией последних лет в силикатной промышленности стало техническое перевооружение предприятий с целью получения продукции более высокого качества, расширения ассортимента изделий и др. Силикатные заводы проводят полномасштабную модернизацию, вкладывают огромные средства, приобретают современное отечественное и иностранное технологическое оборудование [1]. Российским специалистам уже хорошо известны фирмы ООО «Инвест-Технология» (РФ), Ласко Умформтехник ГмбХ (Германия), МАЗА ГмбХ (Германия), ВКБ Системс ГмбХ (Германия), Хаянь Групп (Китай), Драгон энд Стронг Машинери Ко Лтд. (Китай) [2], хорошо зарекомендовавшие себя как надежные партнеры на рынке оборудования для силикатных изделий. Компании осуществляют разработку и проектирование технологических линий, изготовление и монтаж оборудования, обучение обслужива-

ющего персонала, а также техническое сопровождение в процессе эксплуатации заводов.

Положительные перемены происходят и в сфере производства извести. За последнее время введены в строй новые производства, такие как FELS, TEREX-Lime и др., оснащенные современным оборудованием, позволяющим выпускать высококачественную известь (комовую, молотую, гашеную и др.), а производителям кирпича и газобетона перейти на покупную с нужными свойствами и качеством.

На современных заводах силикатного кирпича технологический процесс определяется видом применяемого вяжущего: известь гашеная, известь негашеная или известково-кремнеземистое вяжущее. Измельчение вяжущего – очень дорогая операция. Российские заводы в основном укомплектованы шаровыми мельницами типа



Рис. 1. Образцы песков, используемых силикатными заводами России

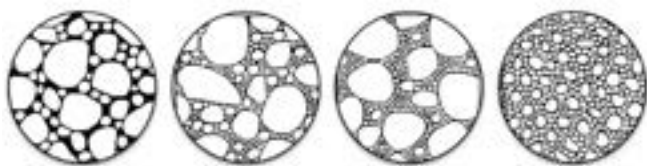


Рис. 2. Степень уплотнения песочной смеси для песков разного гранулометрического состава

СМ 1456 и СММ-205. Для получения порошка обычного помола (200–300 м<sup>2</sup>/г) затрачивается 26–30 кВт/т. При увеличении удельной поверхности до 1000 м<sup>2</sup>/г расход электроэнергии возрастает до 100 кВт/т. Кроме того, при удельной поверхности 500–700 м<sup>2</sup>/г часто фиксируется слипание зерен, что может полностью ликвидировать преимущество тонкого помола. Мощность электродвигателя у мельницы СМ 1456 составляет 130 кВт, а у мельницы СММ 205 – 500 кВт.

В настоящее время для помола предлагаются вертикальные мельницы, которые работают без мелющих тел и имеют мощность электродвигателя 55–90 кВт и производительность 4–6 т/ч [3], но с учетом их комплектации оборудованием воздушной сепарации суммарная мощность электрооборудования приравнивается к мощности шаровых мельниц. Однако предложение замены мельницы является очень заманчивым в тех случаях, если предприятие выпускает не только силикатный кирпич, но и автоклавный газобетон.

При перевооружении заводов силикатного кирпича следует учитывать, что немецкие прессы наиболее эффективны при рационально подобранной песочной смеси, а китайские – при работе с мелкодисперсным песком. Известны случаи, когда при покупке немецких прессов при сырьевом песке с  $M_{кр}=1,5$  продавец оборудования рекомендует работать на нескольких песках и вводить добавки.

Известно [4], что растворимость песка при  $t=25^{\circ}\text{C}$  составляет 0,006 г/л, но возрастает до 0,43 г/л при  $t=200^{\circ}\text{C}$ . Увеличение дисперсности песка до 300 м<sup>2</sup>/кг приводит к повышению растворимости при температуре 25<sup>o</sup>C до 0,04 г/л и до 0,7 г/л при температуре 174,5<sup>o</sup>C. Увеличение рН с 7 до 10,5 и выше приводит к увеличению растворимости песка при температуре 25<sup>o</sup>C на порядок, а при температуре 250<sup>o</sup>C в 5–7 раз. При высоком содержании щелочей до 10% растворимость SiO<sub>2</sub> возрастает до 20 раз.

Отказ от совместного помола извести и песка или наличия в смеси только немолотого песка, приводит к снижению марочности кирпича и увеличению температуры или давления в автоклаве, что усложняет производство.

В производстве силикатного кирпича качество песка оказывает значительное влияние на свойства конечного продукта. В Европейской части России большая часть песков представлена аллювиальными отложениями. Они хорошо дифференцированы по крупности, а месторождения их имеют линейную протяженность. Примерно треть запасов песков отличаются непостоянством гранулометрического состава. Меньшая часть общего запаса песков – это тонко- или мелкозернистые пески, часто содержащие примеси глины.

Фракционированный кварцевый песок – это универсальный, высококачественный материал, который активно используется в промышленности, ЖКХ, строительстве и имеет соответствующую цену. Расход песка в производстве силикатного кирпича составляет 2,2–2,4 м<sup>3</sup> на 1 тыс. шт. кирпича. Цена доставки песка оказывает влияние на себестоимость продукции. Анализ сырья заводов силикатного кирпича показывает, что в основном используется песок  $M_{кр}=0,1–2,6$ .

Расширение сырьевой базы кремнеземистого компонента, т. е. использование нескольких песков или отходов какого-либо производства, является редким случаем в России. Существующие патенты в этой обла-

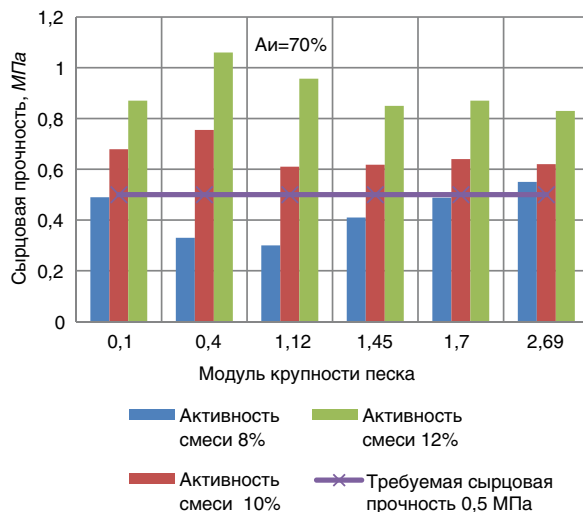


Рис. 3. Влияние крупности песков на сырьевую прочность в технологии с использованием бездобавочной извести с содержанием активных СаО+MgO в извести 70%

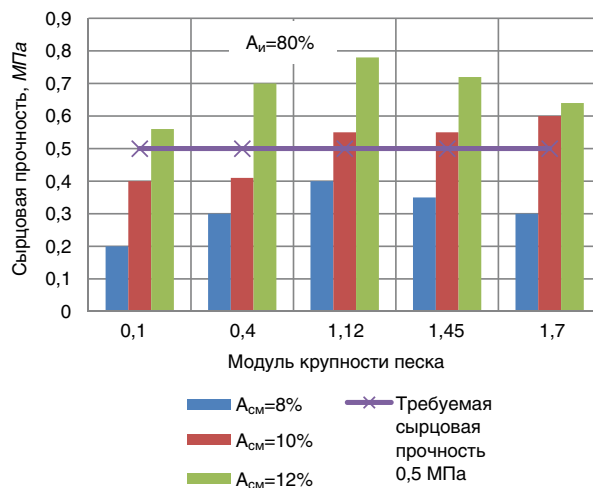


Рис. 4. Влияние крупности песков на сырьевую прочность в технологии с использованием бездобавочной извести с содержанием активных СаО+MgO в извести 80%

сти, как правило, не реализуются, а некоторые можно отнести к разряду фантастики.

Оценка пригодности песка осуществляется по нормативно-техническим документам (НТД) и результатам испытаний готовой продукции. На рис. 1 представлены пески силикатных заводов России с модулем крупности от 0,1 до 2,6.

По результатам испытаний установлено, что зависимость прочности кирпича-сырца от его плотности является линейной [5]. Рационально составленная смесь уменьшает пустотность, а искусственные трехфракционные смеси позволяют почти в два раза увеличить механическую прочность сырца.

Степень уплотнения смеси (рис. 2) зависит от зернового состава песка, ковенно определяемого его модулем крупности. Чем плотнее упаковка зерен, тем ближе технические свойства конгломерата к физико-механическим характеристикам заполнителей и тем меньше влияние цементирующей пленки.

Как известно, современные гидравлические прессы могут формировать любую смесь, но смесь с малым количеством вяжущего – «запесоченная» – сокращает срок службы дорогого оборудования.

Авторами проведены исследования влияния крупности песка на выбор вида известкового вяжущего. В данном исследовании рассматривалось бездобавочное известковое вяжущее и известь молотая с добавкой песка – известково-кремнеземистое вяжущее (ИКВ).

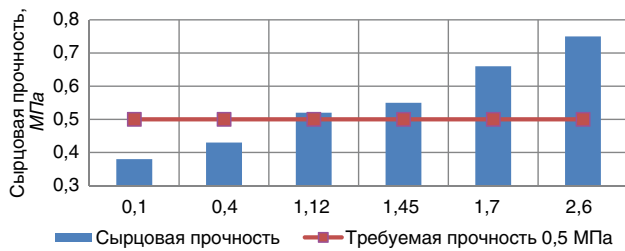


Рис. 5. Влияние известково-кремнеземистого вяжущего на сырцовую прочность образцов

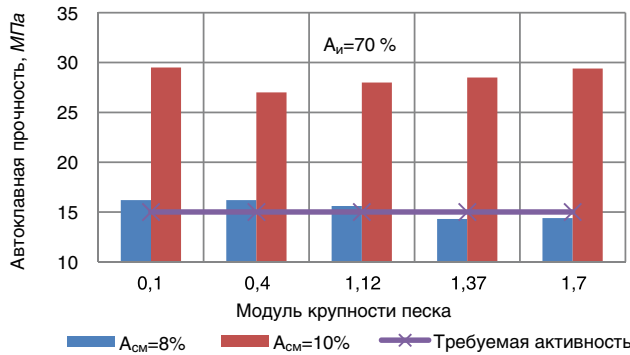


Рис. 6. Влияние крупности песков на автоклавленную прочность при использовании бездобавочной извести с содержанием в ней 70% активных CaO+MgO

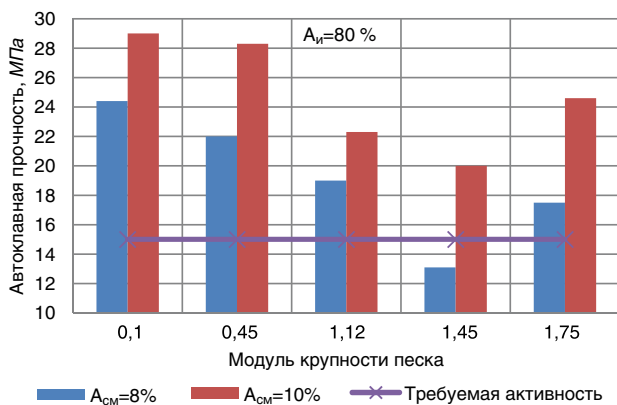


Рис. 7. Влияние крупности песков на автоклавленную прочность с использованием бездобавочной извести с содержанием активных CaO+MgO в извести 80%

Для изделий на цементных вяжущих, использующих подвижные или литые смеси, главным технологическим свойством является удобоукладываемость [6], которая может определять эффективность производства. В случае с изготовлением изделий из полусухих смесей на первый план выходит формуемость, которая определяет внешний вид готового изделия и задает начальную плотность и прочность кирпича-сырца. За критерий оценки была принята сырцовая прочность для полнотелого кирпича не менее 0,5 МПа.

На песках определенного размера и известковом вяжущем – молотой бездобавочной извести с содержанием CaO+MgO 70 и 80% и известково-кремнеземистом вяжущем с содержанием CaO+MgO 32% – приготовлены формовочные смеси с содержанием CaO+MgO в смеси 8, 10 и 12%.

Активность смеси 8% соответствует составу смеси с 25% известково-кремнеземистого вяжущего ( $A_{см} = A_{икв}/4$ ).

Активность смеси 10–12% соответствует оптимальному содержанию извести в смеси на 3–4 песках по прямой технологии. С усилением прессования 20 МПа отформованы образцы и определена их сырцовая прочность (рис. 3, 4).

Как видно из полученных результатов, для песков с модулем крупности  $M_{кр} = 0,3–1,6$  содержания 8% по CaO в смеси недостаточно. Определенный в ходе исследова-



Рис. 8. Влияние крупности песков на автоклавленную прочность в технологии с использованием извести с добавкой песка (ИКВ)

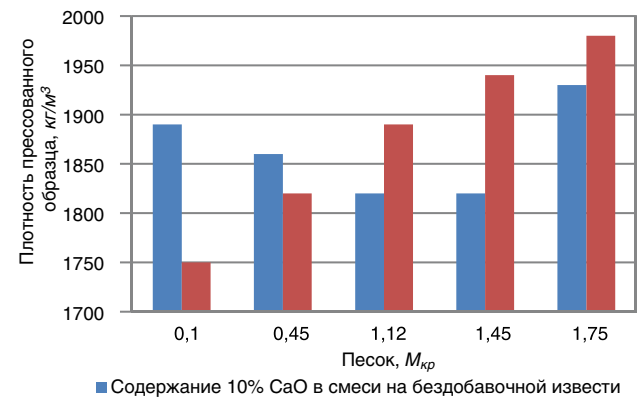


Рис. 9. Влияние крупности песков на плотность прессованных образцов, изготовленных на известковом вяжущем без добавок и ИКВ

ний расход извести в формовочной смеси должен составлять не менее 10–12%. Пески с модулем крупности  $M_{кр} = 1,7$  обеспечивают сырцовую прочность уже при введении в формовочную смесь 8% извести, т. е. в экономичном варианте. Использование песков с  $M_{кр}$  менее 0,3 позволяет получить известково-песчаную дисперсную смесь, но требует использования прессов с многоступенчатым прессованием, например прессов из Китая, рассчитанных на работу с таким сырьем.

Результаты испытания сырцовой прочности прессованных образцов для активности извести 80% представлены на рис. 4.

Можно сделать вывод, что для получения сырцовой прочности изделий 0,5 МПа и более при использовании извести активностью 80% недостаточно содержания 8 и 10% CaO в смеси при  $M_{кр}$  песка менее 1,12.

Показатели сырцовой прочности на известково-кремнеземистом вяжущем с содержанием CaO 8% в смеси представлены на рис. 5.

Как видно из полученных результатов, сырцовая прочность прессованных образцов, изготовленных из формовочной смеси на основе ИКВ, увеличивается с увеличением модуля крупности песков. Однако пески зернового состава и  $M_{кр}$  менее 1,12, используемые в изготовлении формовочной смеси на основе ИКВ, не обеспечивают требуемой прочности прессованных образцов.

Условием получения гидросиликатов кальция оптимального состава в результате автоклавной обработки является минимальный расход CaO в смеси (более 4–5%), что подтверждает технология силикатного плотного вибрированного бетона, но для получения хорошего внешнего вида силикатного кирпича необходимо большее количество связующего материала [7].

В различных регионах РФ предпочтения по марочности кирпича у потребителей могут отличаться, что чаще зависит и от типов строений. Для построек коттеджного типа достаточно M100–125, для многоэтажных домов с несущей стеной – M150–200, для каркасного

**Таблица 1**

**Гранулометрический состав известковых вяжущих**

Мелкодисперсные материалы	Условный размер сит, мкм									M <sub>усл кр</sub>
	400	200	100	80	40	20	10	5	0	
Известь негашеная										
Частные остатки, %	0	0	0	0	0	51,6	45,5	2,8	0,1	2,48
Полные остатки, %	0	0	0	0	0	51,6	97,1	99,9	100	
Известь-пушонка										
Частные остатки, %	0	0	0	0	0	0	3,3	93,3	6,7	0,99
Полные остатки, %	0	0	0	0	0	0	3,3	96,6	100	
Известково-кремнеземистое вяжущее состава И:К=1:1										
Частные остатки, %	13,08	41,82	30,47	4,59	4,57	3,05	2,42	0	0	4,35
Полные остатки, %	13,08	54,9	85,37	89,96	94,53	97,58	100	100	100	

**Таблица 2**

**Выбор вида известкового вяжущего от крупности песка**

Вид технологии	Прямая	Традиционная	Прямая и традиционная
Вид вяжущего	Бездобавочная известь	Известково-кремнеземистое вяжущее	Известково-кремнеземистое вяжущее или бездобавочная известь
Крупность песка M <sub>кр</sub>	0,1–0,9	1–1,6	≥1,7

домостроения М100–150, для каркаса из силикатных блоков – М200–250. В проведенных исследованиях за требуемую автоклавную прочность принята марка М150 (ГОСТ 379–2015 «Кирпич, камни, блоки и плиты перегородочные силикатные. Общие технические условия»).

На исследуемых песках и молотой извести с содержанием активных СаО+MgO 70 и 80% изготовлены прессованные образцы и определена автоклавная прочность (рис. 6, 7).

Образцы, изготовленные из формовочной смеси с содержанием активных СаО+MgO 10% при использовании бездобавочной извести с содержанием активных СаО+MgO 70%, обеспечивают требуемую автоклавную прочность. При использовании смеси с содержанием активных СаО+MgO 8% прочность образцов получается низкой и ее обеспечивают только пески с модулем крупности M<sub>кр</sub> менее 1.

Образцы, изготовленные из формовочной смеси с содержанием СаО в смеси 10% при использовании бездобавочной извести с активными СаО+MgO 80%, обеспечивают автоклавную прочность. При использовании смеси с содержанием активных СаО+MgO 8% прочность образцов обеспечивают не все пески.

На исследуемых песках приготовлены формовочные смеси оптимального состава: 75% песка и 25% известково-кремнеземистого вяжущего, затем спрессованы образцы и определена автоклавная прочность (рис. 8).

Все кварцевые пески обеспечивают требуемую автоклавную прочность прессованных образцов из формовочной смеси, приготовленной на известково-кремнеземистом вяжущем.

Был исследован дисперсный состав известковых вяжущих на приборе Хороба и результаты пересчитаны по принципу рассева песка. Взяты условные размеры сит и рассчитан условный модуль крупности для сравнения [8]. Результаты представлены в табл. 1.

Частицы извести после гашения имеют размер менее 5 мкм, а известково-кремнеземистое вяжущее остается такого же размера за счет частиц молотого песка. При использовании мелкодисперсных песков M<sub>кр</sub> 0–0,3 в известково-кремнеземистом вяжущем будет образовываться кубическая упаковка монодисперс-

ных частиц, а бездобавочная гашеная известь образует наиболее плотную гексагональную упаковку [9]. Проанализирована величина плотности на образцах из смеси на бездобавочной извести с содержанием 10% СаО в смеси и с известково-кремнеземистым вяжущим с содержанием 8% СаО в составе смеси на песках разной крупности (рис. 9).

Можно сделать вывод, что с увеличением модуля крупности песка плотность образцов, изготовленных из смеси на известково-кремнеземистом вяжущем, значительно выше плотности образцов из смеси на молотой бездобавочной извести. Образцы из смеси на молотой бездобавочной извести характеризуются более высокой плотностью при изготовлении на очень тонких пылевидных песках при M<sub>кр</sub>=0,45 и песках непрерывного состава при M<sub>кр</sub>=1,7.

Технология изготовления силикатного кирпича с использованием известково-кремнеземистого вяжущего обеспечивает требуемую автоклавную прочность на всех исследуемых песках вне зависимости от крупности (табл. 2).

Крупность песка оказывает влияние на выбор известкового вяжущего и определяет расход по СаО в смеси.

Переход на известковое бездобавочное вяжущее при обеспечении требуемой сырьевой прочности не менее 0,5 МПа приводит к увеличению активности смеси с 7–8% на известково-кремнеземистом вяжущем до 10–12% на молотой бездобавочной извести.

С песками с M<sub>кр</sub> менее 0,45 необходимо использовать молотую бездобавочную известь с активностью не менее 80%.

Известково-кремнеземистое вяжущее за счет содержания минеральных тонкомолотых добавок позволяет получить прессованные изделия с плотностью, превышающей плотность изделий на бездобавочной извести.

Для песков M<sub>кр</sub> 1–1,6 расход извести на 40–50% меньше с известково-кремнеземистом вяжущим, чем с бездобавочной известью.

Известковое бездобавочное вяжущее на песках с M<sub>кр</sub> менее 0,45 позволяет получить прессованные изделия с плотностью, превышающей плотность изделий на известково-кремнеземистом вяжущем.

## Список литературы

1. Корнев М.В. Актуализированная редакция ГОСТ 379 // *Строительные материалы*. 2015. № 10. С. 4.
2. Сулима-Грудзинский А.В. Некоторые актуальные вопросы в области оборудования для производства силикатных изделий // *Строительные материалы*. 2015. № 3. С. 53–62.
3. Кузнецова Г.В., Морозова Н.Н. Проблемы замены традиционной технологии силикатного кирпича с приготовлением известково-кремнеземистого вяжущего на прямую технологию // *Строительные материалы*. 2013. № 9. С. 14–17.
4. Кузнецова Г.В., Санникова В.И. Влияние условий тепловлажностной обработки на качество цветного силикатного кирпича // *Строительные материалы*. 2010. № 9. С. 36–38.
5. Хавкин Л.М. Технология силикатного кирпича. М.: ЭКОЛИТ, 2011. 384 с.
6. Сагдатуллин Д.Г., Морозова Н.Н., Сабиров И.Р. Влияние вида химических добавок на технологические свойства композиционного гипсового вяжущего. *Экология и новые технологии в строительном материаловедении: Международный сборник научных трудов*. Новосибирск. 2010. С. 12–15.
7. Кузнецова Г.В. Способ прессования силикатного кирпича и метод определения его сырьевой прочности // *Строительные материалы*. 2015. № 12. С. 50–53.
8. Кузнецова Г.В. Гранулометрический состав мелкодисперсных золотеходов в технологии прессования // *Строительные материалы*. 2016. № 11. С. 51–56.
9. Баранцева Е.А., Мизонов В.Е., Хохлова Ю.В. Процессы смешивания сыпучих материалов: моделирование, оптимизация, расчет. Иваново: ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина», 2008. 116 с.

## References

1. Kornev M.V. Actualized Edition of GOST 379. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 10, pp. 4. (In Russian).
2. Sulima-Grudzinsky A.V. Some Actual Problems in the Field of Equipment for Silicate Products Manufacture. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 3, pp. 53–62. (In Russian).
3. Kuznetsova G.V., Morozova N.N. Problems of Replacement of Traditional Technology of Silicate Brick with Preparation of a Lime-Siliceous Binder by Direct Technology. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 9, pp. 14–17. (In Russian).
4. Kuznetsova G.V., Sannikova V.I. Influence of Hydrothermal Treatment on Quality of Colored Silicate Brick. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 9, pp. 36–38. (In Russian).
5. Khavkin L.M. Tekhnologiya silikatnogo kirpicha [Technology of a silicate brick]. Moscow: Ekolot. 2011. 384 p.
6. Sagdatullin D.G., Morozova N.N., Sabirov I.R. Influence of a type of chemical additives on processing behavior of composition plaster knitting. *Ecology and new technologies in structural materials science: International collection of scientific works*. Novosibirsk. 2010, pp. 12–15. (In Russian).
7. Kuznetsova G.V. Method for Pressing of Silicate Brick and Method for Defining Its Raw Strength. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 12, pp. 50–53. (In Russian).
8. Kuznetsova G.V. Granulometric Composition of Fine-Disperse Ash Waste and Its Influence on Properties of Pressed Products *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2016. No. 11, pp. 51–56. (In Russian).
9. Barantseva E.A., Mizonov V.E., Khokhlova Yu.V. Protsessy smeshivaniya syuchikh materialov: modelirovanie, optimizatsiya, raschet [Processes of interfusing of loose materials: model operation, optimization, calculation]. Ivanovo: GOUVPO «Ivanovskiy gosudarstvennyy energeticheskiy universitet im. V.I. Lenina». 2008. 116 p.

Реклама



## ИЗНОСОСТОЙКИЕ МАТЕРИАЛЫ

СДЕЛАНО НА УРАЛЕ!

**Ремонтно-механический завод «НИХАРД-СЕРВИС» производит:**

- била, молотки, щёки и футеровки дробилок;
- футеровки течек и рудослусков;
- лопасти, брони и спицы бетоносмесителей;
- шнеки экструдеров и глиносмесителей;
- детали, работающие в условиях абразивного износа;
- корпуса и крыльчатки шламовых насосов;
- бронь футеровки шаровых и стержневых мельниц;
- трубопроводы пневмотранспорта;
- лопасти шламовых бассейнов;
- решётчатые плиты.

**Ремонтно-механический завод «НИХАРД-СЕРВИС» - это:**

- 250 лет лучших традиций златоустовской металлургии;
- многолетний опыт работы с производителями строительных материалов;
- сотрудничество с Южно-Уральским Государственным Университетом, участие в Союзе производителей бетона России;
- непрерывные исследования по повышению износостойкости материалов.

000 РМЗ «Нихард-сервис»  
458209, Челябинская область,  
г. Златоуст, ул. Им. А. Н. Радищева, 3

+7 (351) 777-62-09;  
+7 (351) 325-01-34

E-mail:  
nihard-servis@mail.ru



М.В. КОРНЕВ<sup>1</sup>, канд. техн. наук (kornev.mv1979@yandex.ru); А.В. МАКАРОВ<sup>2</sup>, канд. техн. наук, И.Н. ТИХОМИРОВА<sup>2</sup>, канд. техн. наук, М.А. КАРПЕНКО<sup>2</sup>, бакалавр

<sup>1</sup> НП «Ассоциация производителей силикатных изделий» (606000, Нижегородская обл., г. Дзержинск, пр-т Ленина, 111)

<sup>2</sup> Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева (125047, г. Москва, Миусская пл., 9)

## Коррозия силикатных материалов

На одном из строительных объектов после сильных морозов произошло разрушение силикатного кирпича технического этажа. Для выяснения причин определена морозостойкость изделий не только согласно ГОСТ 7025–91, но и при экстремально низкой температуре (-40 и -52°C). Также проведены исследования структуры и химического состава образцов со стройки методами дифференциально-термического (ДТА), рентгенофазового (РФА) и рентгенофлуоресцентного элементного анализа (РФА). Для уточнения микроструктуры образцов также была применена сканирующая электронная микроскопия (СЭМ). При исследовании образцов при помощи СЭМ установлено, что в полностью разрушенном образце присутствует тонкая пористая структура, сложенная короткими пластинками, частично выкристаллизованными из аморфной матрицы. При этом камень, не подверженный воздействию солей, по своей структуре аналогичен исходному. Установлено, что причиной коррозии послужило применение химических реагентов для удаления наледи. Сделан вывод о недопустимости подобного воздействия на любые бетоны.

**Ключевые слова:** силикатные материалы, морозостойкость, коррозия, ледоплавильные реагенты.

**Для цитирования:** Корнев М.В., Макаров А.В., Тихомирова И.Н., Карпенко М.А. Коррозия силикатных материалов // *Строительные материалы*. 2017. № 12. С. 38–40.

M.V. KORNEV<sup>1</sup>, Candidate of Sciences (Engineering) (kornev.mv1979@yandex.ru); A.V. MAKAROV<sup>2</sup>, Candidate of Sciences (Engineering), I.N. TIKHOMIROVA<sup>2</sup>, Candidate of Sciences (Engineering), M.A. KARPENKO<sup>2</sup>, Bachelor

<sup>1</sup> NP «Association of Manufactures of Silicate Products» (111, Lenina Avenue, Dzerzhinsk, 606000, Nizhny Novgorod Oblast, Russian Federation)

<sup>2</sup> D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia (9, Miusskaya Square, 125047, Moscow, Russian Federation)

### Corrosion of Silicate Materials

At one of the construction projects after severe frosts there was the destruction of silicate bricks of the technical storey. To clarify the causes, the frost resistance was determined not only according to GOST 7025–91 but also at extremely low temperature (-40 and -52°C). Research in the structure and chemical composition of samples from the construction site was also conducted by the methods of differential-thermal (DTA), X-ray phase (XPA) and X-ray fluorescence element (XFA) analyses. To clarify the microstructure of samples the scanning electronic microscopy (SEM) was also made. When studying samples with the help of SEM, it is established that in the completely destructed sample there was a thin porous structure composed of short plates which were partially crystallized out of the amorphous matrix. At this, the structure of the stone not subjected to the impact of salts is analogous to the initial one. It is established that the cause of corrosion was the use of chemical reagents for removing the icing. It is concluded that such impact is unacceptable for any concretes.

**Keywords:** silicate materials, frost resistance, corrosion, ice-melting reagents.

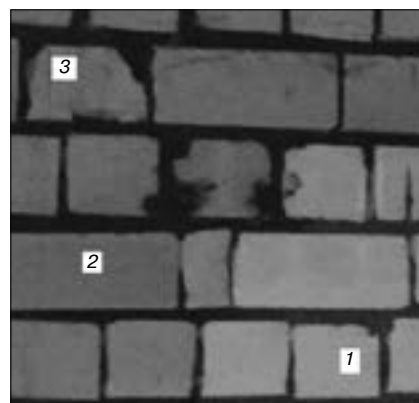
**For citation:** Kornev M.V., Makarov A.V., Tikhomirova I.N., Karpenko M.A. Corrosion of silicate materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 12, pp. 38–40. (In Russian).

В феврале 2017 г. на одной из строек Нижнего Новгорода после тридцатиградусных морозов произошло разрушение силикатного кирпича в кладке технического этажа семизэтажного дома. При обследовании выявлено, что деструкция произошла только в местах намокания кладки. Кровля здания не была завершена до снегопадов и оттепели. При укладке в октябре 2016 г. кирпич имел марку прочности М150. Были подняты архивные данные о производстве на заводе-изготовителе и отгрузке продукции за указанный период. Рядовой кирпич был принят ОТК завода и прошел входящий контроль на стройплощадке. Брак в результате нарушения технологии производства исключается. На кирпиче не обнаружено никаких включений, вздутий, сетки, микротрещин, увеличения размеров и др. Отсутствие нарушения технологии подтвердилось режимными картами автоклавной обработки и производственными журналами, а также тем, что на других объектах у кирпича из этой же партии признаков коррозии не обнаружено.

На первом этапе расследования причин разрушения кирпича возникло предположение о недостаточной морозостойкости. Прочностные показатели изъятых из кладки образцов, отобранных рядом с разрушенным кирпичом, находились в диапазоне М125–М175, морозостойкость F35. В архиве погоды было обнаружено, что после оттепели установилась температура -30°C и ниже. Морозостойкость продукции согласно ГОСТ 7025–91

«Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости» устанавливается при температуре от -15 до -20°C. Дополнительно были проведены испытания на морозостойкость при другой температуре: -10, -40 и -52°C. Результат оказался схожим во всех случаях: разрушения материала не произошло.

Было решено разрушенные и целые образцы кирпича, а также контрольный образец из той же партии с другого строительного объекта отправить на исследование в РХТУ им. Д.И. Менделеева для проведения физико-химических исследований – дифференциально-термического (ДТА), рентгенофазового



**Рис. 1.** Участок стены, из которой производилась выемка образцов корродировавшего силикатного кирпича для исследований: 1 – камень, однократно намоченный; 2 – камень, испытанный на себе интенсивную фильтрацию солевого раствора и талых вод; 3 – полностью разрушенный образец



Таблица 1

Средний элементный состав образцов на основании данных РФЛА

Элемент	Массовое содержание, %				
	Исходный камень	Однократно намоченный	Камень, подверженный активной фильтрации	Разрушившийся камень	Контрольный образец
C	7,68	11,33	10,59	9,2	8,79
O	53,5	52,45	50,42	51,86	53,42
Na	0,16	0,39	2,11	0,95	0,2
Mg	0,56	0,13	0,11	0,04	0,57
Al	0,6	0,51	0,57	0,58	0,58
Si	23,55	19,62	20,88	21,94	22,18
Cl	–	1,31	2,86	1,17	–
K	0,3	0,34	0,34	0,36	0,33
Ca	13,26	13,93	11,78	13,68	13,45
Fe	0,39	–	0,34	0,22	0,49

(РФА) и рентгенофлуоресцентного элементного анализа (РФЛА). Для уточнения микроструктуры образцов также была применена сканирующая электронная микроскопия (СЭМ). Исследования методами РФЛА и СЭМ выполнены на оборудовании Центра коллективного пользования им. Д.И. Менделеева.

В РХТУ было передано пять образцов камней: исходный камень; камень, по всей видимости, однократно намоченный; камень, через который активно шла фильтрация (после высыхания камень изменил цвет и заметно упрочился); камень полностью разрушившийся (приобрел слоистую структуру, крошился в руках); контрольный образец из той же партии с другой стройки (рис. 1).

Проведенный рентгенофлуоресцентный анализ выявил наличие хлора в корродированных образцах (табл. 1). Непостоянность его содержания указывала на попеременную фильтрацию через материал солевого раствора и талых вод.

В силу того, что коррозия носила поверхностный характер, фазовый состав образцов различается незначительно [1] (табл. 2), в отличие от результатов дериватографического анализа (рис. 2).

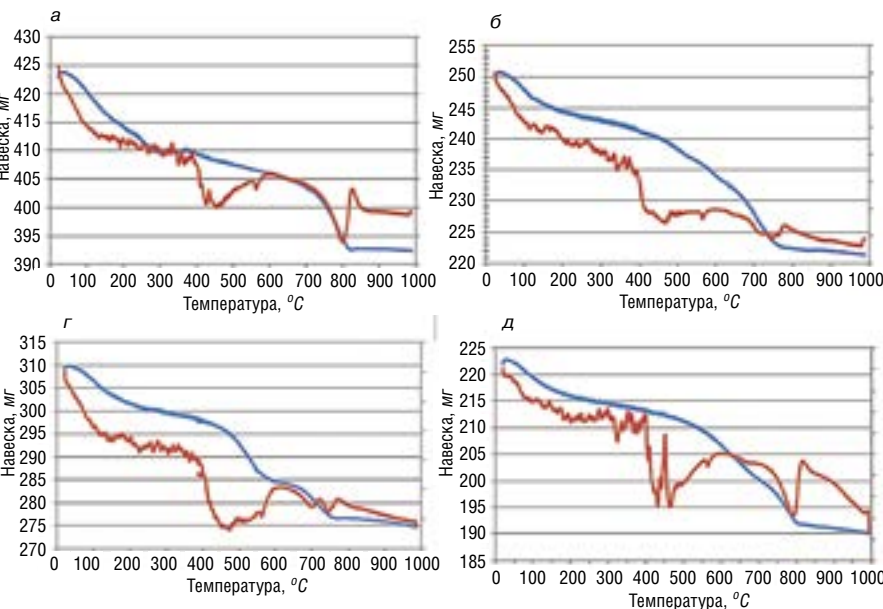


Рис. 2. Дериватограммы представленных образцов силикатных камней: а – исходный камень; б – камень, однократно намоченный; в – камень, испытывавший на себе интенсивную фильтрацию солевого раствора и талых вод; г – полностью разрушенный образец; д – контрольный образец с другой стройки

Таблица 2

Фазовый состав гидросиликатного вяжущего образцов

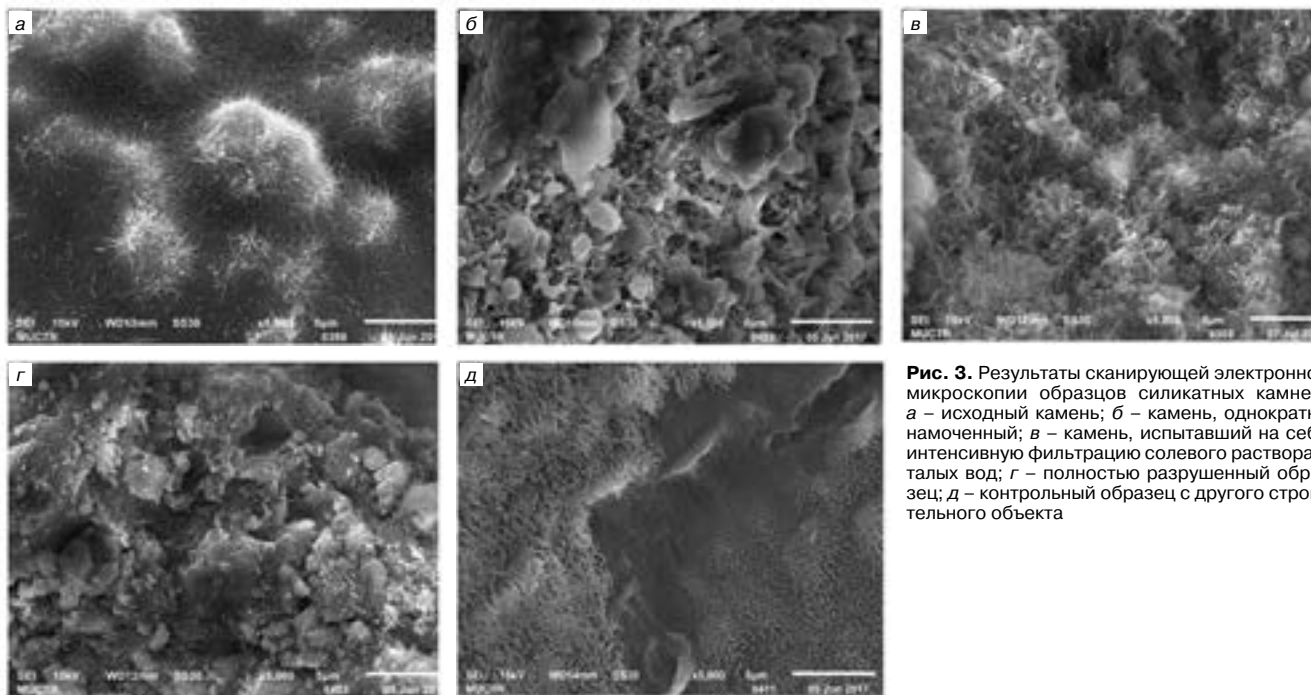
Фаза	Исходный камень	Однократно намоченный	Камень, подверженный активной фильтрации	Разрушившийся камень	Контрольный образец
Гиролит	+	+	+	+	+
Афвилит	+	–	+	+	+
CSH(I)	+	+	+	–	+
C <sub>2</sub> SH(A)	–	+	–	+	–

Изменение профиля термограмм указывает на то, что под воздействием солевых растворов в первую очередь разрушаются низкоосновные ГСК (рис. 2, б, в), а их место занимают новообразования с более высоким соотношением CaO/SiO<sub>2</sub>, дегидратация которых начинается при более низкой температуре (рис. 2, з) [2, 3]. Камни, не подвергшиеся воздействию солевого раствора, вне зависимости от партии, с точки зрения набора физико-химических превращений существенно не различаются (рис. 2, а, д).

Наиболее наглядно влияние солевого раствора на структуру гидросиликатного связующего прослеживается при исследовании образцов при помощи сканирующей электронной микроскопии (рис. 3).

Исходная плотная шуба, сложенная из хорошо развитых низкоосновных волокнистых ГСК (рис. 3, а) постепенно замещается пластинчатыми новообразованиями и массивами геля (рис. 3, б, в). В полностью разрушенном образце (рис. 3, з) присутствует тонкая пористая структура, сложенная короткими пластинками, частично выкристаллизованными из аморфной матрицы. При этом камень, не подверженный воздействию солей (рис. 3, д), по своей структуре аналогичен исходному [4, 5].

Для подтверждения полученных результатов в условиях заводской лаборатории производителя были проведены исследования образцов в концентрированных растворах антигололедных реагентов на протяжении двух месяцев, однако разрушения и снижения прочностных показателей не выявлено. Создание экстремальных условий, включающих в себя переменное замораживание-оттаивание, постоянную фильтрацию через материал солевых растворов в сочетании с обильным посып-



**Рис. 3.** Результаты сканирующей электронной микроскопии образцов силикатных камней: а – исходный камень; б – камень, однократно намоченный; в – камень, испытывавший на себе интенсивную фильтрацию солевого раствора и талых вод; г – полностью разрушенный образец; д – контрольный образец с другого строительного объекта

нием поверхности материала твердым антиобледенителем привело к получению схожего результата.

При обобщении полученного массива данных, было сделано предположение, что коррозия под воздействием хлорсодержащих веществ происходит в два этапа. На первом происходит насыщение материала солевым раствором, сопровождающееся началом растворения и перерождения гидросиликатной связки. При этом прочность камня нарастает из-за цементации растворимыми солями. Последующее удаление хлорид-ионов вследствие фильтрации жидкости приводит к разрушению структуры по причине активной перестройки гидросиликатов кальция и формирования массивов геля (кремниевой кислоты или гидросиликатов). Также следует отметить, что точный фазовый состав продуктов деструкции определить весьма затруднительно по двум причинам: во-первых, разрушению подвергается только

внешний слой гидросиликатной связки, а во-вторых, в силу удаленности процесса от равновесия получаемые новообразования крайне дефектны, что затрудняет их определение минералогическими способами.

Разрушение материала обусловлено не просто фактом применения ледоплавильных реагентов, а совокупностью условий: периодическим замораживанием; фильтрацией концентрированного раствора солей через материал; постоянным наличием реагентов на поверхности материала, поддерживающих постоянно высокую концентрацию хлорид-ионов в жидкости. Также следует отметить, что коррозии были подвержены и другие материалы. На той же стройке были разрушены железобетонные плиты перекрытия в местах намочания.

Все это подтверждает необходимость соблюдения норм строительства и защиты кладки от неблагоприятных погодных и искусственно созданных условий.

**Список литературы**

1. Кафтаева М.В., Рахимбаев И.Ш. К вопросу о фазовом составе гидросиликатного связующего автоклавного газобетона // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2013. № 10. С. 370–372.
2. Ступень Н.С., Лукашевич М.В. Процессы коррозии в цементном камне под воздействием сульфатно-хлоридной агрессивной среды // *Вестник Брестского государственного университета*. 2008. № 2. С. 62–72.
3. Федосов С.В., Акулова М.В., Потемкина О.В., Емелин В.Ю., Белякова Н.А. Исследование изменения фазового состава пенобетона с добавлением жидкого стекла и стеклобоя термографическим методом // *Известия Юго-Западного государственного университета*. 2013. № 5. С. 173–180.
4. Анваров Б.Р., Латыпова Т.В., Латыпов В.М., Крамар Л.Я. К вопросу о механизме повреждения железобетона при коррозии выщелачивания // *Известия вузов. Строительство*. 2015. № 2. С. 12–26.
5. Лебедева К.Ю., Салтанова Ю.В., Пахомовский А.Н., Корзун Н.Л. Исследования агрессивной активности соли ОАО «Тыретский солерудник» на цементобетон // *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2015. № 1. С. 95–105.

**References**

1. Kaftaeva M.V., Rakhimbaev I.SH. To a question of phase composition of hydrosilicate binding autoclave aerocrete. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2013. No. 10, pp. 370–372. (In Russian).
2. Stupen' N.S., Lukashovich M.V. Processes of corrosion in a cement stone under the influence of a sulfate-chloride severe atmosphere. *Vestnik Brestskagauniversiteta*. 2008. No. 2, pp. 62–72. (In Russian).
3. Fedosov S.V., Akulova M.V., Potemkina O.V., Emelin V.Yu., Belyakova N.A. Research of change of phase composition of foam concrete with addition of a liquid silica glass and cullet by a thermographic method. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*. 2013. No. 5, pp. 173–180. (In Russian).
4. Anvarov B.R., Latypova T.V., Latypov V.M., Kramar L.Ya. To a question of the mechanism of damage of reinforced concrete at lixiviation corrosion. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2015. No. 2, pp. 12–26. (In Russian).
5. Lebedeva K.Yu., Saltanova Yu.V., Pakhomovskiy A.N., Korzun N.L. Researches of aggressive activity of salt of JSC Tyretskiy solerudnik on cement concrete. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'*. 2015. No. 1, pp. 95–105. (In Russian).

А.В. НЕСТЕРОВ, канд. техн. наук, генеральный директор (anest126@mail.ru)

ООО «КИАНИТ» (196105, г. Санкт-Петербург, пр. Юрия Гагарина, 1)

## Автоматизация шахтных печей для производства извести

Рассмотрены автоматические системы управления технологическим процессом обжига известняка в шахтных печах (АСУТП ШП), работающих на газовом топливе. Приведена общая схема АСУТП печи, перечислены основные измерительные приборы, используемые для управления обжигом. Рассмотрены системы безопасности при работе с газовыми устройствами, установленными на печах. Рассмотрены новые технические решения, позволяющие повысить управляемость печи, отследить и предотвратить аварийные ситуации при обжиге известняка в шахтных печах с помощью АСУТП. Затронуты вопросы правильной эксплуатации печей и выбора оптимального режима обжига. Даны практические результаты по использованию АСУТП ШП, которые реализованы на известковых и силикатных заводах России.

**Ключевые слова:** автоматизированные системы управления технологическим процессом, автоматизация, измерительные приборы, известь, известняк, шахтная печь.

**Для цитирования:** Нестеров А.В. Автоматизация шахтных печей для производства извести // *Строительные материалы*. 2017. № 12. С. 41–47.

A.V. NESTEROV, Candidate of Sciences (Engineering), General Director (anest126@mail.ru)  
ООО «KIANIT» (1, Yuri Gagarin Avenue, 196105, Saint-Petersburg, Russian Federation)

### Automation of Shaft Kilns for Producing Lime

Automatic systems of the control over the technological process of limestone burning in shaft kilns (ASCTP SK) operating with gas fuel are considered. A general scheme of the ASCTP kiln is presented; main measuring devices used for the control over burning are listed. The safety systems when operating with gas devices that are installed on kilns are considered. New technical solutions which make it possible to improve the controllability of the kiln, to monitor and prevent emergency situation when limestone burning in the shaft kilns with the help of ASCTP are also considered. Issues of the correct operation of kilns and selection of optimal burning conditions are touched. Practical results of the use of ASCTP SK, which are realized at lime and silicate factories of Russia, are given.

**Keywords:** automated systems of control over technological process, automation, measuring devices, lime, limestone, shaft kiln.

**For citation:** Nesterov A.V. Automation of shaft kilns for producing lime. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 12, pp. 41–47. (In Russian).

Большинство шахтных печей для производства извести, построенных в конце прошлого века [1], оснащены старыми приборами измерения и автоматики, которые не обеспечивают должный уровень контроля над режимными параметрами обжига.

Для стабильного производства извести с высокой активностью необходимо более высокий уровень автоматизации и более современные приборы контроля.

Основной задачей при обжиге известняка является поддержание стабильных параметров работы печи. Любое отклонение от режима приводит к снижению качества извести, повышению расхода топлива. При обжиге известняка в шахтных печах необходимо обеспечить:

- равномерную загрузку известняка в печь;
- постоянный уровень известняка в печи;
- постоянный расход газа;
- распределение газа по горелкам для создания равномерного профиля температуры в зоне обжига.

Производительность шахтной печи и качество извести зависят от следующих основных параметров:

- качества исходного сырья;
- конструкции печи, режима ее работы;

- уровня автоматизации;
- профессиональной грамотности персонала.

Таким образом, уровень автоматизации напрямую влияет на эффективность производства извести.

Автоматизация печи позволяет:

- оперативно влиять на изменение технологических параметров обжига;
- отслеживать и устранять все аварийные ситуации;
- формировать отчеты по производительности печи и качеству продукции за любой отрезок времени.

Современная АСУТП представляет собой трехуровневую систему, представленную на рис. 1 [2, 3].

Первый уровень — это первичные приборы (датчики измерения расхода, температуры, давления, разряжения, исполнительные механизмы и др.).

Второй уровень — это шкаф управления (контроллер, автоматы и др.).

К третьему уровню следует отнести автоматизированное рабочее место оператора (АРМ), выполненное на базе современных SCADA систем для управления, визуализации, накопления и архивирования данных.

Основным параметром, влияющим на активность извести, является

удельный расход газа  $v_g$ , который представляет отношение расхода газа  $V_g$  к расходу извести  $G_{и}$ :

$$v_g = V_g / G_{и}$$

Для большинства шахтных печей на газовом топливе удельный расход газа составляет 110–140 м<sup>3</sup>/т\*, что соответствует 125–160 кг условного топлива на тонну извести, или 890–1100 ккал/(кг извести). Для каждой печи удельный расход газа определяется практически в зависимости от ее технического состояния и необходимой активности производимой извести.

Увеличение удельного расхода приводит к повышению активности или к завариванию печи. Снижение этого показателя соответственно ведет к уменьшению активности извести.

В первую очередь тепло сгорания газа идет на нагрев известняка, дымовых газов, на компенсацию потерь тепла через кожух и в последнюю очередь на декарбонизацию известняка.

Увеличение удельного расхода газа на 1 м<sup>3</sup>/т приводит к увеличению активности извести примерно на 1%. Однако при резком увеличении расхода газа возможно спекание извести в зоне обжига.

\* Расход дан для газа с низшей теплотой сгорания 33600 кДж/м<sup>3</sup> (8020 ккал/м<sup>3</sup>).

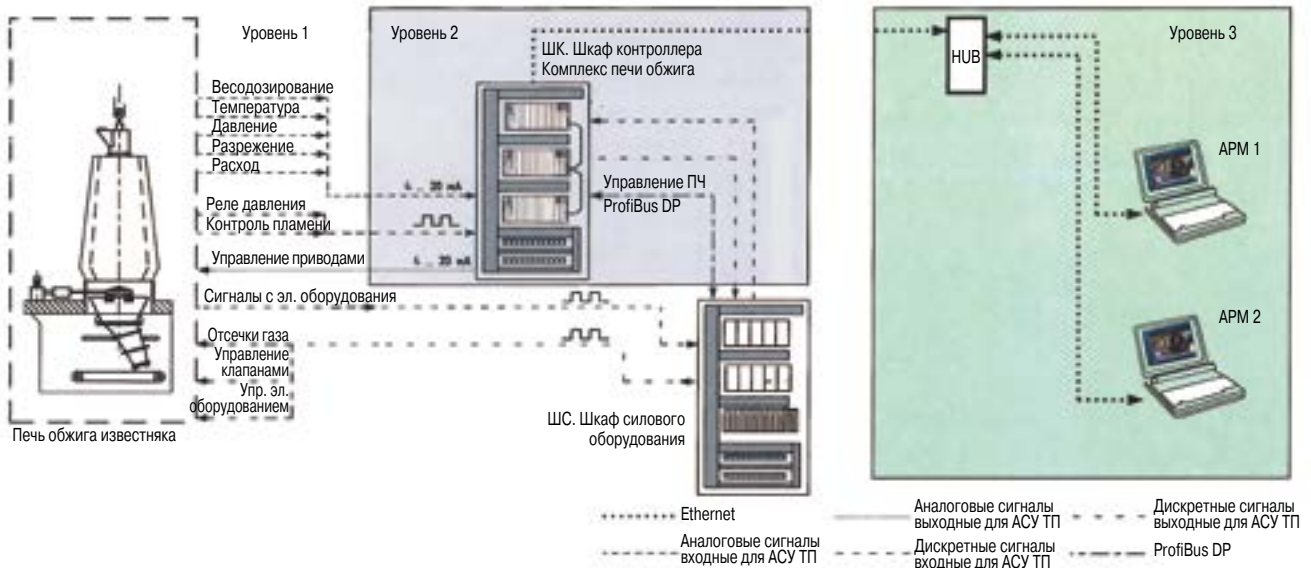


Рис. 1. Структурная схема АСУТП шахтной печи для производства извести

К нарушениям режима обжига могут привести также резкие колебания расхода известняка или извести. Поэтому важно выдерживать стабильный расход газа, известняка и извести на протяжении всего производственного цикла.

Рассмотрим, какие приборы используются для поддержания стабильной работы шахтной печи.

**Расход газа** измеряется ротационными счетчиками RVG или турбинными СГ-16 (рис. 2). Эти счетчики дают точный результат, снабжены корректором, с выхода которого сигнал подается на контроллер. Расход газа на ярусы и центральную горелку допустимо измерять диафрагмой с цифровым дифференциальным манометром.

На практике часто наблюдается, что печь «работает одним боком», т. е. с одной стороны происходит пережог и спекание извести, а с другой – недожог. Поэтому возникает необходимость регулировать расход газа на всех периферийных горелках.

Оптимальным вариантом является установка манометров (тягонапорометров) перед каждой горелкой. Использование счетчиков газа в этом случае нецелесообразно.

**Расход известняка (извести)** измеряется путем взвешивания [4]. Существует несколько способов определения массы известняка в скиповом ковше (рис. 3).

Если позволяет высота, массу известняка определяют в промежуточном бункере, подвешенном на тензодатчиках. Загрузку камня производят до заданной массы. Массу регистрируют, а известняк высыпа-

ют в скиповый ковш, который управляют на загрузку печи.

При отсутствии свободного пространства под основным бункером выполняют разрыв на скиповой дорожке и нижнюю часть скиповой дорожки взвешивают вместе со скиповым ковшом. Кроме того, известняк иногда загружают в скиповый ковш через конвейерные весы.

Выбирается оптимальный способ с учетом пространства под печью и существующих коммуникаций. Взвешивание известняка является обязательным условием проведения процесса обжига в шахтной печи.

Желательным является также взвешивание извести для поддержания оптимального режима работы печи. Взвешивание извести позволяет контролировать скорость прохождения материала в печи, что существенно улучшает условия обжига. В этом случае бункер извести подвешивают на тензодатчиках, которые регистрируют увеличение массы извести в бункере. После наполнения бункера известь быстро из него выгружается и отсчет начинается заново. Для взвешивания бункера используются S-образные датчики. Для взвешивания скипового ковша – датчики типа «весовая балка».

Таким образом, измерение расхода газа и массы загружаемого известняка (выгружаемой извести) позволяет поддерживать постоянным основной параметр, влияющий на качество продукции, – удельный расход газа (или удельный расход тепла на печь).

**Измерение уровня.** При загрузке известняка в печь нужно выдерживать уровень материала +/- 200 мм\*.



Рис. 2. Счетчики газа RVG (а) и СГ-16 (б)

При превышении допустимого уровня возможна поломка загрузочного и распределительного механизмов. При снижении уровня известняка в печи ниже допустимого нарушается тепловой и газодинамический режим работы печи.

Оптимальный вариант – это радарный (микроволновый) уровнемер. Единственный его недостаток – это цена. На рис. 4 изображен бесконтактный микроволновый уровнемер, выдерживающий температуру до 250°C, устойчивый к запыленным дымовым газам в печи.

\* Для печи производительностью 100 т извести в сутки.

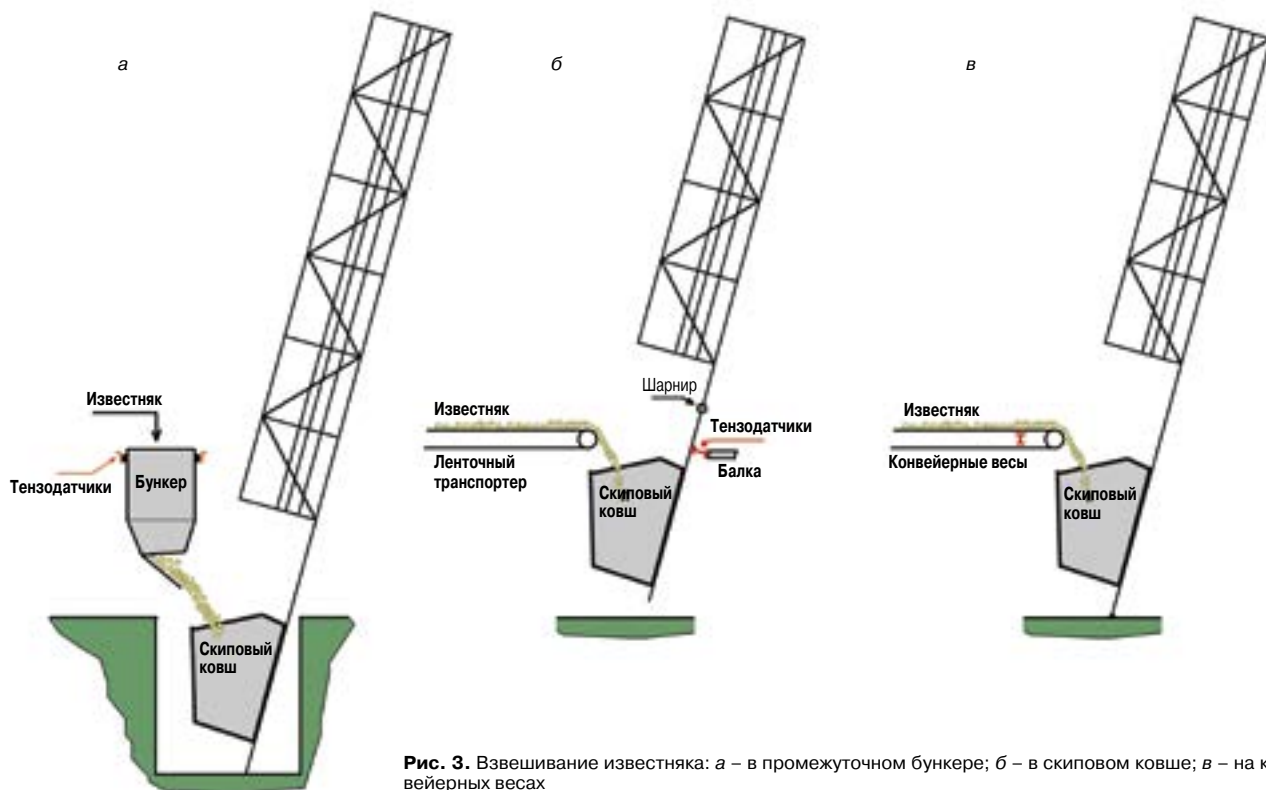


Рис. 3. Взвешивание известняка: а – в промежуточном бункере; б – в скиповом ковше; в – на конвейерных весах

В случае ограничений по бюджету устанавливается механический штанговый уровнемер, который можно изготовить самостоятельно. При каждой загрузке щебня через систему блоков штанга поднимается и снова опускается на слой известняка. Индуктивные датчики сигнализируют максимальный и минимальный уровни.

Для равномерной загрузки известняка в печь реализуется следующий алгоритм. Загрузка осуществляется через равные промежутки времени в соответствии с заданной производительностью. Разгрузка известняка подстраивается под количество загружаемого известняка частотным преобразователем разгрузочного механизма.

В случае снижения уровня ниже заданного система переходит на загрузку по уровню и посылает сигнал для замедления разгрузки. При достижении заданного уровня АСУ возвращается к загрузке по времени. В случае превышения максимального уровня система ускоряет разгрузку.

Если на печи организовано взвешивание извести, то дополнительно реализуется контроль постоянного расхода извести.

**Скиповый подъемник.** Управление электродвигателем лебедки осуществляется частотным преобразователем, который регулирует скорость подъема скипового ковша.

Концевые выключатели, установленные на скиповой дороге, по-



Рис. 4. Бесконтактный микроволновый уровнемер

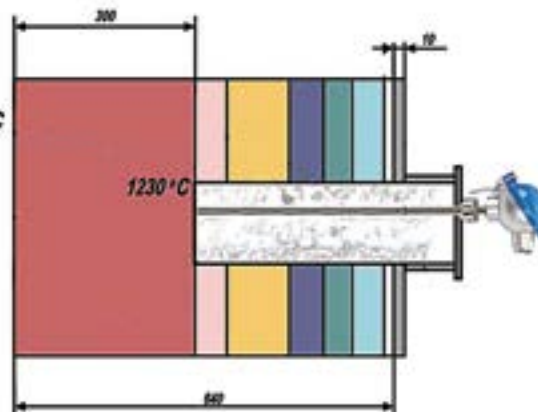


Рис. 5. Установка датчика температуры внутри футеровки

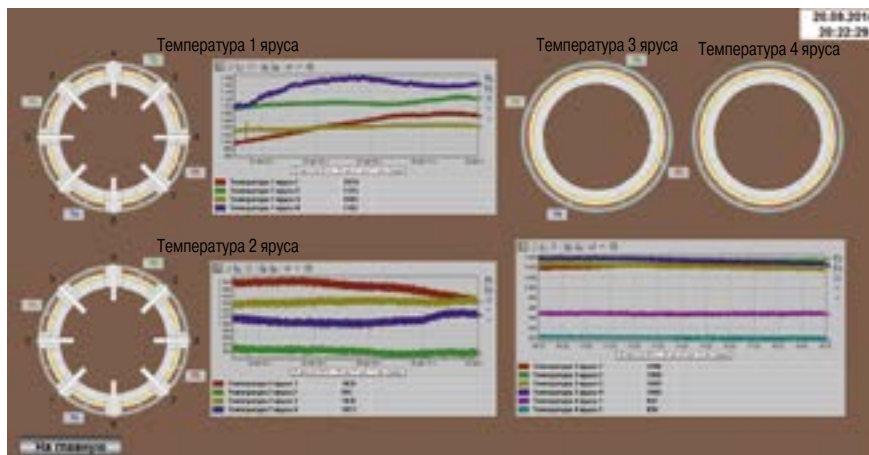


Рис. 6. Графики изменения температуры зоны обжига по периметру печи в течение суток

зволяют быстро разгонять ковш в начальный момент времени и замедлять его движение при подходе к загрузочному механизму.

**Разрежение в печи** измеряют по периметру обечайки. Внутри футеровки устанавливают трубки. Канал в футеровке прорезается насквозь. Важным параметром, влияющим на безопасность работы печи, является разрежение на нижнем ярусе в районе периферийных горелок. При снижении разрежения ниже допустимого уровня АСУ выдает предупреждение и автоматически отключает газ на всех горелочных устройствах. Однако трубки часто засоряются, и возможно ложное срабатывание системы безопасности.

На некоторых печах отбор разрежения производят непосредственно из горелочных ящиков. Такое решение имеет свои недостатки, но трубки не засоряются.

**Состав дымовых газов.** Контроль состава дымовых газов очень важен для настройки оптимального режима обжига, он позволяет минимизировать расход топлива, повысить производительность печи [5].

Оптимальный избыток воздуха на горение газа в печах составляет 20–40%, что соответствует содержанию кислорода в отходящих газах 5–7%. На практике часто наблюдается за-

вышенное содержание кислорода за счет неконтролируемых подсосов воздуха через неплотности кожуха печи. Устранение подсосов позволяет добиться снижения расхода топлива и повышения активности извести.

Высокая стоимость стационарных и портативных газоанализаторов не всегда вписывается в бюджет автоматизации печи.

Тем не менее, контроль состава дымовых газов можно выполнять лабораторными методами. Стоимость лабораторного оборудования и реактивов существенно меньше стоимости промышленного газоанализатора.

Достаточно настроить режим обжига по данным газоанализа один раз и затем время от времени контролировать состав дымовых газов лабораторными методами.

**Расход воздуха** контролируется диафрагмой с дифференциальным манометром на каждый ярус периферийных горелок печи и на центральную горелку. При настройке режима устанавливают расход воздуха несколько меньший, чем необходимо для горения газа, поскольку остальное количество воздуха должно поступать снизу печи через разгрузочное устройство. Герметизация разгрузочного устройства и контролируемая подача воздуха в нижнюю

часть печи позволяют добиться полного сгорания топлива и создать оптимальный тепловой режим в зоне обжига.

**Датчики температуры.** Температура дымовых газов регистрируется термометрами сопротивления. Температура извести на выгрузке измеряется пирометрами.

Для измерения температуры внутри печи устанавливают датчики температуры внутри футеровки, как показано на рис. 5. Поскольку невозможно ввести рабочую часть термодатчика непосредственно в движущийся слой обжигаемого материала, температуру измеряют в футеровке печи датчиком, который касается своим концом внутренней поверхности магнезитового кирпича футеровки. По уравнению теплопроводности для слоя магнезита рассчитывается температура в печи.

Следует отметить, что температура по сечению печи может быть очень неравномерной. На рис. 6 даны графики изменения температуры в зоне обжига. Как видно из рисунка, в начальный момент времени разница температуры на разных сторонах по периметру печи составляла более 200°C, причем на одной стороне печи температура была 860–900°C, при которой скорость обжига практически равна нулю. За сутки за счет перерас-

# ООО «КИАНИТ»

Тел.: (812) 947-04-58 E-mail: anest126@mail.ru  
www.kianit.ru www.processes-apparates.ru  
Россия, Санкт-Петербург,  
пр. Юрия Гагарина, 1, оф. 642

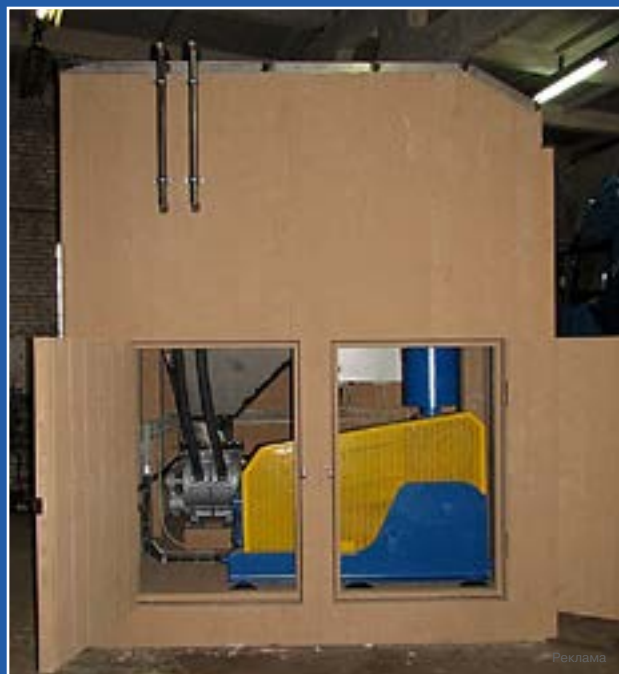
Реклама

## Мобильный пневмотранспортер для перемещения сыпучих материалов (известь, цемент, минеральные соли):

- изготовление пневмотранспортера;
- доставка на объект и пуск;

### Характеристики:

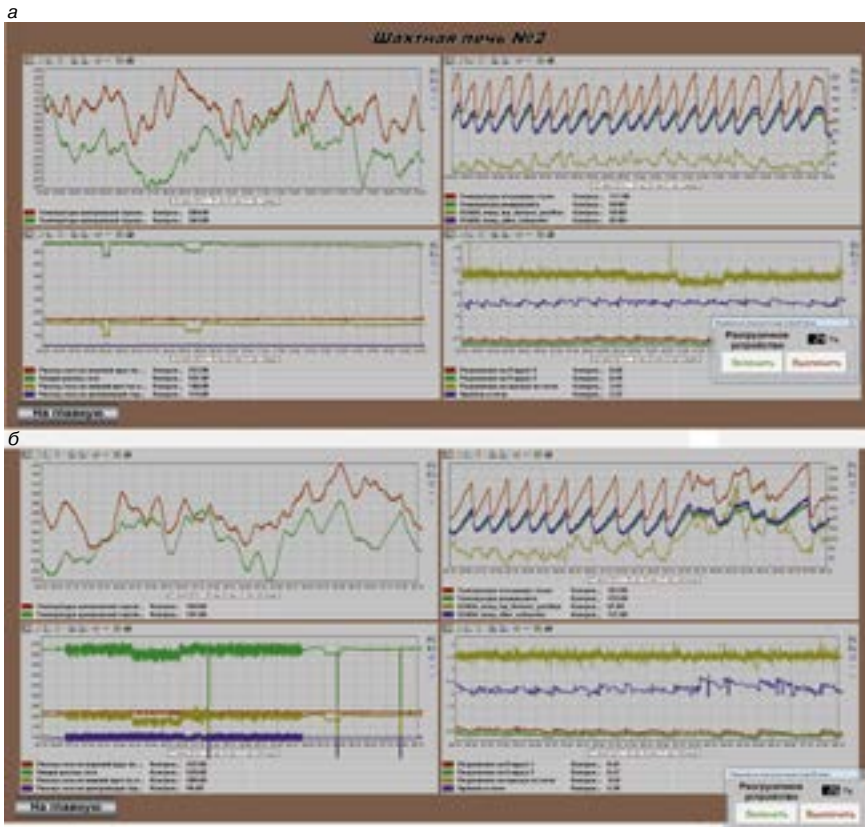
- производительность 10–50 т/ч
- высота подъема 10–30 м
- длина пневмотрассы 50–100 м
- масса аппарата 3–6 т



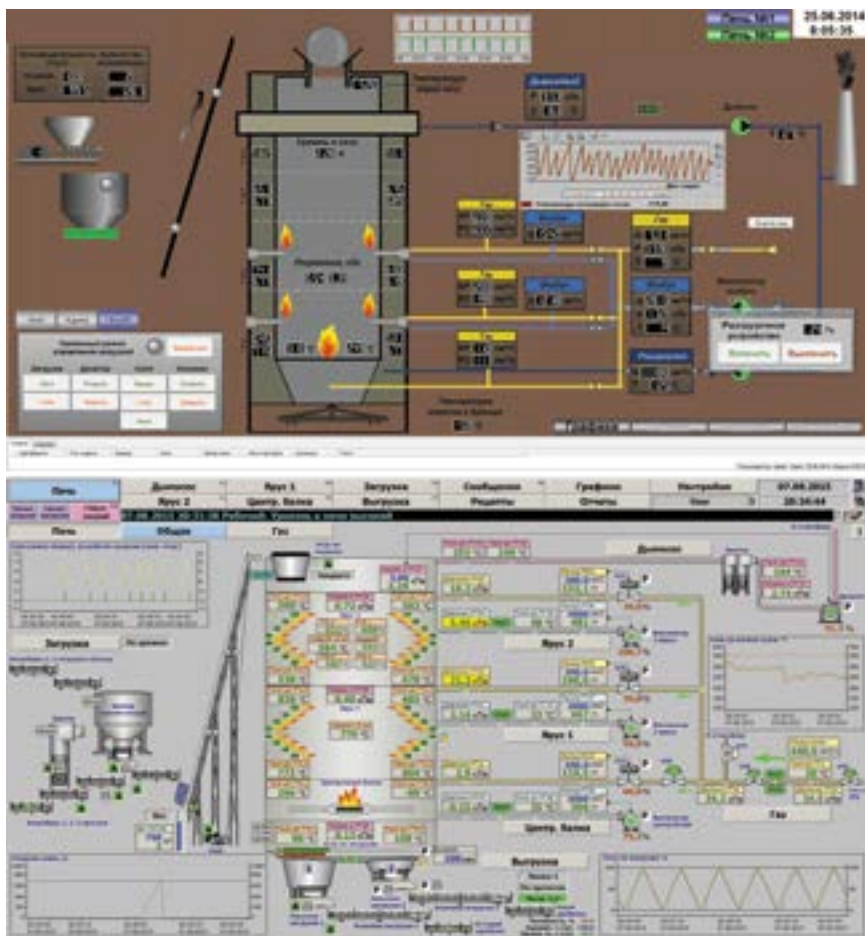
Реклама

**Основные аварийные ситуации на шахтной печи производительностью 100 т/сут**

Контролируемый параметр	Допустимые пределы	Предупреждение при превышении (понижении) значения	Отключение при превышении (понижении) значения
<b>Расход газа, нм<sup>3</sup>/ч*</b>			
Общий расход	0–1000	Нет	Нет
Верхний (2-й) ярус	0–400	Нет	Нет
Нижний (1-й) ярус	0–400	Нет	Нет
Центральная горелка	0–400	Нет	Нет
<b>Давление газа, кПа</b>			
На шахтной печи	10–100	Предупреждение	Нет
На нижнем ярусе	10–100	Предупреждение	Нет
На верхнем ярусе	10–100	Предупреждение	Нет
На центральной горелке	10–100	Предупреждение	Нет
<b>Расход воздуха, нм<sup>3</sup>/ч</b>			
На 1-й ярус	600–4000	Предупреждение при расходе ниже/выше допустимого	Предупреждение при расходе выше допустимого
На 2-й ярус	600–4000		
На центральную горелку	600–4000		
<b>Разрежение, кПа</b>			
В зоне нижнего яруса	0,1–0,3	Предупреждение при разрежении ниже допустимого	Отсечение газа при разрежении ниже допустимого
В зоне верхнего яруса	0,3–0,6	Предупреждение при разрежении ниже допустимого	Отсечение газа при разрежении допустимого
В дымоотводе на выходе из печи	0,8–4	Предупреждение при разрежении ниже или выше допустимого	Отсечение газа при остановке дымососа
<b>Температура, °С</b>			
В футеровке 1-го яруса	1050–1250	Предупреждение при температуре выше допустимой	Нет
В футеровке 2-го яруса			
На центральной горелке	220–370	Предупреждение при температуре выше допустимой	Отсечение газа при температуре выше допустимой
Верх печи	50–500	Предупреждение при температуре выше 200°С	Нет
Отходящие газы	150–350	Предупреждение при температуре выше 350°С	Нет
На дымососе	50–350	Предупреждение при температуре выше допустимой	Отсечение газа при температуре выше допустимой
Извести в бункере	50–200	Предупреждение при температуре выше 200°С	Нет
<b>Расход известняка, 1/ч</b>			
Количество ковшей	6–10	Предупреждение, если известняк не грузится в печь более 20 мин	Отсечение газа, если известняк не грузится в печь более 30 мин
Загрузка скипового ковша		Предупреждение, если скиповый ковш не загружен	Звуковой сигнал и остановка скипа, если пустой ковш пошел вверх
<b>Уровень, м</b>			
Уровень известняка в печи (от верхней крышки)	1,8–3	Предупреждение, если значение уровня меньше/больше допустимого	<b>Меньше 1,8 м:</b> прекращается подъем скипового ковша на загрузку. <b>Больше 3 м:</b> загрузка происходит постоянно до достижения заданного уровня
* нм <sup>3</sup> /ч – расход, приведенный к нормальным условиям (0°С, 760 мм рт. ст.).			



**Рис. 7.** Графики изменения режимных параметров шахтной печи: а – штатный режим работы; б – аварийный режим работы



**Рис. 8.** Экраны мониторов для печей производительностью 100 и 150 т/сут

пределения расхода газа по периферийным горелкам удалось несколько выровнять температуру по сечению печи и поднять среднюю температуру обжига.

Очень важную информацию о режиме обжига дает температура удаляемых из печи дымовых газов.

Установка частотного преобразователя на электродвигатель дымососа позволяет изменять высоту и положение зоны обжига в шахте печи, а приборы контроля дают возможность отрегулировать оптимальный режим.

При увеличении частоты вращения рабочего колеса дымососа зона обжига растягивается и поднимается вверх. Это повышает качество обжига, однако приводит к некоторому повышению температуры отходящих газов.

При уменьшении частоты вращения рабочего колеса дымососа температура дымовых газов уменьшается, зона обжига опускается вниз. Однако снижение разрежения на дымососе может привести к повышению температуры выгружаемой извести и нарушить тепловой режим центральной горелки.

По графикам изменения температуры дымовых газов можно судить о режиме обжига известняка. Стабильный режим работы печи показан на рис. 7, а. Режим характеризуется постоянным расходом газа, равномерной загрузкой материала, стабильным разрежением в печи. Температура дымовых газов имеет вид равномерных подъемов и спадов, что характеризует хорошую осадку печи: через равные промежутки времени (20–30 мин) слой известняка резко опускается («сидится»). Резкое перемещение слоя вниз приводит к обновлению поверхности контакта обжигаемого известняка с газами, и температура дымовых газов резко падает.

Однако сбои в подаче газа или известняка могут привести к зависанию материала в печи и затем к лавинообразному его спеканию («козлению» печи). На рис. 7, б видно, что в некоторый момент в результате сбоя в подаче материала температура дымовых газов начала расти и осадка печи прекратилась. Своевременное вмешательство оператора позволило вернуть режим в стабильное состояние.

**Рабочее место оператора** располагается в отдельном помещении и позволяет управлять печами, отображая информацию о технологических параметрах в реальном масштабе времени на экране монитора. Оператор задает производительность, расход газа, воздуха и другие режимные параметры печи.



На экране компьютера отображается вся информация о работе печи, а также предупреждения, подсказки. На рис. 8 показаны экраны мониторов для печей производительностью 100 и 150 т/сут соответственно.

Обычно на экран помимо основной схемы можно вывести информацию о работе отдельных механизмов печи (горелки, загрузка, выгрузка), а также графики (тренды), таблицы, список аварий и др.

Рассмотренные выше технические решения реализованы на Угловском известковом комбинате

[6] и на Борском силикатном заводе в 2014–2016 гг. АСУТП ШП позволила повысить качество извести и обеспечить стабильность работы шахтных печей.

Таким образом, приборы автоматики обеспечивают безопасность работы шахтной печи, а также позволяют оперативно вмешиваться в процесс обжига с целью получения извести высокого качества с низкими затратами топлива.

Архивация данных позволяет поднять всю историю работы печи и оценить действия оператора в аварийных ситуациях.

Система автоматики обеспечивает надежную безопасность работы печи и поддерживает стабильные параметры режима. В таблице дан перечень аварийных ситуаций, при которых срабатывает система автоматики.

Колебания качества сырья, отказ оборудования не позволяют полностью исключить человеческий фактор из схемы управления печью. Однако АСУТП ШП дает возможность максимально оперативно откликаться на изменение условий обжига и стабильно получать продукцию высокого качества.

#### Список литературы

1. Монастырев А.В. Производство извести. М.: Высшая школа, 1971. 272 с.
2. Ключев А.С., Глазов Б.В., Дубровский А.Х., Ключев А.А. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. М.: Энергоатомиздат, 1990. 464 с.
3. Системы автоматического управления на основе программных логических контроллеров. *Шнайдер Электрик*. 2008. Вып. 16. 81 с.
4. Монастырев А.В., Галиахметов Р.Ф. Печи для производства извести. Воронеж: Истоки, 2011. 392 с.
5. Нестеров А.В., Датукашвили Д.О. Производство кальциевой извести в России // *Строительные материалы*. 2017. № 3. С. 52–60.
6. Нестеров А.В., Батышев Д.З. Новая жизнь шахтных печей // *Строительные материалы*. 2015. № 3. С. 49–52.

#### References

1. Monastirev A.V. *Proizvodstvo izvesti* [Production of lime]. Moscow: Vysshaya shkola. 1971. 272 p.
2. Klyuev A.S., Glazov B.V., Dubrovskiy A.H., Klyuev A.A. *Proektirovanie sistem avtomatizatsii tekhnologicheskikh protsessov* [Projection of systems of automation of technological processes]. Moscow: Energoatomizdat. 1990. 464 p.
3. The systems of automatic control on the basis of program logical controllers. *Shneider Elektrik*. 2008. Issue 16. 81 p.
4. Monastirev A.V., Galiakhmetov R.F. *Pechi dlya proizvodstva izvesti* [Kilns for production of lime]. Voronezh: Istoki. 2011. 392 p.
5. Nesterov A.N., Datukashvili D.O. Production of high-calcium lime in Russia. *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials]. 2017. No. 3, pp. 52–59. (In Russian).
6. Nesterov A.V., Batychev D.Z. A New Life of Shaft Kilns. *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials]. 2015. No. 3, pp. 49–52. (In Russian).



## ПЕРВАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ по сухим строительным смесям для стран Азиатского региона

Узбекистан, г. Самарканд, Отель «Регистан Плаза», 26 – 27 апреля 2018 года

BaltiMix ASIA проводится в рамках деловой программы первой российско-узбекской промышленной выставки «EXPO-RUSSIA UZBEKISTAN 2018»

25 апреля - Ташкентская сессия, круглый стол по промышленности строительно-отделочных материалов.



#### ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦИИ:

- Рынки сухих смесей и гипсовых материалов Казахстана, Азербайджана и стран Средней Азии: общие черты и специфические особенности.
- Использование модифицирующих химических добавок для оптимизации рецептур ССС: удешевление материалов без потери качества.
- Применение специальной техники для механизации строительных работ: стабильное качество, высокая скорость, экономия ресурсов.
- Внедрение высокотехнологичных решений на заводах ССС.
- Сухие строительные смеси для ремонта и огнезащиты строительных конструкций.
- Передовые технологии фасовки, паллетирования и упаковки ССС.

По всем вопросам, связанным с участием в конференции, обращайтесь:  
Мария Суслова (прием заявок на участие в конференции, реклама), [msuslova@baltimix.ru](mailto:msuslova@baltimix.ru)  
Евгений Беляев (прием на рассмотрение докладов), [ebelyaev@baltimix.ru](mailto:ebelyaev@baltimix.ru)  
Тел./факс: +7 (812) 703-10-19  
[www.baltimix.ru](http://www.baltimix.ru), [www.baltimix-tour.ru](http://www.baltimix-tour.ru)

УДК 678.047

С.В. ДУГУЕВ, канд. техн. наук, В.Б. ИВАНОВА, канд. техн. наук, К.Ж. САТВАЛДИНОВ, технолог  
 ООО «Би.Эл.Спектр» (108822, г. Москва, Рязановское поселение, п. Ерино, 10)

## Номенклатура и динамика продаж пигментов БЭС на рынке строительных материалов

Мировой рынок пигментов по типам разделен на неорганические, органические пигменты и др., которые в дальнейшем сегментированы на подтипы. В 2015 г. на неорганический сегмент приходилась наибольшая доля пигментов. Основными факторами роста потребления неорганических цветных пигментов являются рост урбанизации, развитие новых областей применения красок и покрытий, строительных материалов и пластмасс. Рынок пигментов, как ожидается, в основном будет расти. Такой вывод сделан на основании детального анализа состояния ПСМ с 2005 г. и динамики продаж пигментов.

**Ключевые слова:** пигменты, сухие водоразбавляемые самодиспергирующиеся краски.

**Для цитирования:** Дугуев С.В., Иванова В.Б., К.Ж. Сатвалдинов. Номенклатура и динамика продаж пигментов БЭС на рынке строительных материалов // *Строительные материалы*. 2017. № 12. С. 48–50.

S.V. DUGUEV, Candidate of Sciences (Engineering), V.B. IVANOVA, Candidate of Sciences (Engineering), K.Zh. SATVALDINOV, Technologist  
 ООО «Би.Эл.Спектр» (10, Erino village, Ryazanovskoye Settlement, 142102, Moscow, Russian Federation)

### Nomenclature and Dynamics of Sales of BES Pigments at Building Materials Market

The world market of pigments is separated by types for inorganic, organic pigments etc. which further are segmented for subtypes. In 2015 the inorganic segment was accounted for the largest share of pigments. Main factors of the growth of inorganic color pigments consumption are the growth of urbanization, development of new fields of application of paints and coatings, building materials and plastics. As expected, the market of pigments will mainly grow. This conclusion was made on the basis of a detailed analysis of industry of construction materials since 2005 and the dynamics of pigments sales.

**Keywords:** pigments, water soluble self-dispersing paints.

**For citation:** Duguev S.V., Ivanova V.B., Satvaldinov K.Zh. Nomenclature and dynamics of sales of bes pigments at building materials market. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 12, pp. 48–50. (In Russian).

Мировой рынок пигментов по типам разделен на неорганические, органические пигменты и др., которые в дальнейшем сегментированы на подтипы. В 2015 г. на неорганический сегмент приходилась наибольшая доля пигментов. Основными факторами роста потребления неорганических цветных пигментов являются рост урбанизации, развитие новых областей применения красок и покрытий, строительных материалов и пластмасс. Рынок пигментов, как ожидается, в основном будет расти.

Согласно маркетинговому исследованию компании P&S MARKET RESEARCH «Глобальный пигментный рынок 2016–2022 гг.» к 2018 г. мировой рынок пигментов по прогнозам достигнет 4,4 млн т (14,7 млрд USD), прирастая в среднем на 4,5% в год. Российский импорт пигментов составляет 35 млн USD, среднегодовой темп роста 17%. Доля импорта на рынке пигментов России превышает 80%.

Продукцией ООО «Би.Эл.Спектр» являются пигменты органоминеральные, железоксидные [1] и сухие водоразбавляемые самодиспергирующиеся краски для наружных и внутренних отделочных работ [2], которые можно рассматривать в качестве модифицированных пигментов.

Эти материалы и технология их получения были разработаны при изучении процессов тонкого измельчения твердых материалов, механической активации и твердофазного синтеза.

Технической основой для проведения работ в области тонкого и сверхтонкого измельчения служит скоростная измельчительная техника. Малогабаритная и быстроходная с большой частотой воздействия на измельчаемый материал и высокой концентрацией энергии в единице рабочего объема, работающая как в ударном, так и в истирающем режиме, эта техника позволяет исследовать и использовать на практике эффекты, обусловленные сверхтонким измельчением веществ. Работы проводились на оборудовании, разрабо-

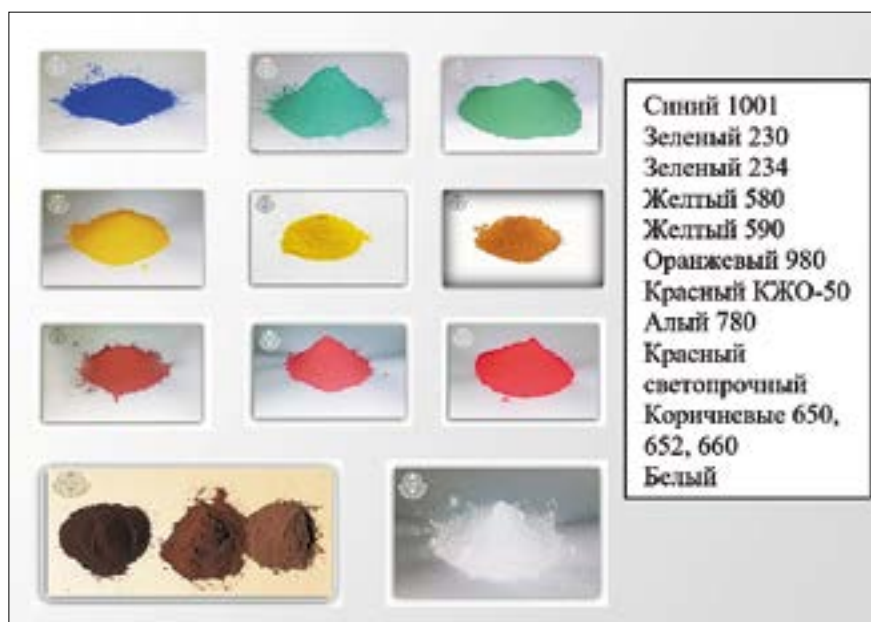


Рис. 1. Пигменты БЭС ТУ2322-001-53932850-01



Рис. 2. География поставок пигментов БЭС

танном и созданном в Институте химии твердого тела и механохимии ИХТТМ СО РАН.

Анализ продаж позволяет понять тенденции, характеризующие деятельность предприятия на определенной стадии или за определенный период, определить уровень продаж (их рост или спад). Проведение анализа необходимо для выявления групп товаров, которым следует уделить дополнительное внимание для их продвижения на рынке сбыта или, наоборот, выявить наиболее перспективные виды продукции. Такая работа нужна для принятия правильных решений с точки зрения менеджмента предприятия в целом.

Всю выпускаемую продукцию фирма «Би.Эл. Спектр» производит с 2004 г., хотя с 2000 г. на рынок стали выводить пробные экспериментальные и опытно-промышленные партии пигментов.

В процессе поисковых работ дорабатывали рецептуры продуктов, режимы обработки в мельницах-механоактиваторах и окончательно определились с цветовой гаммой, предложенной в итоге потребителям.

Концепция выхода на рынок сырьевых материалов предполагала два пути:

- предложение потребителям аналогов традиционных пигментов по более низкой цене, что и является одной из особенностей нашей технологии;
- предложение продуктов новой цветовой гаммы, не имеющей аналогов на сырьевом рынке.

В результате первый путь концепции себя не оправдал, так как не вызвал интереса потребителей, и было

принято решение реализовать второй путь. Первой продажей стала небольшая партия изумрудно-зеленого пигмента (пигмент зеленый 230), который выпускается до настоящего времени. Впоследствии номенклатура пигментов расширилась (рис. 1).

Постоянными регионами поставок пигментов БЭС являются почти вся территория РФ, Республика Беларусь, Казахстан (рис. 2).

Динамика продаж продукции представлена на рис. 3. При заметном общем росте объемов производства и продаж наблюдаются периоды подъемов и спадов, обусловленных нестабильностью и несбалансированностью отечественной экономики.

2005 год – цементный кризис в России. Образовался дефицит цемента, начался завоз цемента из Белоруссии и Турции, подскочили цены. В результате в 2005 г. компанией потеряны практически все мелкие потребители, которые составляли

примерно 30% от общего числа покупателей пигментов. Отсюда закономерный спад продаж.

Во время экономического кризиса 2008–2009 гг. компанией сдержан рост цен на пигменты, что стало весьма привлекательно для многих потребителей на фоне подорожания импортных продуктов. Далее, поскольку цены на сырье продолжали неуклонно расти, ООО «Би.Эл.Спектр» было вынуждено поднимать стоимость своих продуктов, что, возможно, вызвало спад 2011–2013 гг. Кризис 2014 г., который продолжается по настоящее время, опять вызвал резкое подорожание сырья и импортных аналогов.

Тем не менее темпы роста стоимости пигментов БЭС были существенно ниже темпов роста на аналогичные продукты (рис. 4). Для примера приведены диаграммы роста цен на пигмент голубой фталоцианиновый (сырье для синего 1001БЭС) и один из самых популярных пигментов нашего производства – синий 1001БЭС. Аналогичная картина наблюдается и для других цветов.

По мере развития и расширения производства и продаж начала возрождаться первая тенденция выхода на рынок, а именно создание аналогов существующих традиционных пигментов. Как правило, это касается дорогих материалов, по отношению к которым необходимо создать более дешевый пигмент, сохранив цветовые характеристики и по возможности физико-химические показатели. Например, таким пигментом является красный светопрочный пигмент (КСВ). Основной пигмент и его аналог имеют 4-кратную разницу в цене.

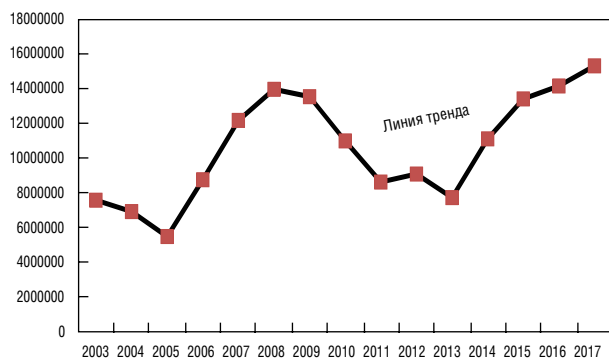


Рис. 3. Динамика продаж пигментов БЭС в 2003–2017 гг.

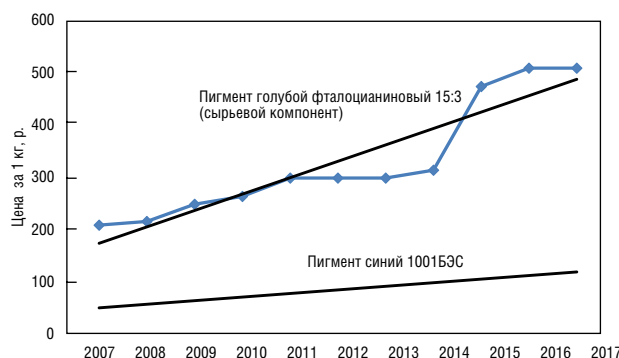
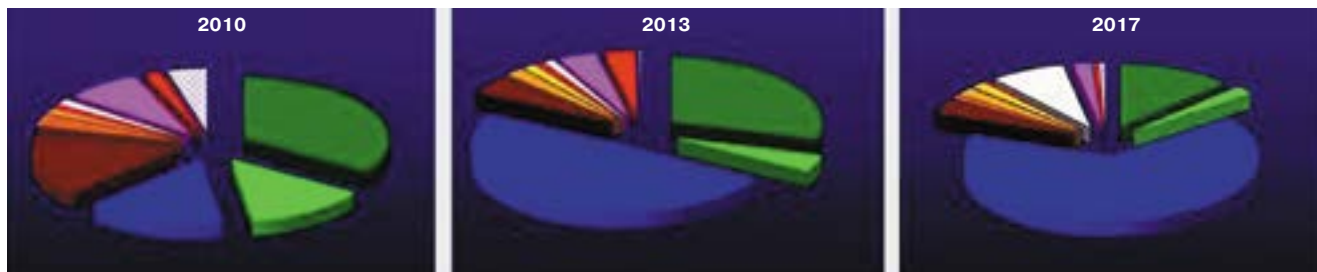


Рис. 4. Динамика изменения цен на голубой фталоцианиновый пигмент и синий 1001



**Рис. 5.** Изменение объемов продаж пигмента синего 1001 БЭС

Наряду с этим компания постоянно занимается совершенствованием рецептур наиболее популярных среди потребителей видов продукции. В последние пять лет заметно повышается спрос на синий пигмент 1001 БЭС (рис. 5).

Чтобы сохранить эту тенденцию, продолжена работа по оптимизации рецептурного состава этого пигмента и получено существенное повышение насыщенности цвета. В настоящее время ведутся работы по стабилизации полученного эффекта и исследуются физико-химические характеристики нового продукта. Выросла доля продаж белого пигмента в связи с дефицитом диоксида титана. Доля железистых пигментов (красного, желтого, коричневого) уменьшилась на фоне роста синего пигмента. Это связано с высокой конкуренцией в этом сегменте. Кроме традиционных китайских и чешских пигментов появились красный железистый пигмент производства ЗАО «Крымский титан», узбекский желтый железистый пигмент. Прежний лидер продаж БЭС – пигмент зеленый 234 – существенно сдал свои позиции, и в настоящее время ведутся работы по оптимизации его рецептуры для повышения атмосферостойкости и других физико-химических характеристик.

В целом продажи пигментов БЭС показывают устойчивый рост за 2003–2017 гг. благодаря тому, что изготавливаются по гибкой оригинальной технологии, позволяющей оперативно реагировать на изменения рыночной ситуации и конъюнктуры.

**Список литературы**

1. Патент РФ 2175338. Способ получения органоминеральных пигментов / Дугуев С.В., Иванова В.Б. Заявл. 05.05.1999. Оpubл. 27.10.2001.
2. Патент РФ 2147594. Способ получения порошкообразной краски / Дугуев С.В., Иванова В.Б. Заявл. 25.11.1998. Оpubл. 10.04.2000.

**References**

1. Patent RF 2175338. Sposob polucheniya organomineral'nykh pigmentov [Way of receiving organomineralnykh of pigments]. Duguev S.V., Ivanova V.B. Declared 05.05.1999. Published 27.10.2001. (In Russian).
2. Patent RF 2147594. Sposob polucheniya poroshkoobraznoi kraski [Way of receiving powdery paint]. Duguev S.V., Ivanova V.B. Declared 25.11.1998. Published 10.04.2000. (In Russian).

**ООО «Би. Эл. Спектр»**  
 Тел. : (495) 984-64-29, 984-64-30  
 М. т.: +7 (903) 746-9663  
[www.bs pigment.ru](http://www.bs pigment.ru)

**ПИГМЕНТЫ «АКВАМИКС»** для бетонов, красок, ССС, силикатного кирпича порошкообразная водоразбавляемая самодиспергирующая краска



**V международная конференция «РОССИЙСКИЕ ДНИ ССС – МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ СИМПОЗИУМ ПО ССС»**

**Москва**

**30 января 2018 г.**

**ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦИИ:**

Особое внимание на РОССИЙСКИХ ДНЯХ ССС будет уделено современным технологическим решениям в производстве ССС, применению инновационных материалов строительной химии, эффективности строительства, энергосбережению, экологическим аспектам. Темы будут охватывать самые последние разработки, касающиеся ССС, принимая во внимание:

**ОРГАНИЗАТОРЫ:**

- Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)
- Международное сообщество ССС (Drymix.info)
- Российская гипсовая Ассоциация (РГА)
- Рекламно-издательское агентство «КВИНТЕТ»

**КОНФЕРЕНЦИЯ ПРОВОДИТСЯ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:**

- Комитета по науке и инновациям Российского союза строителей
- Союза производителей сухих строительных смесей (СПССС)
- Технологической платформы «Строительство и архитектура»

Материалы докладов для конференции принимаются до **15 декабря 2017 г.**

Информационная поддержка – журнал «Строительные материалы»®

**Москва, Ярославское шоссе, 26, МГСУ, e-mail: msuslova@baltimix.ru**

VIII Международная научно-практическая конференция  
«InterConPan: от КПД к каркасно-панельному домостроению»

# InterConPan–2018

International Conference of Large-panel Construction

17–19 апреля 2018 г. / April 17–19, 2018

Воронеж / Voronezh

## ТЕМАТИКА:

- Модернизация предприятий КПД
- Оборудование и технологии
- Современные бетоны, добавки и пигменты
- Архитектурно-планировочные решения
- Качество и энергоэффективность промышленных зданий
- Расчет и конструирование узлов сборных элементов
- Новые решения фасадов
- Опыт строительства крупнопанельного жилья
- BIM технологии в сборном домостроении

## ПРОГРАММА:

- 17 апреля** 1) пленарное заседание  
2) выездная сессия:  
АО «ДСК». ООО «СовТехДом»
- 18 апреля** Научно-практическая конференция.  
Секции: «Архитектура и особенности проектных  
решений крупнопанельных зданий»;  
«Гибкая технология предприятий ДСК и КПД»
- 19 апреля** выездная сессия: жилые комплексы  
«Московский квартал», «Современник»  
(Воронеж)

Генеральный спонсор:

**KERAMA MARAZZI**

Постоянный спонсор:

**PROGRESS GROUP**

Постоянный партнер:

**ALLBAU**  
software

Партнеры:

**WV WECKENMANN** **TeKa** **EVG**

при содействии:

**ANTON OHLERT**

Поддержка:



Воронежский государственный  
технический университет

К проведению конференции готовятся тематические номера журналов

«Жилищное строительство» № 3-2018 г. и «Строительные материалы»® № 3-2018 г.,

в которых будут опубликованы основные пленарные и секционные доклады. Представление докладов в виде статей до 15.02.2018 г.

**Электронная заявка: [www.interconpan.ru](http://www.interconpan.ru)**

**Организационный комитет:**

Телефон/факс: +7 (499) 976-20-36, 976-22-08

[kpd-conf@mail.ru](mailto:kpd-conf@mail.ru); [mail@rifsm.ru](mailto:mail@rifsm.ru) [www.rifsm.ru](http://www.rifsm.ru)

Адрес для корреспонденции: 127434, Москва, Дмитровское ш., д. 9, стр. 3, оф. 407 редакция журнала «Жилищное строительство»

С.В. ФЕДОСОВ, д-р техн. наук, академик РААСН,  
В.Е. РУМЯНЦЕВА, д-р техн. наук, советник РААСН (varrym@gmail.com),  
И.В. КРАСИЛЬНИКОВ, канд. техн. наук (korasb@mail.ru), С.А. ЛОГИНОВА, инженер  
Ивановский государственный политехнический университет (153037, г. Иваново, ул. 8 Марта, 20)

## Исследование влияния процессов массопереноса на надежность и долговечность железобетонных конструкций, эксплуатируемых в жидких агрессивных средах

Продемонстрированы возможности разработанной физико-математической модели массопереноса в процессах коррозии первого вида цементных бетонов в системе жидкость – резервуар при наличии внутреннего источника массы в твердой фазе. Показано, как с помощью предлагаемой модели можно рассчитывать профили концентраций свободного гидроксида кальция по толщине бетонной и железобетонной конструкции в любой момент времени, а также определять содержание растворенного гидроксида кальция в жидкой фазе, что в совокупности позволит осуществлять мониторинг процесса массопереноса при коррозии первого вида цементных бетонов. Проведенный численный эксперимент показывает, как влияют массообменные критерии подобия (Фурье, Био, Померанцева) на интенсивность процесса коррозионного взаимодействия динамики и кинетики в широком диапазоне параметров. Кроме того, описано конструктивное решение монолитного железобетонного резервуара для пожаротушения. Представлены результаты расчета безразмерных концентраций гидроксида кальция по толщине стенки резервуара в виде графических зависимостей, которые позволяют устанавливать срок службы резервуара.

**Ключевые слова:** цементный бетон, железобетонный резервуар, массоперенос, коррозия, концентрация гидроксида кальция, математическое моделирование, динамика и кинетика процесса.

**Для цитирования:** Федосов С.В., Румянцова В.Е., Красильников И.В., Логинова С.А. Исследование влияния процессов массопереноса на надежность и долговечность железобетонных конструкций, эксплуатируемых в жидких агрессивных средах // *Строительные материалы*. 2017. № 12. С. 52–57.

S.V. FEDOSOV, Doctor of Sciences (Engineering), Academician of RAACS,  
V.E. RUMYANTSEVA, Doctor of Sciences (Engineering), Adviser of RAACS (varrym@gmail.com),  
I.V. KRASILNIKOV, Candidate of Sciences (Engineering) (korasb@mail.ru), S.A. LOGINOVA, Engineer  
Ivanovo State Polytechnical University (20, 8 Marta Street, Ivanovo, 153037, Russian Federation)

### Study of Effect of Mass Transfer Processes on Reliability and Durability of Reinforced Concrete Structures Operating in Liquid Aggressive Media

Capabilities of the developed physical-mathematical model of mass transfer in processes of the first type corrosion of cement blocks in the liquid-reservoir system in the presence of an internal source of mass in the solid phase are demonstrated. It is shown, as using the proposed model, it is possible to calculate profiles of concentrations of the free calcium hydroxide through the thickness of a concrete or reinforced concrete structure at any moment of time as well as to determine the content of solved calcium hydroxide in the liquid phase that, in the aggregate, makes it possible to monitor the process of mass transfer at the first type corrosion of concrete blocks. The conducted numerical experiment shows as similarity criteria (Fourier, Bio, Pomerantsev) influence on the intensity of the process of corrosion interaction of dynamics and kinetics within the wide range of parameters. In addition, the structural solution of a monolithic reinforced concrete reservoir for fire extinction is described. Results of the calculation of dimensionless concentrations of calcium hydroxide according to the thickness of the reservoir in the form of graphical dependences which make it possible to determine the service time of the tank are presented.

**Keywords:** cement block, reinforced concrete tank, mass transfer, corrosion, calcium hydroxide concentration, mathematical simulation, dynamics and kinetics of process.

**For citation:** Fedosov S.V., Rummyantseva V.E., Krasilnikov I.V., Loginova S.A. Study of effect of mass transfer processes on reliability and durability of reinforced concrete structures operating in liquid aggressive media. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 12, pp. 52–57. (In Russian).

Прогнозирование долговечности конструкции – весьма сложный аналитический процесс, требующий многообразных системных знаний ряда наук: физической химии, электрохимии, термодинамики, теории и кинетики гетерогенных химических процессов, массопереноса в капиллярно-пористых телах.

В течение многолетних исследований процессов коррозии бетонных и железобетонных конструкций отечественными и зарубежными учеными достигнуты большие успехи: сформулирована классификация процессов коррозии в бетоне, установлены принципиальные схемы жидкостной коррозии и ее этапы; разработаны способы первичной и вторичной защиты бетона и железобетона от коррозии; на базе эмпирических и феноменологических уравнений разработан ряд математических моделей, позволяющих прогнозировать долго-

вечность конструкций; накоплена большая экспериментальная база, которая помогает понять физику происходящего процесса деструкции цементного бетона при воздействии на него агрессивной окружающей среды и дает возможность определять основные параметры процесса, необходимые для проведения математического моделирования [1–4].

Ранее нашей научной школой были опубликованы работы по теоретическому исследованию процессов массопереноса при коррозии первого вида цементных бетонов, описывающих процесс на начальной стадии [5], учитывающих наличие внутреннего источника массы свободного гидроксида кальция [6] и нелинейность кривой равновесия [7]. Приведенные в работах [5–7] математические модели основаны на теории массопереноса академика А.В. Лыкова [8].

Коррозия цементных бетонов обусловлена диффузией свободного гидроксида кальция, находящегося в порах бетона, из объема цементного камня к его поверхности, граничащей с агрессивной средой, и дальнейшим переходом вещества через границу раздела фаз твердое тело (бетон) – агрессивная среда (жидкость). Ввиду того, что все минералы цементного камня существуют только в насыщенных или близких к ним растворах гидроксида кальция, уменьшение содержания которого в порах бетона в результате массообменных процессов вызывает изменение фазового и термодинамического равновесия в теле бетона, приводит к разложению высокоосновных соединений цементного камня и, как следствие, к ухудшению механических свойств бетона (снижению прочности, модуля упругости и т. д.) [1]. Оценить влияние тех или иных параметров эксплуатации конструкции на ее долговечность позволяют математические модели и проведенные на их основе численные эксперименты.

Целью данной работы является представление результатов численного эксперимента, проводимого по разработанной авторами математической модели массопереноса в замкнутой системе жидкость – резервуар для процессов коррозии первого вида при наличии внутреннего источника массы – свободного гидроксида кальция в теле бетона.

Математически задача массопереноса в безразмерном виде может быть представлена следующей системой уравнений с неравномерным начальным условием и граничными условиями второго и третьего рода [9, 10]:

$$\frac{\partial Z(\bar{x}, Fo_m)}{\partial Fo_m} = \frac{\partial^2 Z(\bar{x}, Fo_m)}{\partial \bar{x}^2} - Po_m^*, \quad 0 \leq \bar{x} \leq 1, \quad Fo_m > 0; \quad (1)$$

$$Z(\bar{x}, Fo_m) \Big|_{Fo_m=0} = \frac{C_0 - C(x, \tau)}{C_0} \Big|_{\tau=0} = 0; \quad (2)$$

$$\frac{\partial Z(\bar{x}, Fo_m)}{\partial \bar{x}} \Big|_{\bar{x}=0} = 0; \quad (3)$$

$$\frac{1}{Bi_m} \cdot \frac{\partial Z(\bar{x}, Fo_m)}{\partial \bar{x}} = [Z_p(Fo_m) - Z(\bar{x}, Fo_m)] \Big|_{\bar{x}=1}; \quad (4)$$

$$-\frac{\partial Z_j(Fo_m)}{\partial Fo_m} = K_m \cdot \frac{\partial Z(\bar{x}, Fo_m)}{\partial \bar{x}} \Big|_{\bar{x}=1}; \quad (5)$$

$$K_m = \frac{m \cdot S \cdot \delta}{V_j} \cdot \frac{\rho_{бет}}{\rho_j} = \frac{m \cdot G_{бет}}{G_j}, \quad (6)$$

где  $Fo_m = k\tau/\delta^2$  – массообменный критерий Фурье;  $Bi_m = \beta^* \cdot \delta/k$  – массообменный критерий Био;  $Po_m^* = q_v \cdot \delta^2/k \cdot C_0 \cdot \rho_{бет}$  – модифицированный массообменный критерий Померанцева;  $Z(\bar{x}, Fo_m)$  – безразмерная концентрация переносимого компонента по толщине бетона;  $Z_p(Fo_m) = (C_0 - C_p)/C_0$  – безразмерная равновесная концентрация на поверхности твердого тела;  $Z_j(Fo_m) = (C_0 - m \cdot C_j)/C_0$  – безразмерная концентрация переносимого компонента в жидкой фазе;  $C(x, \tau)$  – концентрация свободного гидроксида кальция в бетоне в момент времени  $\tau$  в произвольной точке с координатой  $x$ , кг СаО/кг бетона;  $C_p(\tau)$  – равновесная концентрация на поверхности твердого тела, кг СаО/кг бетона;  $C_j(\tau)$  – концентрация гидроксида кальция в жидкости, кг СаО/кг жидкости;  $k$  – коэффициент массопроводности в твердой фазе, м<sup>2</sup>/с;  $\beta^*$  – модифицированный

коэффициент массоотдачи в жидкой среде, м/с;  $\delta$  – толщина стенки конструкции, м;  $x$  – координата, м;  $\tau$  – время, с;  $\rho_{бет}$ ,  $\rho_j$  – плотности бетона и жидкости, соответственно кг/м<sup>3</sup>;  $m$  – константа Генри, кг жидкости/кг бетона;  $K_m$  – коэффициент, учитывающий характеристики фаз;  $G_{бет}$ ,  $G_j$  – массы бетонного резервуара и жидкости, кг.

Решение системы уравнений велось методом интегрального преобразования Лапласа, т. е. исходная система уравнений отображалась в область комплексных чисел, в которой было получено решение системы, а затем произведен перевод решения в область оригиналов. В результате получено общее решение задачи массопроводности, описывающее динамику полей концентраций:

$$Z(\bar{x}, Fo_m) = \frac{Z_p(0)}{K_m + 1} - 2 Bi_m \cdot Z_p(0) \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\mu_m \cdot \cos(\mu_m \bar{x})}{\psi'(Bi_m, K_m, \mu_m)} \cdot \exp(-\mu_m^2 Fo_m) + 2 Po_m^* \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\cos(\mu_m \bar{x}) \cdot \varphi(Bi_m, K_m, \mu_m)}{\mu_m^2 \cdot \psi'(Bi_m, K_m, \mu_m)} \cdot \exp(-\mu_m^2 Fo_m), \quad (7)$$

где

$$\varphi(Bi_m, K_m, \mu_m) = (\mu_m^2 - Bi_m \cdot K_m) \cdot \sin \mu_m - \mu_m \cdot Bi_m \cdot (\cos \mu_m - 1); \quad (8)$$

$$\psi'(Bi_m, K_m, \mu_m) = [\mu_m^2(3 + Bi_m) - Bi_m \cdot K_m] \cdot \sin \mu_m + \mu_m [\mu_m^2 - Bi_m(K_m + 2)] \cdot \cos \mu_m, \quad (9)$$

$$\operatorname{tg} \mu_m = \frac{\mu_m \cdot Bi_m}{\mu_m^2 - Bi_m \cdot K_m}. \quad (10)$$

– характеристическое уравнение.

Чтобы получить выражение для расчета кинетики массопереноса в жидкой фазе, необходимо вернуться к выражению (5). Для этого проводятся следующие математические процедуры: сначала решение (7) дифференцируется по  $\bar{x}$  и находится его выражение при  $\bar{x}=1$ , а затем интегрируется по  $Fo_m$  в пределах от 0 до  $Fo_m$ , в результате чего получается выражение, описывающее кинетику процесса в жидкой фазе:

$$Z_j(Fo_m) = Z_j(0) + 2 Bi_m \cdot K_m \cdot Z_p(0) \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\sin \mu_m}{\psi'(Bi_m, K_m, \mu_m)} \cdot [\exp(-\mu_m^2 Fo_m) - 1] - 2 Po_m^* \cdot K_m \cdot \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\sin \mu_m \cdot \varphi(Bi_m, K_m, \mu_m)}{\mu_m^3 \cdot \psi'(Bi_m, K_m, \mu_m)} \cdot [\exp(-\mu_m^2 Fo_m) - 1]. \quad (11)$$

Таким образом, выражения (7) и (11) позволяют в совокупности производить расчеты динамики массопереноса целевого компонента из внутренних слоев конструкции к границе раздела фаз, а также кинетику перехода этого компонента через границу раздела фаз и переход от границы раздела в объем жидкости в резервуаре.

Для оценки влияния параметров массопереноса проведен численный эксперимент, иллюстрирующий влияние критериев подобия (Фурье, Био, Померанцева) и коэффициента, учитывающего характеристики фаз, на интенсивность процесса коррозионного взаимодействия динамики и кинетики в широком диапазоне параметров процесса.

На рис. 1 показано влияние массообменного критерия Био, характеризующего влияние коэффициента массоотдачи на интенсивность процесса, на изменение средней концентрации свободного гидроксида кальция

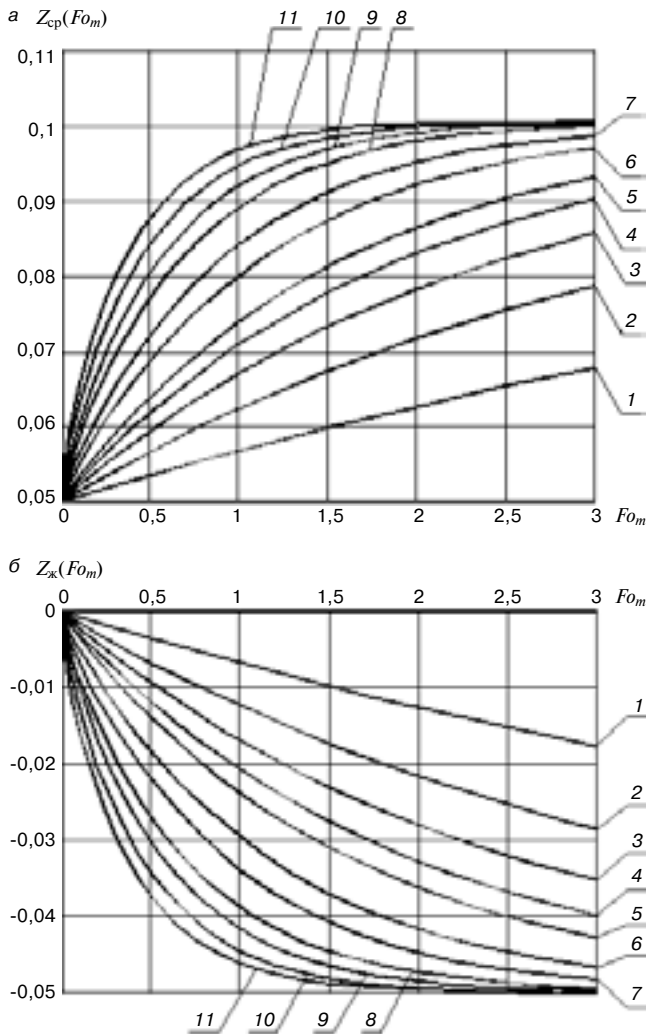


Рис. 1. Изменение средней безразмерной концентрации свободного гидроксида кальция  $Z_{cp}$  (а) и концентрации гидроксида кальция в жидкой фазе  $Z_{ж}$  (б) от числа Фурье при  $K_m=0,5$ ;  $Z_p(0)=0,15$  с разными значениями числа Био: 1 – 0,1; 2 – 0,2; 3 – 0,3; 4 – 0,4; 5 – 0,5; 6 – 0,75; 7 – 1; 8 – 1,5; 9 – 2; 10 – 3; 11 – 5

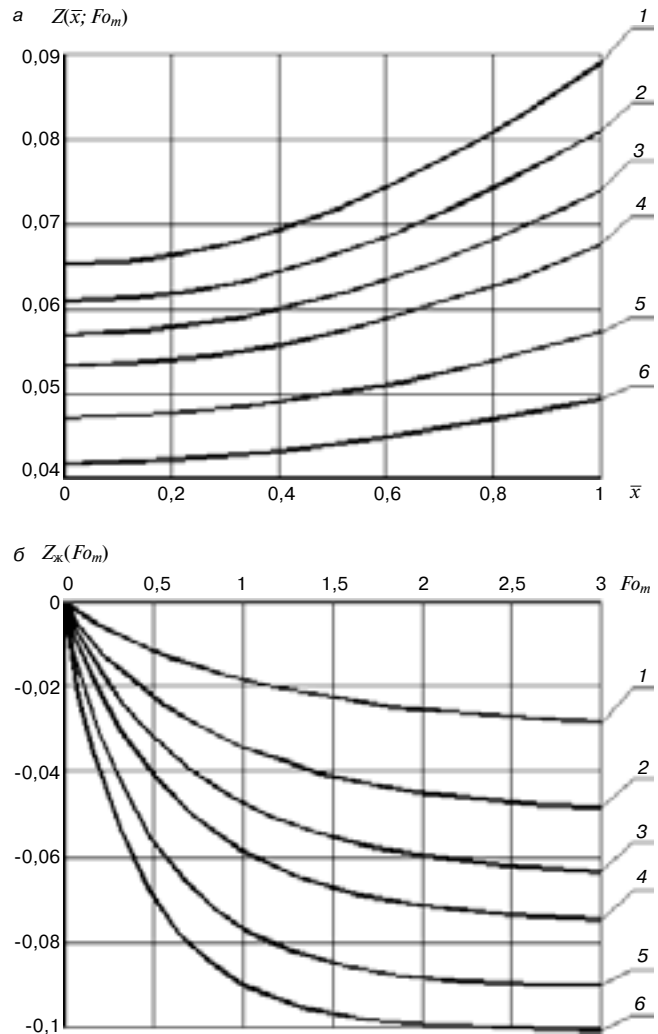


Рис. 2. а – профиль безразмерной концентрации свободного гидроксида кальция при числе  $Fo_m=1$ ; б – изменение безразмерной концентрации гидроксида кальция в жидкой фазе  $Z_{ж}$  от числа Фурье при  $Z_p(0)=0,15$ ,  $Bi_m=1$  с разными значениями коэффициента, учитывающего характеристики фаз  $K_m$ : 1 – 0,25; 2 – 0,5; 3 – 0,75; 4 – 1; 5 – 1,5; 6 – 2

в твердой фазе и концентрации гидроксида кальция в жидкости. Анализ построенных зависимостей показывает, что при  $Bi_m \leq 0,5$  изменение средней концентрации переносимого компонента в твердой фазе близко к линейному, а также то, что изменение числа Био в 2–3 раза, при его малых значениях гораздо больше увеличивает градиент концентраций, чем такое же увеличение при больших значениях критерия Био.

Рассмотрим, как влияет на процесс коэффициент, учитывающий характеристики фаз  $K_m$  и зависящий от константы равновесия Генри  $m$ , а также от соотношения масс бетона и жидкости. На рис. 2 продемонстрированы результаты расчета для различных чисел коэффициента  $K_m$ . Из рис. 2 видно, что с увеличением  $K_m$  динамика и кинетика процесса интенсифицируются.

Для большей наглядности изменения динамики и кинетики процесса на рис. 3–6 профили концентраций показаны в зависимости от двух переменных. В целях удобного рассмотрения рис. 3–6 начало отсчета осей отличается от общепринятого.

Динамику описываемого процесса при разных значениях модифицированного массообменного критерия Померанцева, т. е. при различной мощности внутреннего источника массы, при числе Фурье  $Fo_m=0,1$  наглядно отражает рис. 3. Для демонстрации возможностей раз-

работанной математической модели рассматриваются значения модифицированного массообменного критерия Померанцева, как положительные (означающие выделение свободного гидроксида кальция в бетоне), так и отрицательные (означающие поглощение свободного гидроксида кальция в бетоне, хотя это несвойственно жидкостной коррозии бетона первого вида).

На рис. 4 отражены изменения в твердой фазе моделируемой системы при тех же параметрах, что и на рис. 3, но при большем числе Фурье  $Fo_m=1$  (т. е. на более поздней стадии процесса). Совместный анализ рис. 3 и 4 позволяет сделать вывод, что модифицированный массообменный критерий Померанцева оказывает значительное влияние на динамику процесса при небольших числах Фурье (в начале процесса), а затем с течением времени, т. е. при увеличении числа Фурье, степень его влияния на процесс уменьшается.

Данные рис. 5 демонстрируют изменение средней безразмерной концентрации в твердой фазе от чисел Фурье и Померанцева. Как и на предыдущих рисунках, значения критерия Померанцева изменяются от -3 до 3. По рис. 5 приблизительно видно, что наиболее интенсивное изменение системы претерпевает в интервале чисел Фурье от 0 до 1; далее изменение средней безразмерной концентрации становится незначительным.



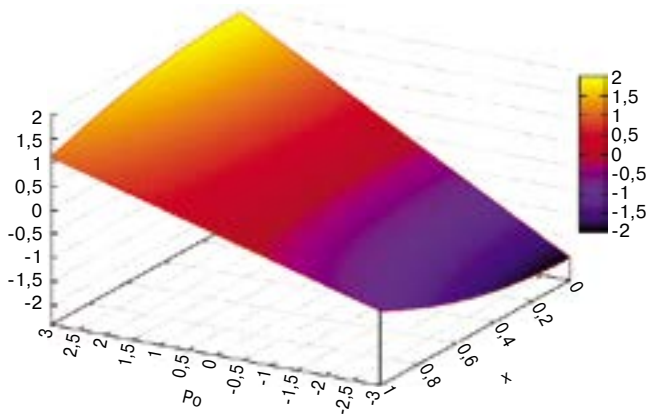


Рис. 3. Профиль безразмерной концентрации свободного гидроксида кальция от модифицированного массообменного критерия Померанцева при  $Fo_m=0,1$ ;  $Bi_m=1$ ;  $K_m=0,5$ ;  $Z_p(0)=0,5$

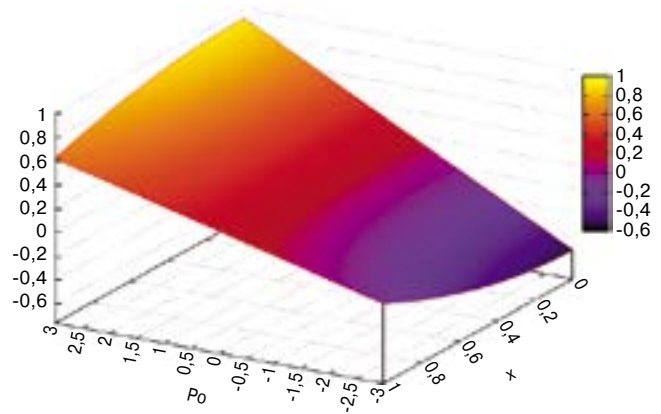


Рис. 4. Профиль безразмерной концентрации свободного гидроксида кальция от модифицированного массообменного критерия Померанцева при  $Fo_m=1$ ;  $Bi_m=1$ ;  $K_m=0,5$ ;  $Z_p(0)=0,5$

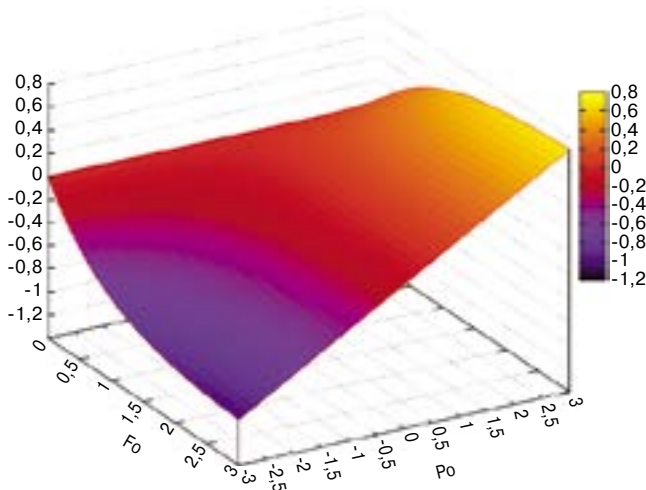


Рис. 5. Изменение средней безразмерной концентрации свободного гидроксида кальция от массообменных модифицированного критерия Померанцева и критерия Фурье при  $Bi_m=1$ ;  $K_m=0,5$ ;  $Z_p(0)=0,5$

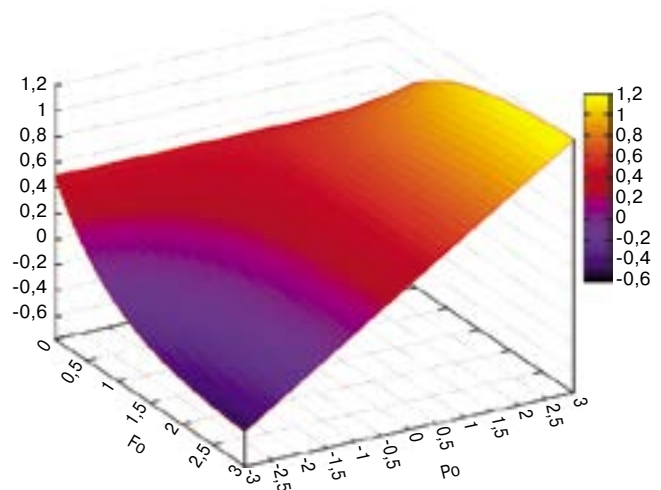


Рис. 6. Изменение безразмерной концентрации гидроксида кальция в жидкой фазе от модифицированного массообменного критерия Померанцева и критерия Фурье при  $Bi_m=1$ ;  $K_m=0,5$ ;  $Z_p(0)=0,5$

Рис. 6 иллюстрирует изменение безразмерной концентрации в жидкой фазе от чисел Фурье и Померанцева. Из рисунка видно, как при положительных числах Померанцева безразмерная концентрация гидроксида кальция уменьшается, т. е. в размерных величинах концентрация увеличивается, а при отрицательных числах Померанцева идет процесс поглощения бетоном гидроксида кальция из жидкости.

Рассчитанные в ходе численного эксперимента графические зависимости согласуются с физическими представлениями о процессе коррозионного массопереноса по механизму первого вида.

Представленная выше математическая модель применялась при определении изменения полей концентраций свободного гидроксида кальция в железобетонной стенке промышленного резервуара для пожаротушения объемом 200 м<sup>3</sup>, запроектированного ЗАО «Творческая мастерская «Ивремстрой».

Резервуар состоит из двух блоков по 100 м<sup>3</sup> каждый. Каждый блок резервуара имеет в плане прямоугольную форму с общими габаритными размерами 6,6×6,4 м; общая высота резервуара 3,8 м; высота внутренней части 3,2 м; толщина стенки резервуара 0,3 м. Резервуар выполнен из монолитного бетона класса В25 и армировался арматурой класса А500С. Общая схема резервуара показана на рис. 7.

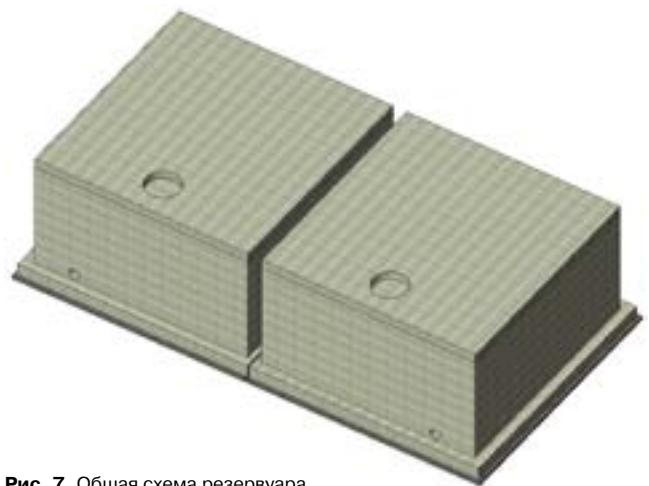
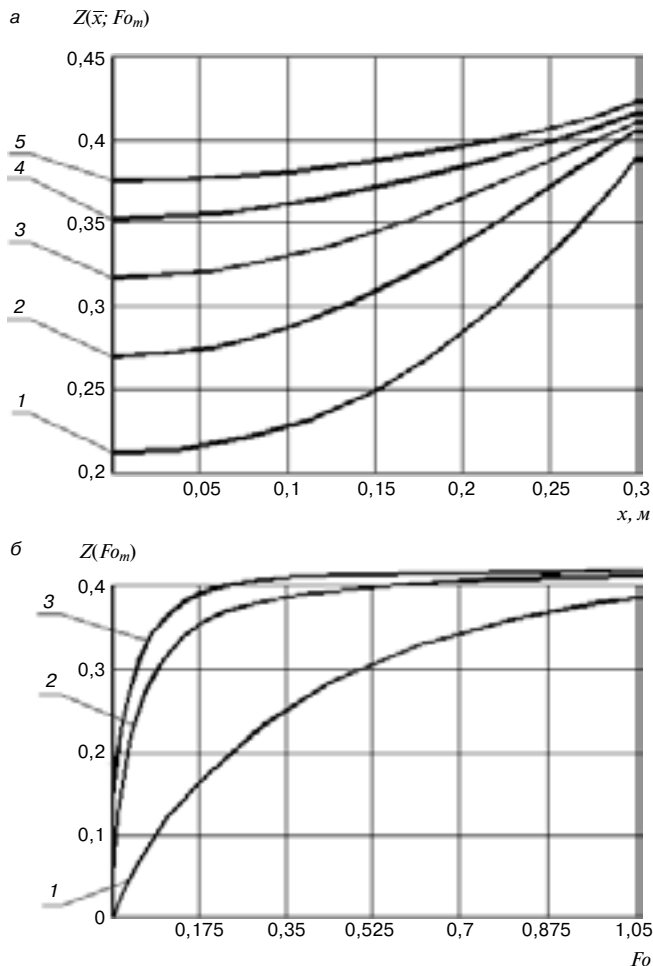
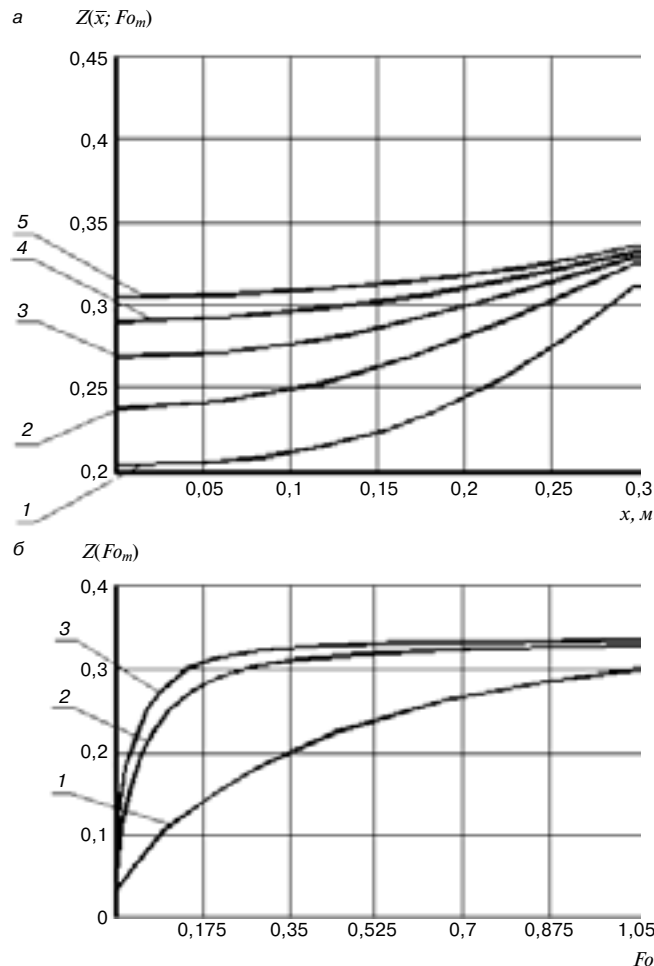


Рис. 7. Общая схема резервуара

Для установления срока службы железобетонных стенок резервуара были выполнены расчеты по разработанной авторами математической модели. При этом был произведен расчет полей концентраций свободного гидроксида кальция по толщине стенки через 2, 4, 6, 8 и 10 лет эксплуатации. Кроме того, рассчитано изменение во времени концентрации свободного гидроксида каль-



**Рис. 8.** Поля концентраций в стенке проектируемого резервуара: а – профили безразмерных концентраций свободного гидроксида кальция по толщине образца при числе Фурье равном: 1 – 0,175; 2 – 0,35; 3 – 0,525; 4 – 0,7; 5 – 0,875, что соответствует 2, 4, 6, 8 и 10 г.; б – 1 – изменение средней безразмерной концентрации гидроксида кальция на границе защитного слоя и у границы раздела фаз от числа Фурье



**Рис. 9.** Поля концентраций в стенке проектируемого резервуара при значении безразмерной равновесной концентрации на поверхности бетона  $Z_p(0)=0,8$ : а – Профили безразмерных концентраций свободного гидроксида кальция по толщине образца при числе Фурье равном: 1 – 0,175; 2 – 0,35; 3 – 0,525; 4 – 0,7; 5 – 0,875, что соответствует 2, 4, 6, 8 и 10 г.; б – 1 – изменение средней безразмерной концентрации гидроксида кальция; 2 и 3 – изменение безразмерной концентрации гидроксида кальция на границе защитного слоя и у границы раздела фаз от числа Фурье

ция у границы раздела фаз и на границе защитного слоя, а также изменение средней концентрации. Результаты расчетов приведены на рис. 8.

По результатам проведенных расчетов концентрация свободного гидроксида кальция на поверхности стенки достигнет значения, соответствующего началу разложения высокоосновных составляющих бетона через 2,4 года, а на границе защитного слоя через 6,1 года. Разрушение бетонного защитного слоя арматуры повлечет необратимые коррозионные процессы не только в бетоне, но и в арматуре, а следовательно, приведет к полному разрушению резервуара. При этом следует отметить, что согласно СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии» для такого типа резервуаров капитальный ремонт следует производить не реже чем один раз в 10 лет.

Срок службы бетона стенки резервуара может быть увеличен за счет регулирования концентрации гидроксида кальция в воде. Авторами был проведен расчет по разработанной математической модели с начальным значением концентрации гидроксида кальция в жидкости  $0,016 \text{ кг CaO/m}^3$  воды, что соответствует безразмерной равновесной концентрации на поверхности бетона  $Z_p(0)=0,8$ . Результаты расчетов приведены на рис. 9.

С учетом результатов расчета полей концентраций свободного гидроксида кальция в стенке проектируемо-

го резервуара были разработаны рекомендации по эксплуатации конструкций резервуара, обеспечивающие его длительный срок службы.

Экономический эффект достигается увеличением промежутка времени между ремонтно-восстановительными работами. Соблюдение рекомендаций по эксплуатации конструкций резервуара позволяет увеличить период времени между капитальными ремонтами резервуара с 10 до 14 лет. Сметная стоимость строительно-монтажных работ при проведении капитального ремонта резервуара в ценах второго квартала 2017 г. составляет 138 240 р. Таким образом, экономический эффект от внедрения результатов исследований только на рассматриваемом резервуаре составляет 55 300 р. [11].

**Выводы.**

Существенное влияние на надежность и долговечность железобетонных конструкций оказывают процессы коррозии цементного камня, которые в первую очередь обусловлены диффузией свободного гидроксида кальция из объема цементного камня к его поверхности, граничащей с агрессивной средой, и переходом вещества через границу раздела фаз бетон – жидкость и его растворением в жидкой среде. Уменьшение содержания гидроксида кальция в результате вымывания его из бетона жидкостью вызывает изменение фазового и термодинамического равновесия в системе, что приво-

дит к разложению основных составляющих цементного клинкера и необратимой потере прочностных свойств бетона.

Приведенная математическая модель массопереноса в процессах коррозии первого вида цементных бетонов в замкнутой системе жидкость – резервуар при наличии внутреннего источника массы в твердой фазе на уровне феноменологических уравнений позволяет рассчитывать профили концентраций свободного гидроксида

кальция по толщине бетонной и железобетонной конструкции в любой момент времени, определять содержание растворенного гидроксида кальция в жидкой фазе, вычислять среднее по толщине и объему конструкции и на границе раздела фаз, а значит, и переходить к дальнейшим этапам изучения и моделирования коррозионных процессов, что позволит экономически обоснованно назначать средства защиты и устанавливать сроки их применения [12, 13].

#### Список литературы

1. Москвин В.М. Коррозия бетона. М.: Госстройиздат, 1952. 342 с.
2. Полак А.Ф. Математическая модель процесса коррозии бетона в жидких средах // *Бетон и железобетон*. 1988. № 3. С. 30–31.
3. Гусев Б.В., Файвусович А.С. Физико-математическая модель процессов коррозии арматуры железобетонных конструкций в агрессивных средах. Теория. М.: Научный мир, 2011. 56 с.
4. Розенталь Н.К. Новый Свод правил по защите строительных конструкций от коррозии. *Материалы I германо-российской конференции «Инновационные технологии бетона»*. Москва, МГСУ. 2012. С. 6–8.
5. Федосов С.В., Румянцева В.Е., Хрунов В.А., Аксакловская Л.Н. Моделирование массопереноса в процессах коррозии бетонов первого вида (малые значения числа Фурье) // *Строительные материалы*. 2007. № 5. С. 70–71.
6. Федосов С.В., Румянцева В.Е., Красильников И.В., Касьяненко Н.С. Теоретические и экспериментальные исследования процессов коррозии первого вида цементных бетонов при наличии внутреннего источника массы // *Строительные материалы*. 2013. № 6. С. 44–47.
7. Федосов С.В., Румянцева В.Е., Красильников И.В., Касьяненко Н.С. Моделирование массопереноса в процессах коррозии первого вида цементных бетонов в системе «жидкость-резервуар» при наличии внутреннего источника массы в твердой фазе // *Вестник гражданских инженеров*. 2013. № 2 (37). С. 65–70.
8. Лыков А.В. Явления переноса в капиллярно-пористых телах. М.: Гостехиздат, 1954. 296 с.
9. Федосов С.В., Румянцева В.Е., Красильников И.В. Теоретические исследования влияния мощности внутреннего источника массы на процесс массопереноса при коррозии первого вида цементных бетонов // *Academia. Архитектура и строительство*. 2014. № 1. С. 102–105.
10. Федосов С.В., Акулова М.В., Кокшаров С.А., Метелева О.В. Теоретические основы тепломассопереноса в перспективных технологиях производства материалов текстильной и строительной отраслей промышленности // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. 2015. № 6 (360). С. 170–175.
11. Матвеева Н.Ю., Красильников И.В., Пещерова О.В., Матрунчик А.С. О структуре программы энергоаудита на промышленном предприятии // *Информационная среда вуза*. 2015. № 1. С. 436–443.
12. Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Грузинцева Н.А. Тенденции и перспективы применения геотекстильных материалов в дорожном строительстве // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. 2017. № 2 (368). С. 318–321.
13. Федосов С.В. Тепломассоперенос в технологических процессах строительной индустрии. Иваново: ИПК ПресСто, 2010. 364 с.

#### References

1. Moskvin V.M. Korroziya betona [Corrosion of concrete]. Moscow: Gosstroyizdat, 1952. 342 p.
2. Polak A.F. Mathematical model of the process of corrosion of concrete in liquid media. *Beton i zhelezobeton*. 1988. No. 3, pp. 30–31. (In Russian).
3. Gusev B.V., Faivusovich A.S. Fiziko-matematicheskaya model' protsessov korrozii armatury zhelezobetonnykh konstruktstii v agressivnykh sredakh. Teoriya. [A physico-mathematical model of processes corrosion of reinforcement for reinforced concrete structures in aggressive environments. Theory.] Moscow: Nauchnyi mir. 2011. 56 p.
4. Rozental' N.K. A new set of rules for the protection of building structures from corrosion. *Proceedings of the first German-Russian conference "Innovative concrete technology"*. Moscow. MUCE. 2012, pp. 6–8. (In Russian).
5. Fedosov S.V., Rummyantseva V.E., Khrunov V.A., Aksakovskaya L.N. Modeling of mass transfer in corrosion of concrete of the first type (the small values of the Fourier number. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2007. No. 5, pp. 70–71. (In Russian).
6. Fedosov S.V., Rummyantseva V.E., Krasilnikov I.V., Kas'yanenko N.S. Theoretical and experimental studies of the processes to corrosions of the first type cement concrete with the availability of the internal source of the mass in the solid phase. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 6, pp. 44–47. (In Russian).
7. Fedosov S.V., Rummyantseva V.E., Krasilnikov I.V., Kas'yanenko N.S. Modeling of mass transfer in the corrosion processes of the first type of cement concrete in the «liquid—reservoir» system with the availability of the internal source of the mass in the solid phase. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2013. No. 2 (37), pp. 65–70. (In Russian).
8. Lykov A.V. Yavleniya perenosa v kapillyarno-poristyykh telakh [Transport phenomena in capillary-porous bodies]. Moscow: Gostekhizdat. 1954. 296 p. (In Russian).
9. Fedosov S.V., Rummyantseva V.E., Krasilnikov I.V. Theoretical study of the influence of power internal source mass on process mass transfer in corrosion of the first kind of cement concrete. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2014. No. 1, pp. 102–105. (In Russian).
10. Fedosov S.V., Akulova M.V., Koksharov S.A., Metel'eva O.V. Theoretical fundamentals of heat and mass transfer in promising technologies of production of textile and construction materials industries. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti*. 2015. № 6 (360), pp. 170–175. (In Russian).
11. Matveeva N.Yu., Krasilnikov I.V., Peshcherova O.V., Matrunchik A.S. About structure of energy audit program in industry. *Informatsionnaya sreda vuza*. 2015. No. 1, pp. 436–443. (In Russian).
12. Aloyan R.M., Petrukhin A.B., Gruzintseva N.A. Trends and prospects of use of geotextiles in road construction. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti*. 2017. No. 2 (368), pp. 318–321. (In Russian).
13. Fedosov S.V. Teplomassopereenos v tekhnologicheskikh protsessakh stroitel'noi industrii [Heat and mass transfer in technological processes of the construction industry]. Ivanovo: IPK PresSto, 2010. 364 p. (In Russian).

С.С. КАПРИЕЛОВ, д-р техн. наук (kapriellov@mail.ru), А.В. ШЕЙНФЕЛЬД, д-р техн. наук, Г.С. КАРДУМЯН, канд. техн. наук, И.А. ЧИЛИН, инженер

НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство» (109428, Москва, ул. 2-я Институтская, 6)

## О подборе составов высококачественных бетонов с органоминеральными модификаторами

Рассмотрены особенности подбора составов высококачественных бетонов классов В40–В100 на основе органоминеральных модификаторов типа МБ. Показаны рациональные области применения различных марок модификаторов для обеспечения требуемых характеристик бетонных смесей и бетонов – подвижности, прочности и самонапряжения. Представлены зависимости прочности бетона от расхода цемента, дозировки модификатора и водовяжущего отношения. Приведены составы малоцементных бетонов с низкой экзотермией, высокопрочных тяжелых и конструкционных легких бетонов, самоуплотняющихся бетонов, напрягающих бетонов, бетонов низкой проницаемости и высокой морозостойкости, использованных при возведении уникальных сооружений гражданского, промышленного и транспортного строительства.

**Ключевые слова:** высокопрочный бетон, напрягающий бетон, самоуплотняющаяся бетонная смесь, бетон с низкой экзотермией, органоминеральный модификатор.

**Для цитирования:** Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кардумян Г.С., Чилин И.А. О подборе составов высококачественных бетонов с органоминеральными модификаторами // *Строительные материалы*. 2017. № 12. С. 58–63.

S.S. KAPRIELOV, Doctor of Sciences (Engineering) (kapriellov@mail.ru), A.V. SHEINFELD, Doctor of Sciences (Engineering), G.S. KARDUMYAN, Candidate of Sciences (Engineering), I.A. CHILIN, Engineer  
NIIZHB named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction (6, 2nd Institutskaya Street, 109428, Moscow, Russian Federation)

### About Selection of Compositions of High-Quality Concretes with Organic-Mineral Modifiers

Features of the selection of compositions of high-quality concretes of B40–B100 classes on the basis of organic-mineral modifiers of MB type are considered. Rational fields of the use of modifiers of various grades for the provision of required characteristics of concrete mixes and concretes – fluidity, strength, and self-stressing – are shown. Dependences of the concrete strength on cement consumption, dosing of the modifier, and water-binder ratio are presented. Compositions of low-cement concretes with a low heat rise, high-strength and structural light concretes, self-compacting concretes, self-stressing concretes, concretes with low permeability and high frost resistance, which are used when constructing unique facilities of civil, industrial and transport construction, are also presented.

**Keywords:** high strength concrete, self-stressing concrete, self-compacting concrete mix, concrete with low heat rise, organic-mineral modifier.

**For citation:** Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кардумян Г.С., Чилин И.А. About selection of compositions of high-quality concretes with organic-mineral modifiers. *Stroitel'nyye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 12, pp. 58–63. (In Russian).

В различных регионах России внедрены в практику новые технологии возведения железобетонных конструкций для уникальных сооружений гражданского, промышленного и транспортного строительства, основанные на использовании высококачественных бетонов с органоминеральными модификаторами типа МБ. Как известно [1], это новый вид добавок для бетонов, впервые разработанный в России, отличающийся тем, что это – поликомпонентные порошкообразные продукты, которые содержат в своем составе труднорастворимые активные минеральные компоненты и хорошо растворимые органические поверхностно-активные вещества – суперпластификаторы. Сложный вещественный состав модификаторов и разнообразные соотношения компонентов придают данным продуктам, с одной стороны, полифункциональность и эффективность, а с другой – требуют особого подхода к подбору составов бетонных смесей, для того чтобы в полной мере реализовать потенциал этих добавок в бетонах.

За 20 лет с момента разработки органоминеральных модификаторов и их появления на рынке уже произведено около 4 млн м<sup>3</sup> бетонов с высокими технологическими и эксплуатационными свойствами, которые использованы на уникальных объектах строительства [2–9]. В настоящее время уже имеется большой опыт производства бетонов, модифицированных добавками типа МБ. Их номенклатура охватывает малоцементные бетоны классов В40–В60 с низкой экзотермией, высокопрочные тяжелые (классов до В100) и

конструкционные легкие бетоны (классов до В60), бетоны с компенсированной усадкой или самонапряжением (марок до S<sub>p</sub>2,0), бетоны низкой проницаемости (W12–W20), высокой морозостойкости (до F<sub>2</sub>300) и коррозионной стойкости, полученные из высокоподвижных и самоуплотняющихся смесей.

Остановимся на основных принципах подбора составов высококачественных бетонов разного назначения с органоминеральными модификаторами. Подбор составов бетонных смесей должен производиться по ГОСТ 27006–86 «Бетоны. Правила подбора состава» с учетом следующих условий.

1. В качестве компонентов бетонных смесей следует использовать традиционные для стройиндустрии материалы [10–12]: серийные цементы типа ЦЕМ I и ЦЕМ II по ГОСТ 31108–2016 «Цементы общестроительные. Технические условия» или ПЦ500 и ПЦ600 без и с минеральными добавками по ГОСТ 10178–85 «Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия», а также заполнители по ГОСТ 8267–93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия», ГОСТ 8736–93 «Песок для строительных работ. Технические условия» и ГОСТ 32496–2013 «Заполнители пористые для легких бетонов. Технические условия». При соответствующем обосновании могут применяться и цементы типа ЦЕМ III по ГОСТ 31108.

2. Модификаторы типа МБ, обладающие поликомпонентным составом, делятся на марки в зависимости от степени эффективности в цементных системах, что

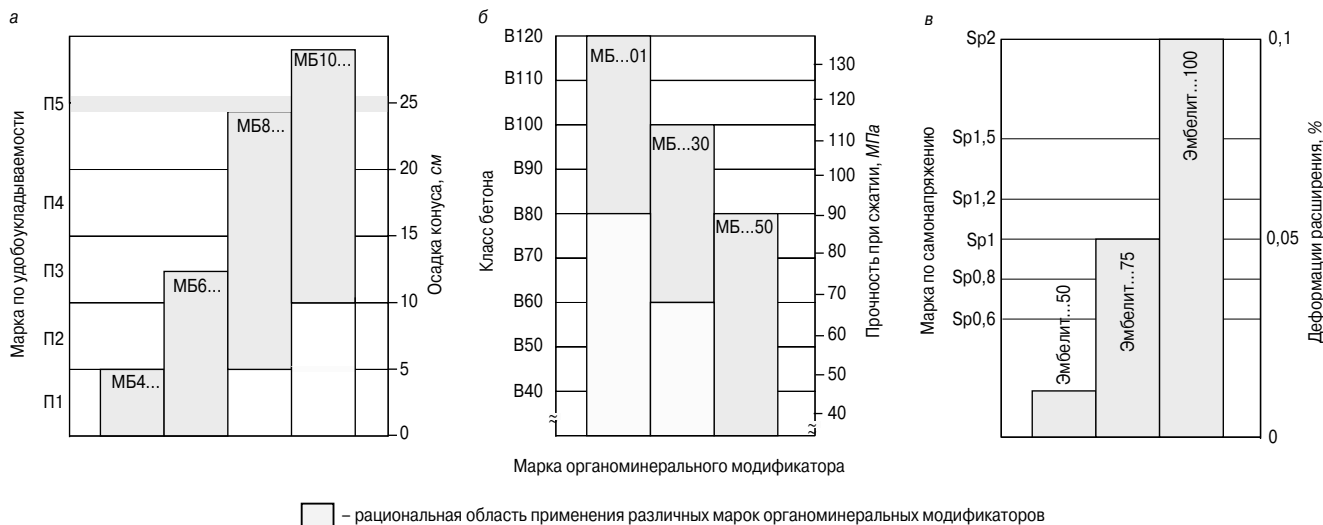


Рис. 1. Рациональные области применения различных марок органоминеральных модификаторов для обеспечения требуемых характеристик бетонных смесей и бетона: а – подвижность; б – прочность; в – самоупрежение

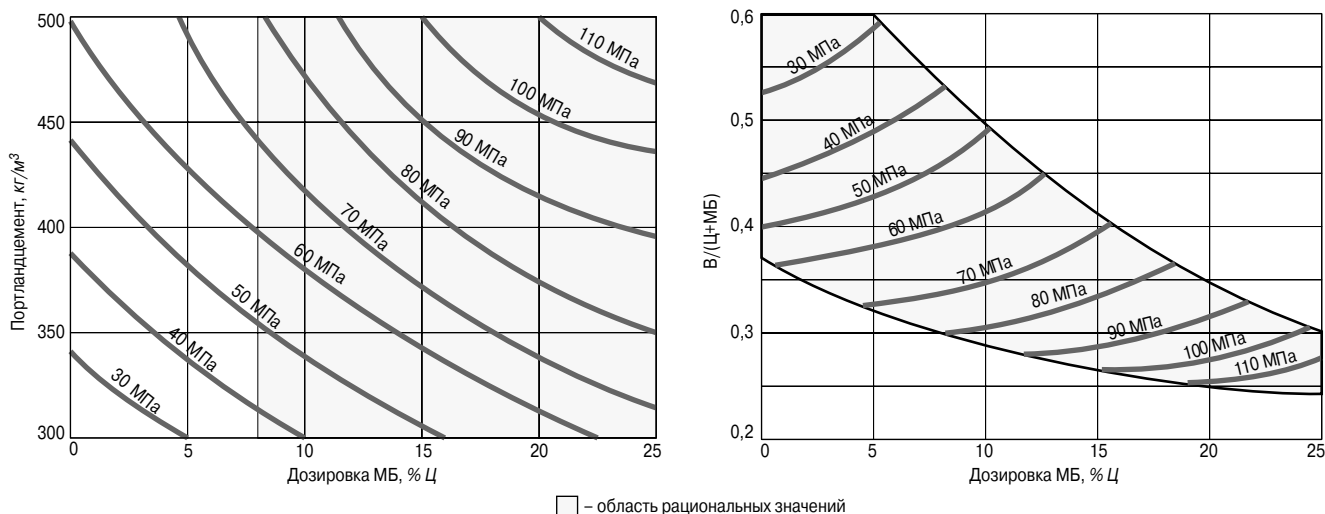


Рис. 2. Зависимость прочности бетона от расхода цемента, дозировки модификатора и водовяжущего отношения (ПЦМ500Д0, МБ10–50С, ОК=22–26 см)

отражено в ГОСТ Р 56178–2014 «Модификаторы органоминеральные типа МБ для бетонов, строительных растворов и сухих смесей. Технические условия» и соответствующих технических условиях. Маркировка модификаторов содержит в себе информацию о соотношениях между ингредиентами. Первый цифровой индекс в обозначении указывает на содержание суперпластификатора в массе модификатора, второй – на содержание золы-уноса или расширяющего компонента в массе минеральной части для модификаторов МБ или Эмбелит соответственно. Например, под маркой МБ 10-30С подразумевается наличие в модификаторе 10% суперпластификатора от общей массы продукта и соотношение микрокремнезема/зола-уноса в минеральной части модификатора 70/30. Или под маркой модификатора Эмбелит 8-75 подразумевается содержание 8% суперпластификатора и соотношение микрокремнезема/расширяющий компонент в минеральной части модификатора 25/75.

Подбор состава бетона начинается с выбора марки модификатора. При этом рекомендуется ориентироваться на рациональные области применения различных марок органоминеральных модификаторов, которые определены на основании исследований их эффек-

тивности [1] при обеспечении основных требуемых характеристик бетонных смесей и бетонов – подвижности смеси, прочности и самоупрежения бетона. Информация об этом приведена на рис. 1.

Затем на основании зависимостей, которые установлены на примере использования модификатора МБ10–50С и представлены на рис. 2, выбирают основные параметры состава смеси по критерию прочность бетона: расход цемента, дозировка модификатора, водовяжущее отношение и соответственно количество воды затворения.

Оптимизацию количества других компонентов бетонной смеси осуществляют на основании одной из апробированных методик подбора состава бетона (Рекомендации по подбору составов бетонных смесей для тяжелых и мелкозернистых бетонов. М.: ФАУ ФПС, 2017. 106 с.) с учетом требований ГОСТ 26633–2015 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия», ГОСТ 25820–2014 «Бетоны легкие. Технические условия» и нижеизложенных рекомендаций.

**1. При подборе малоцементных бетонов классов В40–В60 с низкой экзотермией.**

Основным условием в данном случае является минимизация расхода клинкерной части цемента для

Таблица 1

Примеры номинальных составов малоцементных бетонов классов В40–В60 с низкой экзотермией из высокоподвижных смесей с ОК=22–26 см

Марка бетонной смеси	Состав бетонных смесей, кг/м <sup>3</sup>						
	Ц	МБ	МН	П	Щ	В	КЭ
БСТ В40 П5 W12 F <sub>1</sub> 300	300 <sup>1</sup>	60	80	820	970	160	0,3
БСТ В50 П5 W14 F <sub>1</sub> 300	350 <sup>1</sup>	65	–	860	960	160	0,4
БСТ В60 П5 W16 F <sub>1</sub> 300	350 <sup>2</sup>	70	60	810	950	150	0,5

**Примечания:** Ц – портландцемент; <sup>1</sup> – ПЦ500Д20; <sup>2</sup> – ЦЕМ I 42,5Н; МБ – органоминеральные модификаторы бетона марок МБ10-50С или Эмбэлит 8–100; МН – микронаполнитель минеральный порошок марки МП-1; П – песок кварцевый с M<sub>кр</sub>=2,5–2,8; Щ – щебень гранитный фракции 5–20 мм; В – вода; КЭ – кремнийорганическая эмульсия КЭ30–04 50% концентрации.

Таблица 2

Примеры номинальных составов высокопрочных бетонов классов В60–В100 из высокоподвижных смесей с ОК=22–26 см

Марка бетонной смеси	Состав бетонных смесей, кг/м <sup>3</sup>					
	Ц	МБ	МН	П	Щ	В
БСТ В60 П5 W16 F <sub>1</sub> 300	350 <sup>1</sup>	70 <sup>1</sup>	60	810	970	150
БСТ В80 П5 W20 F <sub>1</sub> 300	450 <sup>2</sup>	100 <sup>1</sup>	–	760	960	155
БСТ В100 П5 W20 F <sub>1</sub> 300	480 <sup>2</sup>	120 <sup>2</sup>	–	730	930	145

**Примечания:** Ц – портландцемент; <sup>1</sup> – ЦЕМ I 42,5Н; <sup>2</sup> – ПЦ500Д0 или ЦЕМ I 52,5Н; МБ – органоминеральные модификаторы бетона марок: <sup>1</sup> – МБ10-50С или Эмбэлит 8–100; <sup>2</sup> – МБ10-30С или Эмбэлит 8–100; МН – микронаполнитель минеральный порошок марки МП-1; П – песок кварцевый с M<sub>кр</sub>=2,5–2,8; Щ – щебень гранитный фракции 5–20 мм; В – вода.

Таблица 3

Примеры номинальных составов бетонов классов В40–В100 из самоуплотняющихся смесей

Марка бетонной смеси	Состав бетонных смесей, кг/м <sup>3</sup>					
	Ц	МБ	МН	П	Щ	В
БСТ В40 П5 W12 F <sub>1</sub> 300	320 <sup>1</sup>	80 <sup>1</sup>	155	820	840	165
БСТ В60 П5 W14 F <sub>1</sub> 300	420 <sup>1</sup>	80 <sup>1</sup>	100	810	830	160
БСТ В80 П5 W18 F <sub>1</sub> 300	480 <sup>2</sup>	120 <sup>2</sup>	50	800	820	160
БСТ В100 П5 W20 F <sub>1</sub> 300	480 <sup>2</sup>	130 <sup>2</sup>	50	790	820	155

**Примечания:** Ц – портландцемент; <sup>1</sup> – ЦЕМ I 42,5Н; <sup>2</sup> – ПЦ500Д0Н или ЦЕМ I 52,5Н; <sup>3</sup> – ПЦ600Д0Н; МБ – органоминеральные модификаторы бетона марок: <sup>1</sup> – МБ10-50С или Эмбэлит 8–100; <sup>2</sup> – МБ10-30С или Эмбэлит 8–100; МН – микронаполнитель минеральный порошок марки МП-1; П – песок кварцевый с M<sub>кр</sub>=2,5–2,8; Щ – щебень гранитный фракции 3(5)–10 мм; В – вода.

обеспечения заданной прочности бетона с учетом зависимостей на рис. 1 и 2, а при необходимости обеспечения требуемой консистенции смесей – дополнительное использование инертных микронаполнителей. Это может быть достигнуто следующим образом:

- применением портландцемента с минеральными добавками с содержанием С<sub>3</sub>А не более 8% (ПЦ500Д20 по ГОСТ 10178 или ЦЕМ II 42,5А-Ш, ЦЕМ II 42,5А-И, ЦЕМ I 42,5Н по ГОСТ 31108) в количестве 300–350 кг/м<sup>3</sup>;
- использованием модификатора в количестве 15–20% массы цемента;
- использованием инертной минеральной добавки – микронаполнителя с оптимизацией его дозировки в диапазоне 5–30% массы цемента.

В качестве примеров в табл. 1 приведены номинальные составы малоцементных бетонов классов В40–В60 с низкой экзотермией из высокоподвижных смесей, которые были использованы при возведении массивных фундаментных плит ТРК «Охотный ряд» и зданий ММДЦ «Москва-Сити», футбольного стадиона в Самаре и станций метрополитена «Славянский бульвар» в Москве и «Комсомольская» в Челябинске общим объемом более 520 тыс. м<sup>3</sup>.

## 2. При подборе высокопрочных бетонов классов В60–В100.

При подборе составов высокопрочных бетонов основными условиями являются:

- использование портландцемента без минеральных добавок с содержанием С<sub>3</sub>А не более 8% (ПЦ500Д0, ПЦ500Д0Н по ГОСТ 10178 или ЦЕМ I 42,5Н, ЦЕМ I 52,5Н по ГОСТ 31108);
- ограничение предельного расхода цемента дозировкой не выше 500 кг/м<sup>3</sup>;
- оптимизация дозировки модификатора в диапазоне 15–25% массы цемента.

В качестве примеров в табл. 2 приведены номинальные составы высокопрочных бетонов классов В60–В100 из высокоподвижных смесей, которые были использованы при возведении каркасов высотных зданий в ММДЦ «Москва-Сити» общим объемом более 1,3 млн м<sup>3</sup>.

## 3. При подборе бетонов классов В40–В100 из самоуплотняющихся смесей.

В данном случае основным условием является обеспечение высокой подвижности – распыла стандартного конуса в пределах 55–75 см при сегрегационной устойчивости (связанности-нерасплаиваемости) смеси. Это может быть достигнуто за счет следующего:

Таблица 4

Примеры номинальных составов бетонов классов В40–В60 низкой проницаемости, высокой морозостойкости и коррозионной стойкости из высокоподвижных и самоуплотняющихся смесей

Марка бетонной смеси	Состав бетонных смесей, кг/м <sup>3</sup>					
	Ц	МБ	КЭ	П	Щ	В
БСТ В40 П5 W12 F <sub>2</sub> 300	400	35	0,5	800	950	175
БСТ В50 П5 W14 F <sub>2</sub> 300	450	45	0,5	740	970	170
БСТ В60 П5 W16 F <sub>2</sub> 300	470	50	0,5	740	960	165

**Примечания:** Ц – портландцемент ПЦ500Д0Н; МБ – органоминеральный модификатор бетона марок МБ10-30С, МБ10-50С или Эмбэлит 8–100; КЭ – кремнийорганическая эмульсия КЭ30–04 50% концентрации; П – песок кварцевый с М<sub>кр</sub>=2,5–2,8; Щ – щебень гранитный фракции 5–20 мм; В – вода.

Таблица 5

Примеры номинальных составов напрягающих бетонов или бетонов с компенсированной усадкой классов В40–В80 из высокоподвижных смесей с ОК=22–24 см

Марка бетонной смеси	Состав бетонных смесей, кг/м <sup>3</sup>				
	Ц	Эмбэлит	П	Щ	В
БСТ В40 П5 W20 F <sub>1</sub> 300	380 <sup>1</sup>	40	820	990	170
БСТ В60 П5 W20 F <sub>1</sub> 300 S <sub>p</sub> 1	400 <sup>2</sup>	70	780	980	170
БСТ В80 П5 W20 F <sub>1</sub> 300 S <sub>p</sub> 2	450 <sup>2</sup>	112	735	970	145

**Примечания:** Ц – портландцемент <sup>1</sup> – ЦЕМ I 42,5Н, <sup>2</sup> – ПЦ500Д0 или ЦЕМ I 52,5Н; Эмбэлит – органоминеральный модификатор бетона марки Эмбэлит 8–100; П – песок кварцевый с М<sub>кр</sub>=2,4–2,6; Щ – щебень гранитный фракции 5–20 мм; В – вода.

Таблица 6

Примеры номинальных составов конструкционных легких бетонов классов В40–В60 с маркой по плотности D1800 из высокоподвижных смесей

Марка бетонной смеси	Состав бетонных смесей, кг/м <sup>3</sup>				
	Ц	МБ	П	КГ	В
БСЛ В40 П5 D1800	500	75	810	255 <sup>1</sup>	195
БСЛ В50 П5 D1800	480	70	570	545 <sup>2</sup>	170
БСЛ В60 П5 D1800	500	75	600	560 <sup>2</sup>	155

**Примечания:** Ц – портландцемент ПЦ500Д0; МБ – органоминеральный модификатор бетона марок МБ10-50С или Эмбэлит 10–100; П – песок кварцевый с М<sub>кр</sub>=2,5–2,7; КГ – керамзитовый гравий фракции 5–20 мм: <sup>1</sup> – плотностью 500 кг/м<sup>3</sup> и прочностью 2 МПа, <sup>2</sup> – плотностью 800 кг/м<sup>3</sup> и прочностью 8 МПа; В – вода.

– применения портландцемента (Ц) без минеральных добавок с нормальной густотой не более 26% и содержанием С<sub>3</sub>А не более 8% (ПЦ500Д0, ПЦ500Д0Н по ГОСТ 10178 или ЦЕМ I 42,5Н, ЦЕМ I 52,5Н по ГОСТ 31108) в количестве 300–500 кг/м<sup>3</sup>;

– использования модификатора (МБ) в количестве 15–25% массы цемента;

– оптимизации дозировки микрозаполнителя (МН) в диапазоне 0–35% массы цемента;

– общего количества тонкодисперсных компонентов (Ц+МБ+МН) – 550–600 кг/м<sup>3</sup>;

– общего объема теста из тонкодисперсных компонентов бетонной смеси (Ц+МБ+МН+В) – 0,35–0,4 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;

– доли песка в объеме растворной части бетонной смеси (Ц+МБ+МН+П+В) – 40–50%;

– доли песка (П) в смеси заполнителей 0,45–0,5 (оптимизация расходов мелкого и крупного заполнителей может осуществляться по условию максимальной насыпной плотности смеси используемых заполнителей);

– использования крупного заполнителя одной фракции 5(3)–10 мм или с соотношением двух фракций 5(3)–10 мм и 10–20 мм на уровне 60:40 мас. %.

В качестве примеров в табл. 3 приведены номинальные составы бетонов классов В40–В100 из самоуплотняющихся смесей, которые были использованы при возведении фундаментов каркасов высотных зда-

ний в ММДЦ «Москва-Сити» общим объемом более 243 тыс. м<sup>3</sup>.

**4. При подборе составов бетонов классов В40–В60 низкой проницаемости, высокой морозостойкости и коррозионной стойкости.**

При подборе составов бетонов низкой проницаемости, высокой морозостойкости и коррозионной стойкости основными условиями являются:

– использование портландцемента без минеральных добавок с содержанием С<sub>3</sub>А не более 8% (ПЦ500Д0, ПЦ500Д0Н по ГОСТ 10178 или ЦЕМ I 42,5Н, ЦЕМ I 52,5Н по ГОСТ 31108) в количестве не более 500 кг/м<sup>3</sup>;

– оптимизация дозировки модификатора в диапазоне 8–15% массы цемента;

– использование воздухововлекающих или газообразующих добавок;

– наличие в бетонной смеси вовлеченного воздуха или выделившегося газа на уровне 4–6%.

В качестве примеров в табл. 4 приведены номинальные составы бетонов классов В40–В60 низкой проницаемости, высокой морозостойкости и коррозионной стойкости из высокоподвижных и самоуплотняющихся смесей, которые были использованы при возведении конструкций Юмагузинских гидросооружений на р. Белая в Башкирии, мостов и путепроводов на МКАД

и ТТК, моста через р. Яуза и пешеходной эстакады «Парящий мост» в Москве общим объемом более 2 млн м<sup>3</sup>.

**5. При подборе составов бетонов с компенсированной усадкой и напрягающих бетонов классов В40–В80.**

В данном случае основным условием является обеспечение компенсации деформаций усадки или остаточного расширения бетонов, что может быть достигнуто за счет следующего:

– применения портландцемента без минеральных добавок с содержанием С<sub>3</sub>А не более 8% (ПЦ500Д0, ПЦ500Д0Н по ГОСТ 10178 или ЦЕМ I 42,5Н, ЦЕМ I 52,5Н по ГОСТ 31108) в количестве не более 500 кг/м<sup>3</sup>;

– для бетонов с компенсированной усадкой оптимизацией дозировки модификатора Эмбэлит...100 в диапазоне 10–15% массы цемента;

– для напрягающих бетонов оптимизацией дозировки модификатора Эмбэлит...100 в диапазоне 15–25% массы цемента;

– обеспечения твердения бетона в течение первых 3–7 сут при относительной влажности воздуха не менее 95%.

В качестве примеров в табл. 5 приведены номинальные составы бетонов с компенсированной усадкой и напрягающих бетонов классов В40–В80 из высокоподвижных смесей, которые были использованы при возведении конструкций Дворца водных видов спорта и транспортных эстакад в Казани, пилонов футбольного стадиона в Екатеринбурге, транспортного тоннеля в аэропорту Шереметьево, фундаментных плит каркасов высотных зданий в Москве и Минске общим объемом более 250 тыс. м<sup>3</sup>.

**6. При подборе составов конструкционных легких бетонов классов В40–В60 с маркой по плотности D1800.**

Основным условием в данном случае является обеспечение требуемой прочности при заданной средней плотности бетона. Это может быть достигнуто следующим образом:

– применением портландцемента без минеральных добавок с содержанием С<sub>3</sub>А не более 8% (ПЦ500Д0,

ПЦ500Д0Н по ГОСТ 10178 или ЦЕМ I 42,5Н, ЦЕМ I 52,5Н по ГОСТ 31108) в количестве не более 600 кг/м<sup>3</sup>;

– использованием керамзитового гравия плотностью не более 600 кг/м<sup>3</sup> и прочностью не менее 1,5 МПа для бетонов классов В30–В40;

– использованием керамзитового гравия плотностью не более 800 кг/м<sup>3</sup> и прочностью не менее 8 МПа для бетонов классов В45–В60;

– оптимизацией дозировки модификатора в диапазоне 15–20% массы цемента.

В качестве примеров в табл. 6 приведены номинальные составы конструкционных легких бетонов классов В40–В60 с маркой по плотности D1800 из высокоподвижных смесей, которые были использованы при возведении конструкций каркаса высотного комплекса «Газойл-плаза» в Москве общим объемом более 13 тыс. м<sup>3</sup>.

**Выводы.**

1. Подбор составов высококачественных бетонов с органоминеральными модификаторами выполняется:

– на основании одной из апробированных методик ГОСТ 27006;

– с использованием традиционных для стройиндустрии материалов – цементов марки М500 или типов I и II, соответствующих ГОСТ 10178 или ГОСТ 31108, а также заполнителей, соответствующих ГОСТ 8267, ГОСТ 8736 и ГОСТ 32496;

– при расходе цемента от 300 до 500 кг/м<sup>3</sup> для тяжелых бетонов классов от В40 до В100 соответственно;

– с учетом степени эффективности органоминеральных модификаторов в цементных системах по ГОСТ Р 56178.

2. Возможность использования сложившейся производственной базы и традиционных материалов (цемента и заполнителей) совместно с органоминеральными модификаторами типа МБ является решающим фактором, позволяющим расширить объемы производства высококачественных бетонов без технологических проблем и существенных материальных затрат.

**Список литературы**

- Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кардумян Г.С. Новые модифицированные бетоны. М.: Типография «Парадиз», 2010. 258 с.
- Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Ферджулян А.Г., Пахомов А.В., Лившин М.Я. Опыт применения высокопрочных бетонов // *Монтаж и специальные работы в строительстве*. 2002. № 8. С. 33–37.
- Меркин В.Е., Смолянский В.М., Цынков В.М., Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Пахомов А.В. Оптимизация составов бетона и технологических параметров изготовления блоков обделки Лефортовского тоннеля // *Труды ЦНИИС*. 2002. № 209. С. 24–44.
- Каприелов С.С., Травуш В.И., Шейнфельд А.В., Карпенко Н.И., Кардумян Г.С., Киселева Ю.А., Пригоженко О.В. Модифицированные бетоны нового поколения в сооружениях ММДЦ «Москва-Сити» // *Строительные материалы*. 2006. № 10. С. 8–12.
- Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кардумян Г.С., Киселева Ю.А., Пригоженко О.В. Новые бетоны и технологии в конструкциях высотных зданий // *Высотные здания*. 2007. № 5. С. 94–101.
- Каприелов С.С., Травуш В.И., Карпенко Н.И., Шейнфельд А.В., Кардумян Г.С., Киселева Ю.А., Пригоженко О.В. Модифицированные высокопрочные бетоны классов В80 и В90 в монолитных кон-

**References**

- Kapriyelov S.S., Sheynfeld A.V., Kardumyan G.S. Novye modifitsirovannye betony [The new modified concrete]. Moscow: Tipografiya «Paradiz». 2010. 258 p.
- Kapriyelov S.S., Sheynfeld A.V., Ferdzhulyan A.G., Pakhomov A.V., Livshin M.Ya. Experience of use of high-strength concrete. *Montazh i spetsial'nye raboty v stroitel'stve*. 2002. No. 8, pp. 33–37. (In Russian).
- Merkin V.E., Smolyansky V.M., Tsynkov V.M., Kapriyelov S.S., Sheynfeld A.V., Pakhomov A.V. Optimization of compositions of concrete and technological parameters of production of blocks of an obdelka of the Lefortovo tunnel. *Trudy TsNIIS*. 2002. No. 209, pp. 24–44. (In Russian).
- Kapriyelov S.S., Travush V.I., Sheynfeld A.V., Karpenko N.I., Kardumyan G.S., Kiselyova Yu.A., Prigozhenko O.V. The modified concrete of new generation in constructions of MMDTs “Moscow City”. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2006. No. 10, pp. 8–12. (In Russian).
- Kapriyelov S.S., Sheynfeld A.V., Kardumyan G.S., Kiselyova Yu.A., Prigozhenko O.V. New concrete and technologies in structures of tall buildings. *Vysotnye zdaniya*. 2007. No. 5, pp. 94–101. (In Russian).
- Kapriyelov S.S., Travush V.I., Karpenko N.I., Sheynfeld A.V., Kardumyan G.S., Kiselyova Yu.A., Prigozhenko O.V. The modified high-strength concrete of the classes В80 and В90 in monolithic designs.



- струкциях // *Строительные материалы*. 2008. № 3. С. 9–13.
7. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кардумян Г.С. Уникальные бетоны и опыт их реализации в современном строительстве // *Промышленное и гражданское строительство*. 2013. № 1. С. 42–44.
  8. Шейнфельд А.В. Органоминеральные модификаторы как фактор, повышающий долговечность железобетонных конструкций // *Бетон и железобетон*. 2014. № 3. С. 16–21.
  9. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Аль-Омаис Д., Зайцев А.С. Высокопрочные бетоны в конструкции фундаментов высотного комплекса «ОКО» в ММДЦ «Москва-Сити» // *Промышленное и гражданское строительство*. 2017. № 3. С. 53–57.
  10. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Дондуков В.Г. Цементы и добавки для производства высокопрочных бетонов // *Строительные материалы*. 2017. № 11. С. 4–10.
  11. Collepari M. The New Concrete. Italy: Grafiche Tintoretto, 2006. 421 p.
  12. Aitcin H.-C. High-Performance Concrete. London and New York: E & FN. 1998. 598 p.
- Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2008. No. 3, pp. 9–13. (In Russian).
7. Kapriyelov S.S., Sheynfeld A.V., Kardumyan G.S. Unique concrete and experience of their realization in modern construction. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2013. No. 1, pp. 42–44. (In Russian).
  8. Sheynfeld A.V. Organomineral modifiers as the factor increasing durability of reinforced concrete designs. *Beton i zhelezobeton*. 2014. No. 3, pp. 16–21. (In Russian).
  9. Kapriyelov S.S., Sheynfeld A.V., Al-Omais D., Zaytsev A.S. High-strength concrete in a structure of the bases of the tall building OKO complex in MMDTs "Moscow City". *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2017. No. 3, pp. 53–57. (In Russian).
  10. Kapriyelov S.S., Sheinfeld A.V., Dondukov V.G. Cements and additives for producing high-strength concretes. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 11, pp. 4–10. (In Russian).
  11. Collepari M. The New Concrete. Italy. Grafiche Tintoretto. 2006. 421 p.
  12. Aitcin H.-C. High-Performance Concrete. London and New York: E & FN. 1998. 598 p.

## II конференция по использованию цемента и бетонов в дорожном строительстве

# «ЦЕМЕНТ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ»

1–2 марта 2018 г.

Москва, отель Бест Вестерн Плюс Вега Измайлово

Конференция проводится при поддержке Федерального дорожного агентства Росавтодор.

В настоящее время в дорожной отрасли уделяется повышенное внимание проблематике расширения применения технологий строительства автомобильных дорог с применением цементобетонов. Изучение соответствующих наработок, обмен опытом, накопленным как в РФ, так за рубежом, в области устройства цементобетонных покрытий автомобильных дорог, послужит положительным инструментом для оценки перспективных направлений дальнейших исследований.

### Тематика конференции

- Практический опыт строительства и эксплуатации цементобетонных дорог в России и за рубежом.
- Рынки цемента, бетона, щебня, строительной арматуры, химических добавок для бетона, перспективы и общие тенденции. Качество строительных материалов для строительства дорог с цементобетонным покрытием.
- Рынок спецтехники и оборудования для строительства дорог с цементобетонным покрытием.
- Научные разработки и опыт их применения в дорожном строительстве.
- Перспективы и преимущества применения цементобетонов в дорожном строительстве.
- Кооперация на рынке дорожного строительства – объединение возможностей производителей цемента и строительных материалов, дорожников, финансовых институтов и госструктур.

На мероприятие приглашены ведущие представители научных учреждений профильной тематики, производители цемента, бетонов, строительной химии, арматуры, нерудных материалов, дорожно-строительной техники и оборудования, дорожные строители, аналитики рынков, представители госучреждений и другие организации, занятые в сфере дорожного строительства и заинтересованные в строительстве дорог с бетонным покрытием.

К участию в мероприятии приглашаются представители стран Таможенного Союза и зарубежных участников с целью обмена опытом в строительстве бетонных дорог.

Организатор – интернет-журнал о цемента RUCEM.RU. Заявки на участие принимаются до 15 февраля 2018 г. по эл. почте: info@rucem.ru, тел.: +7(845) 368-33-82. До 31.12.2017 г. действуют скидка за раннюю регистрацию.

Сайт мероприятия: <http://www.rucem.ru/seminar/rucem27/>

Электронная регистрация: <http://www.rucem.ru/seminar/rucem27/register.php>

Информационная поддержка – журнал «Строительные материалы»®



УДК 691.175

А.М. СУЛЕЙМАНОВ<sup>1</sup>, д-р техн. наук; Е.С. ЗЫКОВА<sup>2</sup>, инженер;  
И.А. СТАРОВОЙТОВА<sup>1</sup>, канд. техн. наук (irina-starovoitova@yandex.ru); А.Н. СЕМЕНОВ<sup>2</sup>, инженер

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

<sup>2</sup> ООО «Научно-производственная фирма «Рекон» (420095, Республика Татарстан, Технополис «Химград», ул. Восстания, 100, зд. 7)

## Модифицированные клеевые связующие для систем внешнего армирования строительных конструкций Часть 2. Физико-механические характеристики клеев

Приведены результаты исследований физико-механических характеристик модифицированных эпоксидных клеев для устройства систем внешнего армирования строительных конструкций. Установлено, что введение многослойных УНТ в диапазоне от 0,001 до 0,01–0,025 мас. ч. на 100 мас. ч. эпоксидной смолы приводит к незначительному увеличению прочности и модуля упругости при сжатии отвержденного компаунда. При этом наномодификация приводит к существенному повышению адгезионных характеристик составов: прочность при сдвиге (к стали) и прочность при равномерном отрыве (к стали и бетону) возрастают на 40% и более в диапазоне оптимальных концентраций наночастиц. Наномодификация позволяет также увеличить модуль упругости углепластика, изготовленного на основе углеткани и клевого связующего при сохранении высокой прочности при растяжении.

**Ключевые слова:** системы внешнего армирования, усиление строительных конструкций, клеевые связующие, эпоксидные составы, модификация, адгезия, прочность, модуль упругости.

**Для цитирования:** Сулейманов А.М., Зыкова Е.С., Старовойтова И.А., Семенов А.Н. Модифицированные клеевые связующие для систем внешнего армирования строительных конструкций. Часть 2. Физико-механические характеристики клеев // *Строительные материалы*. 2017. № 12. С. 64–67.

A.M. SULEJMANOV<sup>1</sup>, Doctor of Sciences (Engineering); E.S. ZYKOVA<sup>2</sup>, Engineer;

I.A. STAROVOJTOVA<sup>1</sup>, Candidate of Sciences (Engineering) (irina-starovoitova@yandex.ru); A.N. SEMJONOV<sup>2</sup>, Engineer

<sup>1</sup> Kazan State University of Architecture and Engineering (1, Zelenaya Street, Kazan, 420043, Republic of Tatarstan, Russian Federation)

<sup>2</sup> The Research and Development Company «Rekon», ООО (Build. 7, 100, Vosstaniya Street, Technopolis «Himgrad», 420095, Republic of Tatarstan, Russian Federation)

### Modified Glue Binders for Systems of External Reinforcement of Building Structures Part 2. Physical and Mechanical Characteristics of Glue

Results of the study of physical-mechanical characteristics of modified epoxy glues for the systems of external reinforcement of building structures are presented. It is established that the introduction of multi-layered carbon nanotubes within the range of 0.001–0.025 pts.wt. per 100 pts.wt. of the epoxy resin leads to a slight increase in strength and modulus of elasticity when compressing the cured compound. At this, the nano-modification leads to a significant increase in adhesion characteristics of compositions: shear strength (to steel) and tensile uniform strength (to steel and concrete) increase by 40% and more within the range of optimal concentrations of nano-particles. The nano-modification makes it possible to increase the modulus of elasticity of carbon fiber reinforced plastics produced on the basis of carbon fabric and glued binder when preserving the high tensile strength.

**Keywords:** systems of external reinforcement, strengthening of building structures, glued binders, epoxy compositions, modification, adhesion, strength, modulus of elasticity.

**For citation:** Sulejmanov A.M., Zyko E.S., Starovojtova I.A., Semjonov A.N. Modified glue binders for systems of external reinforcement of building structures Part 2. Physical and mechanical characteristics of glue. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 12, pp. 64–67. (In Russian).

Клеи для устройства систем внешнего армирования (СВА) строительных конструкций помимо технологичности должны обладать высокими физико-механическими показателями: температурой стеклования не менее 40°C, коэффициентом линейного термического расширения не менее  $10 \times 10^{-6}$  °C и малой усадкой.

Одной из ключевых физико-механических характеристик клеев является хорошая адгезия к основным материалам усиливаемых конструкций – стали и бетону. Для увеличения адгезионных свойств полимерных связующих и клеев в настоящее время достаточно часто применяют различные наномодификаторы [1–4]. С учетом накопленного положительного опыта применения УНТ в составах связующих и композиционных материалах для повышения целого ряда свойств [5–9] в данной работе в составе клеевых связующих были использованы многослойные УНТ в количестве от 0,001 до 0,05 мас. ч. на 100 мас. ч. эпоксидной смолы.

Для клеев РекАрм-М и РекАрм-Б, описанных в статье [10], а также наномодифицированных составов изучены следующие физико-механические показатели:

- прочность и модуль упругости при сжатии;
- прочность при сдвиге (к стали);
- прочность при отрыве к стали (адгезионная прочность при отрыве);
- адгезионная прочность при отрыве к бетону.

Из всех перечисленных показателей нормативной документацией численно регламентируются только два: прочность при сдвиге должна составлять не менее 10 МПа; модуль упругости при сжатии не менее 2000 МПа. Определение других параметров для клеев необходимо для проведения расчетов различных вариантов усиления конструкций СВА.

Прочность и модуль упругости при сжатии определялись на образцах-цилиндрах диаметром 15 мм и высотой ~25 мм по ГОСТ 4651–2014 «Пластмассы. Метод испытания на сжатие».

Таблица 1

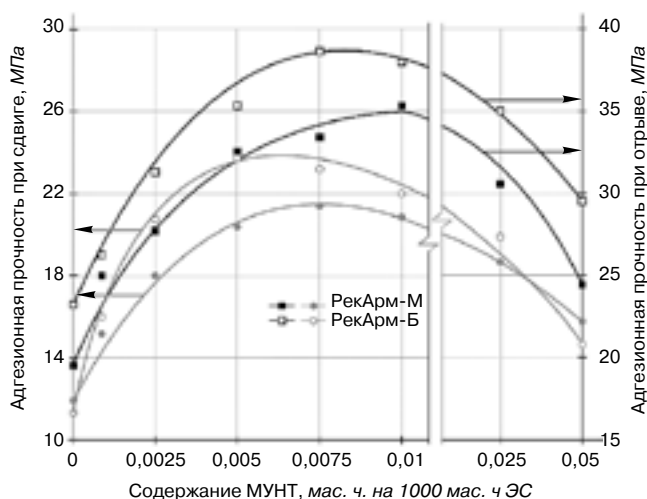
## Прочность и модуль упругости при сжатии модифицированных клеев

Показатель	Содержание МУНТ, мас. ч. на 100 мас. ч. эпоксидной смолы						
	0	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05
РекАрм-Б (соотношение алифатического и ароматических аминов в отвердителе 1:1)							
Прочность при сжатии, МПа	88,4	89,5	92,3	94	90,9	89,5	83,3
Модуль упругости при сжатии, ГПа	4,52	4,6	4,66	4,64	4,59	4,51	4,49
РекАрм-М (соотношение алифатического и ароматических аминов в отвердителе 1:2)							
Прочность при сжатии, МПа	77	83,2	82,5	80,5	79,4	76	74
Модуль упругости при сжатии, ГПа	4,37	4,43	4,48	4,42	4,39	4,37	4,35

Таблица 2

## Адгезионная прочность клеевых связующих при отрыве к бетону

Показатель	Содержание МУНТ, мас. ч. на 100 мас. ч. эпоксидной смолы						
	0	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05
Адгезионная прочность при отрыве от поверхности бетона, МПа	РекАрм-Б (соотношение алифатического и ароматического аминов в отвердителе 1:1)						
	3,2	4	4,6	4,2	3,5	3,4	3,2
	РекАрм-М (соотношение алифатического и ароматического аминов в отвердителе 1:2)						
	2,7	3,3	3,8	4	3,6	3,5	3



Адгезионные прочности при сдвиге и при отрыве к стали

Адгезионная прочность при сдвиге определялась по ГОСТ 14759–69 «Клеи. Метод определения прочности при сдвиге». Сущность метода заключается в определении величины разрушающей силы при растяжении стандартного образца, склеенного внахлестку, усилиями, стремящимися сдвинуть одну половину образца относительно другой.

Адгезионная прочность при отрыве определяется по ГОСТ 32299–2013 «Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом отрыва». Сущность метода заключается в определении усилия, необходимого для отделения адгезива от субстрата по всей площади контакта. Испытания проводят при температуре  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ .

Силу отрыва прилагают в направлении перпендикулярном к плоскости и увеличивают с равномерной скоростью не более 1 МПа/с.

Из представленных в табл. 1 данных видно, что введение УНТ приводит к незначительному повышению прочности и модуля упругости при сжатии: максимальные показатели соответствуют содержанию УНТ 0,0025–0,01 мас. ч. на 100 мас. ч. эпоксидной смолы. При этом закономерно более высокими прочностными показателями характеризуются композиции РекАрм-Б, содержащие большее количество алифатического амина в составе отвердителя по сравнению с РекАрм-М.

На рисунке приведены зависимости прочности при сдвиге и адгезионной прочности при отрыве к стали от содержания наночастиц. Данные кривые имеют ярко выраженные максимумы в области содержания УНТ от 0,005 до 0,01 мас. ч. на 100 мас. ч. эпоксидной смолы. При указанном содержании наночастиц адгезионная прочность при сдвиге возрастает с 11,5–12 до 20–23 МПа (на 70% – для состава РекАрм-М, на 100% – для состава РекАрм-Б), адгезионная прочность при отрыве – с 19–23 до 35–38 МПа (на 65% – для состава РекАрм-Б и на 84% – для состава РекАрм-М).

Максимальные значения адгезионной прочности при отрыве приклеенных стальных пластин от поверхности бетона (класс не ниже В25–В30) соответствуют содержанию УНТ 0,0025–0,005 мас. ч. на 100 мас. ч. ЭС (табл. 2). Во всех случаях разрушение при испытаниях происходило по бетону. Повышение адгезионных характеристик в указанном диапазоне обусловлено в том числе минимальным значением вязкости связующих при данном содержании наночастиц [10].

Для выявления влияния введенных наночастиц на физико-механические показатели пропитанного связу-

ющим армирующего наполнителя, применяемого при устройстве СВА, были изготовлены образцы углепластика методом контактного формования. В качестве армирующего наполнителя использована углеродная лента FibArm Tare 530 с поверхностной плотностью  $(530 \pm 10)$  г/м<sup>2</sup> производства ХК «Композит» (г. Москва). Образцы готовили следующим образом: на поверхность стеклянного стола наносили слой антиадгезива, далее наносилась клеевая композиция, равномерно распределялась шпателем на площадь большую, чем размер пропитываемой углеродной ткани. Ткань укладывали на слой клеевого связующего, сверху помещали парафиновую бумагу и прокатывали валиком по поверхности для равномерной пропитки ткани. Затем убрали бумагу и наносили слой клеевого связующего непосредственно на саму ткань; далее распределяли его при помощи резинового шпателя. После укладывали парафиновую бумагу и снова прокатывали валиком до полной пропитки ткани. После полного отверждения (через 5–7 сут выдержки при температуре не менее 20°C) из углепластика вырезали образцы необходимых размеров для испытания. Полученные образцы углепластика (образцы в виде полосы прямоугольного сечения с закрепленными на концах накладками) были испытаны на прочность и модуль упругости при растяжении.

Прочность при растяжении образцов углепластика на контрольных составах связующих РекАрм-М и РекАрм-Б составила 1100–1300 МПа, а модуль упругости – 45–50 ГПа. Введение многослойных УНТ в состав клеевого связующего в количестве 0,01 мас. ч. на 100 мас. ч. эпоксидной смолы привело к росту модуля упругости углепластика до 66–70 ГПа (на 43%), в то время как прочность при растяжении осталась на том же уровне, что и для контрольных составов. Полученные

значения характеристик прочности и жесткости при растяжении существенно превышают требования ГОСТ 33369–2013, по которому предел прочности при растяжении в направлении 0° должен быть не менее 600 МПа, а модуль упругости при растяжении в направлении 0° должен быть не менее 35 ГПа.

Таким образом, в результате проведенных исследований и оценки физико-механических характеристик клеевых связующих, а также изготовленных на их основе углепластиков можно сделать следующие выводы:

1. Введение многослойных УНТ в диапазоне от 0,001 до 0,01–0,025 мас. ч. на 100 мас. ч. ЭС приводит к незначительному увеличению прочности и модуля упругости при сжатии отвержденного компаунда. При этом адгезионные характеристики клеев (прочность при сдвиге к стали, прочность при равномерном отрыве (к стали и бетону)) существенно возрастают: в области оптимальных концентраций (0,0025–0,01 мас. ч.) прирост составляет от 40 до 100%.

2. Наномодификация позволяет увеличить модуль упругости углепластика, изготовленного на основе углеткани и клеевого связующего, на 43% при сохранении высокой прочности при растяжении.

Следует отметить, что клеевые связующие в системах внешнего армирования воспринимают в основном растягивающие усилия, а также работают на отрыв и сдвиг. В связи с этим и установленным положительным влиянием наномодификации на адгезионные характеристики клеев и модуль упругости композита считаем целесообразным введение многослойных УНТ в состав клеев для устройства систем внешнего армирования строительных конструкций на стадии изготовления в производственных условиях компонента А – основы клея.

#### Список литературы

1. Лобковский С.А., Тринева В.В., Кустов М.А., Ошечкова М.Ю. Нанометрические добавки как средство повышения эксплуатационных характеристик клеевых систем при изготовлении изделий спецтехники // *Клеи. Герметики. Технологии*. № 8. 2011. С. 11–14.
2. Сопотов Р.И., Скакун Д.А., Коротова А.И., Борносуз Н.В., Горбунова И.Ю. Изучение влияния способа введения наночастиц оксида алюминия на ударную и адгезионную прочность эпоксидноаминного связующего // *Успехи в химии и химической технологии*. Т. XXVIII. № 3. 2014. С. 74–76.
3. Шинкарева Е. В., Статкевич П.И., Кошевар В.Д., Леонович С.Н. Клеевые наноконпозиционные материалы на основе эпоксидных олигомеров // *Вестник Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы. Сeryя 6. Тэхніка*. № 2. 2013. С. 64–75.
4. Хозин В.Г., Старовойтова И.А., Майсурадзе Н.В., Зыкова Е.С., Халикова Р.А., Корженко А.А., Тринева В.В., Яковлев Г.И. Наномодифицирование полимерных связующих для конструкционных композитов // *Строительные материалы*. 2013. № 2. С. 4–11.
5. Большаков В.А., Солодилов В.И., Корохин Р.А., Кондрашов С.В., Меркулова Ю.И., Дьячкова Т.П. Исследование трещиностойкости полимерных композиционных материалов, изготовленных методом инфузии с использованием различных концентратов на основе модифицированных УНТ // *Труды ВИАМ*. 2017. № 7 (55). С. 79–89.
6. Кондрашов С.В., Шашкеев К.А., Попков О.В., Соловьянчик Л.В. Физико-механические свойства

#### References

1. Lobkovskiy S.A., Trineeva V.V., Kustov M.A., Oshchepkova M.Yu. Nanometric additives as a means of improving the performance characteristics of adhesive systems in the manufacture of products of special equipment. *Klei. Germetiki. Tekhnologii*. 2011. No. 8, pp. 11–14. (In Russian).
2. Sopotov R.I., Skakun D.A., Korotova A.I., Bornosuz N.V., Gorbunova I.Yu. A study of the effect of the method of introducing aluminum oxide nanoparticles on the impact and adhesion strength of an epoxyamine binder. *Uspekhi v khimii i khimicheskoi tekhnologii*. 2014. Vol. XXVIII. No. 3, pp. 74–76. (In Russian).
3. Shinkareva E.V., Statkevich P.I., Koshevar V.D., Leonovich S.N. Adhesive nanocomposite materials based on epoxy oligomers. *Vesnik Grodzenskaga dzyarzhaynaga universiteta imya Yanki Kupaly. Seryya 6. Tekhnika*. 2013. No. 2, pp. 64–75. (In Russian).
4. Khozin V.G., Starovoitova I.A., Maisuradze N.V., Zykova E.S., Khalikova R.A., Korzhenko A.A., Trineeva V.V., Yakovlev G.I. Nanomodification of polymer binders for constructional composites. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 2, pp. 4–11. (In Russian).
5. Bolshakov V.A., Solodilov V.I., Korokhin R.A., Kondrashov S.V., Merkulova Yu. I., D'yachkova T.P. Investigation of the crack resistance of polymer composite materials made by infusion using various concentrates based on modified CNT. *Trudy VIAM*. 2017. No. 7 (55), pp. 79–89. (In Russian).
6. Kondrashov S.V., Shashkev K.A., Popkov O.V., Solovyanchik L.V. Physicomechanical properties of

- нанокмпозитов с УНТ (обзор) // *Труды ВИАМ*. 2016. № 5 (41). С. 61–83.
7. Солодилов В.И., Корохин Р.А., Горбаткина Ю.А., Куперман А.М. Органопластики на основе сложных гибридных матриц, включающих в качестве модификаторов эпоксидных смол полисульфон и углеродные нанотрубки // *Химическая физика*. 2012. Т. 31. № 6. С. 63–71.
  8. Kingston C., Zepp R., Andrady A., Boverhof D., Fehir R., Hawkins D., Roberts J., Sayre P., Shelton B., Sultan Y., Vejins V., Wohlleben W. Release characteristics of selected carbon nanotube polymer composites // *Carbon*. 2014. Vol. 68, pp. 33–57.
  9. Yesil S., Bayram G. Effect of carbon nanotube surface treatment on the morphology, electrical, and mechanical properties of the microfiber-reinforced polyethylene/poly(ethylene terephthalate)/carbon nanotube composites // *Journal of Applied Polymer Science*. 2013. Vol. 127, pp. 982–991.
  10. Старовойтова И.А., Семёнов А.Н., Зыкова Е.С., Хозин В.Г., Сулейманов А.М. Модифицированные клеевые связующие для систем внешнего армирования строительных конструкций. Часть 1. Требования к клеям. Технологические характеристики // *Строительные материалы*. № 11. С. 50–54.
7. Solodilov V.I., Korokhin R.A., Gorbatkina Yu.A., Kuperman A.M. Organoplastics based on complex hybrid matrices that include polysulfone and carbon nanotubes as modifiers of epoxy resins. *Khimicheskaya fizika*. 2012. Vol. 31. No. 6, pp. 63–71. (In Russian).
  8. Kingston C., Zepp R., Andrady A., Boverhof D., Fehir R., Hawkins D., Roberts J., Sayre P., Shelton B., Sultan Y., Vejins V., Wohlleben W. Release characteristics of selected carbon nanotube polymer composites. *Carbon*. 2014. Vol. 68, pp. 33–57.
  9. Yesil S., Bayram G. Effect of carbon nanotube surface treatment on the morphology, electrical, and mechanical properties of the microfiber-reinforced polyethylene/poly(ethylene terephthalate)/carbon nanotube composites. *Journal of Applied Polymer Science*. 2013. Vol. 127, pp. 982–991.
  10. Starovoitova I.A., Semenov A.N., Zykova E.S., Khozin V.G., Suleimanov A.M. Modified adhesive binders for external reinforcement of building structures. Part 1. Requirements for adhesives. Technological characteristics. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 11, pp. 50–54. (In Russian).

## II Международный симпозиум по долговечности и устойчивому развитию конструкционного бетона DSCS 2018



Москва, 6–8 июня 2018 г.

### Организаторы:

Итальянское отделение американского института бетона (ACI IC) и Российская инженерная академия (РИА) При участии Российской академии наук (РАН) и Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН)

### Спонсоры конференции:

Американский институт бетона (ACI) и его комитеты: C130 (Sustainability of Concrete), C201 (Durability of Concrete), C544 (Fiber Reinforced Concrete), C549 (Thin Reinforced Cementitious Products and Ferrocement); Международная федерация по конструкционному бетону (fib); Международный союз экспертов и лабораторий в области испытаний строительных материалов, систем и конструкций (RILEM)



### Тематика симпозиума

- Сокращение парниковых газов в цементной и бетонной промышленности
- Рециклирование и организация удаления отходов в производстве бетонов и растворов
- Сульфоалюминатные цементы как альтернатива портландцементу и смешанным цементам
- Щелочеактивированные материалы и геополимеры для устойчивого строительства
- Долговечность железобетонных конструкций
- Оценка жизненного цикла в строительстве из бетона
- Повторное использование и восстановление функциональности железобетонных конструкций
- Ремонт и эксплуатация
- Контроль, инспектирование и мониторинг
- Примеры из практики

**Место проведения конференции:** Измайлово Конгресс Центр, Москва, Россия

<http://www.aciitaly.com/events/dscs2018>

**Секретариат симпозиума:** ACI Italy Chapter Secretary ([aciitalychapter@gmail.com](mailto:aciitalychapter@gmail.com))

**Российский секретариат:** Леонид Иванов, региональная группа РИЛЕМ ([l.a.ivanov@mail.ru](mailto:l.a.ivanov@mail.ru)).

М.Ю. ДРЕБЕЗГОВА, инженер

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46)

## Реологические свойства системы «композиционное гипсовое вяжущее – суперпластификатор – вода»

Приведены результаты исследований реологических характеристик смесей на основе композиционного гипсового вяжущего (КГВ), включающего гипсовые вяжущие  $\alpha$ -модификации Г-5БII (Г-5) и  $\beta$ -модификации ГВВС-16 (Г-16), портландцемент ЦЕМ I 42,5Н, многокомпонентные тонкодисперсные минеральные добавки и поверхностно-активную добавку на базе лигносульфонатов и модифицированных поликарбоксилатов SikaPlast 2135. Улучшение вязкопластических свойств наблюдается при дозировке СП 0,3–0,5%, что позволяет снизить предел текучести почти до нуля и в несколько раз уменьшить эффективную вязкость. Дозировки СП выше оптимальных определяют влияние на прочность гипсоцементного камня, сопровождающееся снижением водопотребности КГВ и среднего размера пор гипсоцементного камня. При дозировках СП, которые не превышают оптимальных, определяющее влияние на прочность гипсоцементного камня оказывает его дефлокулирующее действие, что сопровождается снижением его водопотребности КГВ и среднего размера пор материала. При увеличении дозировки сверх того количества, которое вызывает полное разрушение флоккул исходной суспензии, снижается прочность гипсоцементного камня в результате блокирования СП кристаллизационных связей. Суммарный эффект зависит от того, какой из этих факторов преобладает при его введении.

**Ключевые слова:** композиционное гипсовое вяжущее, суперпластификатор, лигносульфонат, поликарбоксилат, реологические свойства.

**Для цитирования:** Дребезгова М.Ю. Реологические свойства системы «композиционное гипсовое вяжущее – суперпластификатор – вода» // *Строительные материалы*. 2017. № 12. С. 68–70.

M.Yu. DREBEZGOVA, Engineer

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (46, Kostyukov Street, 308012, Belgorod, Russian Federation)

### Rheological Properties of the System «Composite Gypsum Binder – Superplasticizer – Water»

Results of the study of rheological characteristics of mixes on the basis of the composite gypsum binder (CGB), which includes gypsum binders of  $\alpha$ -modification G-5BP (G-5) and  $\beta$ -modification GVVS-16 (G-16); Portland cement TSEM 1 42.5N, multi-component fine-dispersed mineral additives and a surface-active additive on the base of lingo-sulfates and modified polycarboxylates SikaPlast 2135, are presented. The improvement in viscoplastic properties is observed at the SP dosage of 0.3–0.5%, this makes it possible to reduce the point of fluidity almost to zero and reduce the effective viscosity by several times. Dosages of SP over the optimum level determine the influence on the strength of gypsum-cement stone accompanied by reduction in water demand of CGB and the average size of pores of the gypsum cement stone. At dosages of SP which are not over the optimal, a decisive influence on the strength of gypsum cement stone has its deflocculating action which is accompanied by the reduction in water demand of CGB and the average size of pores of gypsum cement stone. When increasing the dosage over the amount that causes the complete destruction of floccules of the initial suspension, the strength of gypsum cement stone is reduced due to blocking SP crystallization ties. The total effect depends on which of these factors prevails when introducing it.

**Keywords:** composite gypsum binder, superplasticizer, lignosulfonate, polycarboxylite, rheological properties.

**For citation:** Drebegzova M.Yu. Rheological properties of the system «composite gypsum binder – superplasticizer – water». *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 12, pp. 68–70. (In Russian).

Важнейшими показателями гипсобетонных смесей, которые определяют качество изделий из гипсобетона, являются реологические и технологические характеристики, в частности сохранение жизнеспособности (текучести смеси), возможности регулирования сроков загустевания и схватывания в необходимых пределах, а также способности сохранять определенные реологические параметры в течение всего процесса приготовления бетонных смесей [1–4]. Использование подвижных гипсобетонных смесей, обладающих связностью, однородностью и нерасслаиваемостью, позволяет сократить продолжительность производственного цикла и улучшить качество изделия.

Представление о поведении гипсоцементных систем при воздействии на них внешних сил дает реологическая кривая (рис. 1).

При небольших значениях напряжения сдвига  $\tau$  сохраняется неразрушенная первоначальная структура, которая характеризуется наибольшей вязкостью  $\eta_0$ . После достижения критического напряжения  $\tau_0$ , соответствующего пределу текучести системы, начинается разрушение структуры, которое продолжается до полного разрушения при предельном напряжении  $\tau_m$ .

После того как система предельно разрушена, смесь имеет наименьшую вязкость системы  $\eta_m$  с практически полностью разрушенной структурой. Эта вяз-

кость уже не зависит от значений действующих напряжений и не изменяется при их увеличении.

В данной работе исследованы реологические характеристики смесей на основе композиционного гипсового вяжущего (КГВ), включающего гипсовые

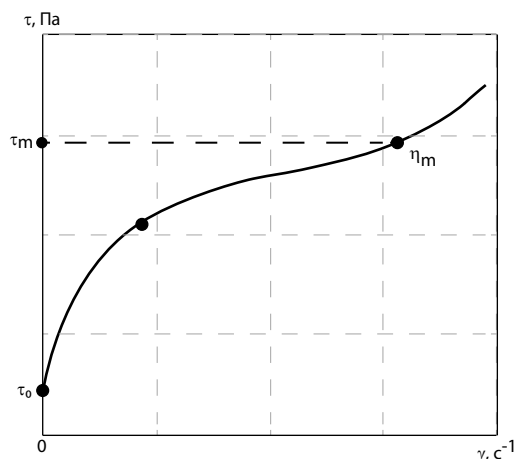


Рис. 1. Реологические параметры суспензии

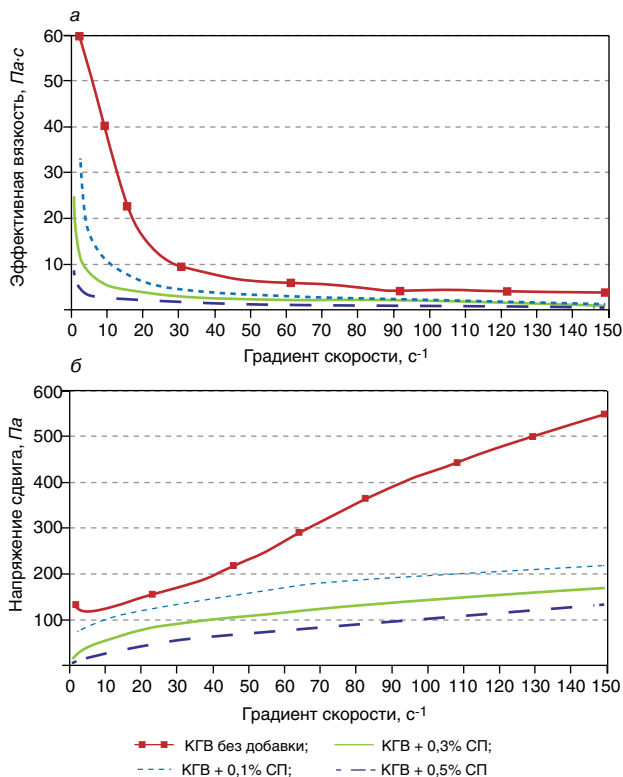


Рис. 2. Зависимость реологических характеристик гипсоцементных паст от концентрации СП SikaPlast 2135: а – зависимость эффективной вязкости от градиента скорости сдвига; б – зависимость напряжения сдвига от градиента скорости сдвига

вяжущие α-модификации Г-5БИ (Г-5) и β-модификации ГВВС-16 (Г-16); портландцемент ЦЕМ I 42,5Н и многокомпонентные тонкодисперсные минеральные добавки. В качестве минеральных добавок использованы отходы мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов (отходы ММС), отличающиеся полиминеральным составом с содержанием в них кварца различной степени кристалличности более 70%; нанодисперсный порошок кремнезема (НДП) с содержанием SiO<sub>2</sub> до 99,72%, полученный путем выделения из природных гидротермальных источников вулканогенных областей, со средним размером частиц в диапазоне 5–100 нм, удельной поверхностью 100000–400000 м<sup>2</sup>/кг, средним дзета-потенциалом поверхности наночастиц -25–56 мВ; мел технического дисперсный марки МТД-2 с остатком на сите № 014 не более 0,8%, содержанием CaCO<sub>3</sub> не менее 96%.

Для пластификации смеси и регулирования сроков схватывания использовали поверхностно-активную добавку на базе лигносульфонатов и модифицированных поликарбоксилатов SikaPlast 2135 (плотно-

стью 1,13 г/л) в количестве 0,1–0,5% от массы КГВ. Контрольной являлась смесь на КГВ без химической добавки. На ротационном вискозиметре RHEOTEST RN 4.1 фиксировались вязкость, напряжение сдвига, градиент скорости сдвига и время. Температура окружающего воздуха и смеси составляла 24,9°С.

В результате испытаний (табл. 1) было установлено, что дозировка суперпластификатора SikaPlast 2135 (0,1–0,5% от массы КГВ) позволяет на 19% снизить водовяжущее отношение (В/В) практически без изменения прочности равноподвижных смесей благодаря поверхностной адсорбции и созданию эффекта межмолекулярного электростатического и стерического отталкивания частиц КГВ. Параллельно протекает процесс взаимодействия полимера с фазами КГВ и тем самым в 3 раза замедляется преждевременное схватывание вяжущего до 22–20 мин.

Анализ реотехнологических зависимостей КГВ показал (табл. 2, рис. 2), что по мере повышения дозировки SikaPlast 2135 (от 0,1 до 0,5%) разжижение смеси увеличивается, изменяется классический тиксотропный характер реологических кривых концентрированных гипсоцементных паст, что вызвано существенным снижением их эффективной вязкости (в 1,8–6,9 раза) и напряжения сдвига (в 2,5–4,2 раза).

Эффективная вязкость неразрушенной структуры η<sub>0</sub> и предельное напряжение сдвига τ<sub>м</sub> паст на КГВ с добавкой SikaPlast 2135 зависят от градиента скорости сдвига γ. В пределах от 30 до 50 с<sup>-1</sup> эффективная вязкость значительно снижается, а потом стабилизируется с величиной почти постоянной (рис. 2, а). При этом реограммы становятся прямолинейными, что свидетельствует об очень слабом взаимодействии между частицами вяжущего в результате прочной адсорбции молекул СП на его частицах с образованием слоев реагента, вызывающих более сильное уменьшение эффективных столкновений между твердыми частицами [5–7].

В области низкой дозировки СП SikaPlast 2135 (0,1%) течение суспензий на КГВ происходит в соответствии с уравнением Балкли–Гершеля:

$$\tau = \tau_0 + m \cdot \gamma^n, \quad (1)$$

где τ<sub>0</sub> – предельное напряжение сдвига; γ – градиент скорости сдвига; m, n – константы.

Однако предел текучести (предельное напряжение сдвига) при этом уменьшается до 70 Па в сравнении со смесью на КГВ без суперпластификатора SikaPlast 2135.

При дальнейшем увеличении количества суперпластификатора SikaPlast 2135 (до 0,3–0,5%) характер течения резко меняется, так как предел текучести практически исчезает, гипсоцементное тесто теряет свои пластические свойства и становится тиксотропным вязкопластическим материалом.

Таблица 1

Влияние добавки SikaPlast 2135 на свойства затвердевшего КГВ

SikaPlast 2135, %	В/В	Расплав, м	Сроки схватывания, мин-с		Прочность при сжатии, МПа, в сроки		
			начало	конец	2 ч	7 сут	28 сут
–	0,5	0,145	6–20	6–50	7,5	8,4	20,6
–	0,55	0,2	7–30	8–00	5,2	6,8	14,2
0,1	0,46	0,15	10–30	14–30	5,7	7,3	15,5
0,3		0,2	16–00	18–10	5,6	7,1	14,8
0,5		0,22	22–20	23–00	5,3	6,7	14

Таблица 2

Реологические характеристики гипсоцементных паст

Концентрация SikaPlast 2135, %	Предельное напряжение сдвига $\tau_m$ , Па	Вязкость неразрушенной структуры $\eta_{пл}$ , Па·с
0	550	60
0,1	220,3	33,22
0,3	170	24,52
0,5	130	8,71

Полученные реограммы можно описать с помощью уравнения Оствальда:

$$\tau = k \cdot \dot{\gamma}^n, \quad (2)$$

где  $k$  – коэффициент консистенции смеси;  $\dot{\gamma}$  – градиент скорости сдвига;  $n$  – показатель поведения жидкости (нелинейности).

Таким образом, добавление СП SikaPlast 2135 до 0,1% незначительно снижает предел текучести и пластическую вязкость суспензии. При этом она сохраняет свойства нелинейного вязкопластического материала.

Существенное улучшение вязкопластических свойств наблюдается при дозировке СП SikaPlast 2135 0,3–0,5%, что позволяет снизить предел текучести почти до нуля и в несколько раз уменьшить эффективную вязкость.

Данное явление обусловлено высвобождением иммобилизованной воды, увеличением толщины водных прослоек между частицами и уменьшением трения

между ними, а также падением прочности индивидуальных контактов между частицами. СП SikaPlast 2135 оказывает влияние на флокулообразование и число кристаллизационных и конденсационных связей в единице объема гипсоцементного камня прежде всего на наиболее энергетически активные участки поверхности частиц, где в отсутствие СП наблюдаются более прочные контакты между ними. В то же время СП SikaPlast 2135, адсорбируясь на межфазных поверхностях, снижает прочность каждой связи.

При дозировках СП, которые не превышают оптимальных, определяющее влияние на прочность гипсоцементного камня оказывает его дефлокулирующее действие, что сопровождается снижением водопотребности КГВ и среднего размера пор гипсоцементного камня.

При увеличении дозировки сверх того количества, которое вызывает полное разрушение флокул исходной суспензии, снижается прочность гипсоцементного камня в результате блокирования СП кристаллизационных связей. Суммарный эффект зависит от того, какой из этих факторов преобладает при его введении.

Таким образом, величина предельного напряжения сдвига  $\tau_0$ , характеризующая способность системы растекаться под действием силы тяжести, дает такую же информацию, как и распыл конуса. Кроме того, при помощи метода ротационной вискозиметрии можно определять подвижность системы при внешних механических воздействиях, которые превышают величину предельного напряжения сдвига, что обычно наблюдается в бетонных смесителях. Уменьшение пластической вязкости способствует снижению нагрузки на электродвигатель бетонного смесителя.

Список литературы

1. Дребезгова М.Ю. Особенности гидратации композиционного гипсового вяжущего в присутствии суперпластификатора SikaPlast 2135 // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2017. № 5. С. 20–23.
2. Чернышева Н.В. Использование техногенного сырья для повышения водостойкости композиционно-гипсового вяжущего // *Строительные материалы*. 2014. № 7. С. 53–56.
3. Белов В.В., Бурьянов А.Ф., Яковлев Г.И., Петропавловская В.Б., Фишер Х.-Б., Маева И.С., Новиленкова Т.Б. Модификация структуры и свойств строительных композитов на основе сульфата кальция. М.: Де Нова, 2012. 196 с.
4. Гордина А.Ф., Яковлев Г.И., Полянских И.С., Керене Я., Фишер Х.-Б., Рахимова Н.Р., Бурьянов А.Ф. Гипсовые композиции с комплексными модификаторами структуры // *Строительные материалы*. 2016. № 1–2. С. 90–95.
5. Скуянс Ю.Р., Чугуев А.С., Хоромецкий В.Г. Исследование реологических свойств гипсовых смесей с добавками поверхностно-активных веществ // *Труды Латвийской СХА. Строительные материалы и конструкции для сельского строительства*. 1984. Вып. 209. С. 19–23.
6. Урьев Н.Б. Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов. М.: Химия, 1988. 256 с.
7. Урьев Н.Б. Динамика структурированных дисперсных систем // *Коллоидный журнал*. 1998. Т. 60. № 5. С. 662–683.

References

1. Drebezgova M.Yu. Features of hydration composition plaster knitting in the presence of superplasticizer Sika Plast 2135. *Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova*. 2017. No. 5, pp. 20–23. (In Russian).
2. Chernysheva N.V. The Use of Anthropogenic Raw Materials for Increase of Water Resistance of a Composite Gypsum Binder. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 7, pp. 53–56. (In Russian).
3. Belov V.V., Burianov A.F., Yakovlev G.I., Petropavlovskaya V.B., Fisher H.-B., Maeva I.S., Novichenkova T.B. Modifikatsiya struktury i svoystv stroitel'nykh kompozitov na osnove sul'fata kal'tsiya [Modification of structure and properties of structural composites on the basis of calcium sulfate]. Moscow: De Nova. 2012. 196 p.
4. Gordina A.F., Yakovlev G.I., Polyanskikh I.S., Kerene J., Fisher H.-B., Rakhimova N.R., Bur'yanov A.F. Gypsum Compositions with Complex Modifiers of Structure. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2016. No. 1–2, pp. 90–95. (In Russian).
5. Skuyans, Yu.R., Chuguev A, S., Horometskiy V.G. Investigation of the rheological properties of gypsum mixtures with additives of surfactants. Proceedings of the Latvian Academy of Agricultural Sciences. *Building materials and structures for rural construction*. 1984. Issue 209, pp. 19–23. (In Russian).
6. Uryev N.B. Fiziko-khimicheskie osnovy tekhnologii dispersnykh sistem i materialov [Physicochemical foundations of dispersed systems and materials technology]. Moscow: Khimiya. 1988. 256 p.
7. Uryev N.B. Dynamics of structured disperse systems. *Kolloidnyi zhurnal*. 1998. Vol. No. 5, pp. 662–683. (In Russian).



УДК 693.5

К.М. ВОРОНИН, канд. техн. наук (voronin.km@mail.ru),  
 Д.Д. ХАМИДУЛИНА, канд. техн. наук (loza\_mgn@mail.ru),  
 С.А. НЕКРАСОВА, канд. техн. наук,  
 И.С. ТРУБКИН, инженер,

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова (455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38)

## Вибропрессованные элементы мощения с использованием сталеплавильных шлаков

Освещено негативное влияние складирования отходов металлургических предприятий на экологическую обстановку г. Магнитогорска. Рассмотрены причины редкого использования песка из отвалных сталеплавильных шлаков в качестве мелкого заполнителя для бетонов, которая обусловлена склонностью к самопроизвольному разрушению (распаду шлаков). Выявлено, что наибольшую опасность представляют частицы размером менее 0,16 мм, а остальные песчаные фракции устойчивы к распаду. Предложено эффективное использование сталеплавильных шлаков фракции 2,5–0,16 мм взамен дефицитного речного песка. Показано, что использование мартеновского шлакового песка в вибропрессованных мелкозернистых бетонах наиболее предпочтительно за счет увеличения прочности сцепления цементного камня заполнителем. Это позволяет получить элементы мощения с эксплуатационными характеристиками, не уступающими мелкозернистому вибропрессованному бетону на речном песке.

**Ключевые слова:** мелкозернистый бетон, шлаковый песок, вибропрессование, отходы производства, экология.

**Для цитирования:** Воронин К.М., Хамидулина Д.Д., Некрасова С.А., Трубкин И.С. Вибропрессованные элементы мощения с использованием сталеплавильных шлаков // *Строительные материалы*. 2017. № 12. С. 71–73.

K.M. VORONIN, Candidate of Sciences (Engineering) (voronin.km@mail.ru), D.D. KHAMIDULINA, Candidate of Sciences (Engineering) (loza\_mgn@mail.ru), S.A. NEKRASOVA Candidate of Sciences (Engineering), I.S. TRUBKIN, Engineer, Nosov Magnitogorsk State Technical University (38, Lenin Avenue, Magnitogorsk, 455000, Russian Federation)

### Vibro-Pressed Elements of Paving with the Use of Steelmaking Slags

The negative impact of waste storage of metallurgical enterprises on the ecological situation in the city of Magnitogorsk is covered in the article. Reasons for the rare use of sand from dumped steel making slag as a fine filler for concretes which is determined by their aptitude for spontaneous destruction (decay) are considered. It is revealed that particles of size less than 0.16 mm are the most dangerous, other sand fractions are stable to the decay. The efficient use of steel making slag of 2.5–0.16 mm fractions in place of scarce river sand is proposed. It is shown that the use of open-furnace slag sand in vibro-pressed fine concretes is the most preferable due to the improvement of the adhesion strength of cement stone with the filler. This makes it possible to obtain the pavement elements with operational characteristics which are not inferior to fine vibro-pressed concrete with river sand.

**Keywords:** fine concrete, slag sand, vibro-pressing, production waste, ecology.

**For citation:** Voronin K.M., Khamidulina D.D., Nekrasova S.A., Trubkin I.S. Vibro-pressed elements of paving with the use of steelmaking slags. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 12, pp. 71–73. (In Russian).

Промышленные отходы в РФ используются не так эффективно, как это возможно, не говоря уже об их использовании в качестве вторичного сырья.

Размер шлаковых отвалов цветной и черной металлургии России, в том числе доменного, литейного, сталеплавильного и ферросплавного производств, составляет 800 млн т. В отвалах ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» скопилось более 60 млн т металлургических шлаков, которые находятся в непосредственной близости к г. Магнитогорску. Под отвалы выделены огромные территории, что нарушает естественный ландшафт. Негативное воздействие и ухудшение экологической обстановки города и региона вызывают протекающие процессы выщелачивания и выветривания. Меняется состав атмосферного воздуха и гидросферы, ухудшается качество почвы [1–4].

В настоящее время часто встречается понятие «зеленое» строительство, «зеленые» технологии, «зеленые» стандарты, что подразумевает более эффективное и рациональное использование ресурсов, использование альтернативных ресурсов для сохранения природных и переработку отходов [5–8].

Для охраны окружающей среды и здоровья человека необходимо всеми возможными способами сокращать количество образовавшихся отходов, используя комплексную переработку вместе с доступными технологиями, что полностью соответствует принципам государ-

ственной политики согласно ст. 3 ФЗ «Об отходах производства и потребления».

Доменные гранулированные шлаки на сегодняшний день являются самыми распространенными и наиболее изученными, чего нельзя сказать о шлаках ферросплавных производств.

Сталеплавильные шлаки, а именно мартеновские, не нашли широкого распространения при создании строительных материалов вследствие неоднородности по структуре, химическому составу и склонности некоторых из них к самораспаду. Помимо перечисленных факторов у мартеновских шлаков узкий интервал температуры кристаллизации, что затрудняет их грануляцию и не позволяет получить качественный материал.

В случае медленного охлаждения расплава шлака образуются алюмосиликаты кальция и магния. Отвалы шлаки с таким составом не подходят для производства цементов, но успешно могут быть использованы для изготовления шлакового щебня [9].

Виды шлаковых распадов:

- *Силикатный распад* — сопровождается переходом шлака в порошок из-за фазового перехода двухкальциевого силиката из неустойчивой β-модификации в устойчивую γ-модификацию, которая является практически инертной при взаимодействии с водой. Поэтому считается, что использование таких шлаков без предварительной стабилизации структуры затруднено. Стабилизированные

шлаки из-за наличия в них гидравлически активного  $\beta$ - $C_2S$  представляют интерес с точки зрения использования их как в качестве компонентов, замещающих часть клинкерной составляющей в композиционных цементах, так и в качестве основного алюмосиликатного компонента бесклинкерных вяжущих веществ и бетонов.

• *Сульфидный распад* обусловлен наличием сульфидов кальция, железа и марганца, которые являются причиной токсичных выделений в поверхностные и подземные воды.

• *Магнезиальный распад* происходит из-за присутствия в шлаке периклаза ( $MgO$ ), который при гидратации увеличивается в объеме.

• *Известковый распад* является наиболее распространенным, обусловлен гидратацией и последующей карбонизацией неассимилированных или выкристаллизовавшихся включений оксида кальция.

На сегодняшний день нет действенных методов стабилизации известкового распада в составе расплава шлака. Возможно лишь ускорить данный процесс, используя полив и водное рыхление шлаковых масс в отвале на протяжении 2–6 мес [10].

Известковый и магнезиальный распады, которые происходят вследствие гидратации оксида кальция и магния, могут протекать в течение значительного промежутка времени. В настоящее время стандартом не предусмотрена методика определения устойчивости шлака к этим видам распада для зерен песчаной фракции. Известно, что наибольшую опасность вызывают частицы с размером менее 0,16 мм, а остальные песчаные фракции устойчивы к распаду так как в результате дробления из них выкрашиваются частица оксидов магния и кальция.

Наиболее опасным проявлением распада шлака, при устройстве оснований и обратных засыпок зданий и сооружений является набухание шлакового массива.

Поэтому совместно с испытанием шлакового щебня на распад необходимо определять величину набухания шлака.

В работе показана возможность использования сталеплавильных шлаков взамен природного речного песка в качестве заполнителей для мелкозернистого бетона при производстве вибропрессованных элементов мощения.

Для приготовления мелкозернистого бетона использовались следующие компоненты:

- вяжущее – ПЦ400 (ЦЕМ I) ОАО «Магнитогорский цементно-огнеупорный завод» активностью 40 МПа;
- песок речной уральский фракции 2,5–0,16 мм;
- шлак мартовский ПАО «ММК» фракции 2,5–0,16 мм.

Характеристики представлены в табл. 1 и 2.

Влажность бетонной смеси для вибропрессования составила 8%. Прессование осуществлялось на виброплощадке со следующими характеристиками:

- частота – 50 Гц;
- амплитуда – 0,5 см;
- давление прессования – 0,04 МПа.

Кинетики набора прочности полученных вибропрессованных мелкозернистых бетонов в зависимости от вида заполнителя приведены в табл. 3.

### Список литературы

1. Майорова Т.В., Пономарева О.С. Методика оценки экономической оценки эффективности экологического менеджмента предприятий металлургической отрасли // *Вестник МГУ*. 2015. № 4. С. 112–116.
2. Черчинцев В.Д., Волкова Е.А., Серова А.А., Романова Е.Ю. Оценка экологического состояния Магнитогорского водохранилища и динамика изменения основных показателей его загрязнения // *Вестник МГТУ*. 2014. № 3. С. 63–66.

Таблица 1

### Химический состав шлакового песка

Массовая доля, %							
CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	ППП
30,7	10	19,1	3,02	5,25	5,26	21,01	4,85

Таблица 2

### Фазовый состав шлакового песка

Массовая доля компонентов, %		
C <sub>2</sub> S	C <sub>4</sub> AF	RO – фаза
40–45	5–7	50–53

Таблица 3

### Кинетики набора прочности вибропрессованных мелкозернистых бетонов

Вид заполнителя	Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте, сут		
	3	7	28
Песок речной	9,48	17,92	25,14
Сталеплавильный шлаковый песок	9,49	19,45	29,91

Из табл. 3 следует, что наиболее интенсивный рост прочности происходит в бетонах на шлаковом заполнителе за счет более развитой поверхности и возможности химического взаимодействия поверхности заполнителя с гидроксидом кальция, образующимся при гидратации цемента.

Использование ТВО для интенсификации твердения бетонов показало, что бетоны на шлаковом заполнителе имеют значительный прирост прочности (17,36%) по сравнению с аналогичными бетонами нормального твердения, что объясняется наиболее интенсивным взаимодействием шлаковых минералов с водой и гидроксидом кальция, которые в нормальных условиях практически не гидратируются.

Истираемость вибропрессованных мелкозернистых бетонов в зависимости от вида заполнителя составляет для бетонов на сталеплавильном шлаковом песке 0,44 г/см<sup>2</sup>, для бетонов на речном песке – 0,48 г/см<sup>2</sup>. Снижение истираемости объясняется более прочным сцеплением зерен шлакового песка с вяжущим веществом.

Морозостойкость исследуемых вибропрессованных мелкозернистых бетонов практически не отличается и составляет для бетонов с использованием сталеплавильного шлакового песка 205 циклов, для бетонов на речном песке – 220 циклов, что соответствует марке по морозостойкости F<sub>200</sub>.

Таким образом, использование песка из сталеплавильных шлаков для производства вибропрессованных элементов мощения позволяет получить проектную марку и изделия с заданными свойствами. При этом, учитывая, что шлаковый песок является малореализованным отходом, возможно снижение себестоимости изделий на 20–25%.

### References

1. Majorova T.V., Ponomareva O.S. Technique of assessment of economic assessment of efficiency of ecological management of the enterprises of metallurgical branch. *Vestnik MGU*. 2015. No. 4, pp. 112–116 (In Russian).
2. Charchincev V.D., Volkova E.A., Serova A.A., Romanova E.Ju. Assessment of the ecological state of the Magnitogorsk reservoir and the dynamics of changes in the main indicators of its pollution. *Vestnik MGTU*. 2014. No. 3, pp. 63–66. (In Russian).

3. Орешкин Д.В. Экологические проблемы комплексного освоения недр при масштабной утилизации техногенных минеральных ресурсов и отходов в производстве строительных материалов // *Строительные материалы*. 2017. № 8. С. 55–63.
4. Юшков Б.С., Калинина Е.В., Глушанкова И.С. Оценка экологической опасности строительных материалов на основе доменных металлургических шлаков // *Экология и промышленность России*. 2010. № 8. С. 38–40.
5. Теличенко В.И. От принципов устойчивого развития к «зеленым технологиям» // *Вестник МГСУ*. 2016. № 11. С. 5–6.
6. Теличенко В.И. От экологического и «зеленого» строительства к экологической безопасности строительства // *Промышленное и гражданское строительство*. 2011. № 2. С. 47–51.
7. Бенуж А.А., Колигин М.А. Анализ концепции «зеленого» строительства как механизма по обеспечению экологической безопасности строительной деятельности // *Вестник МГСУ*. 2012. № 12. С. 161–165.
8. Ремизов А.Н., Ладыгина О.М. Стимулируем «зеленое» строительство // *Жилищное строительство*. 2014. № 3. С. 35–38.
9. Шишкин В.И. Технология строительных изделий из местного сырья и техногенных отходов. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2005. 45 с.
10. Боженов П.И. Комплексное использование минерального сырья для производства строительных материалов. М.: Стройиздат, 1963. 160 с.
3. Oreshkin D.V. Environmental problems of complex development of a subsoil at large-scale utilization of technogenic mineral resources and waste in production of construction materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 8. pp. 55–63 (In Russian).
4. Yushkov B.S., Kalinina E.V., Glushankova I.S. Estimation of ecological danger of building materials on the basis of blast-furnace metallurgical slags. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2010. No. 8, pp. 38–40. (In Russian).
5. Telichenko V.I. From the principles of sustainable development to “green technologies”. *Vestnik MGSU*. 2016. No. 11, pp. 5–6. (In Russian).
6. Telichenko V.I. From ecological and green construction to ecological safety of construction. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2011. No. 2, pp. 47–51. (In Russian).
7. Benuzh A.A., Koligin M.A. The analysis of the concept of “green” construction as mechanism on ensuring ecological safety of construction activity. *Vestnik MGSU*. 2012. No. 12, pp. 161–165 (In Russian).
8. Remizov A.N., O.M. Ladygina Stimulating the «green» construction. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2013. No. 3, pp. 35–38. (In Russian).
9. Shishkin V.I. Tekhnologiya stroitel'nykh izdelii iz mestnogo syr'ya i tekhnogennykh otkhodov [The technology of building products from local raw materials and industrial waste]. Magnitogorsk: MGTU im. G.I. Nosova. 2005. 45 p.
10. Bozhenov P.I. Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya dlya proizvodstva stroitel'nykh materialov [Complex use of mineral raw materials for the production of building materials]. Moscow: Stroyizdat. 1963. 160 p.







**17-20 апреля  
Уфа 2018**

**ВЕСЕННИЙ ФОРУМ  
СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖКХ**

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ

 **ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ. ЖКХ**

 **СТРОИТЕЛЬСТВО**

 **НЕДВИЖИМОСТЬ**

**ВДНХ ЭКСПО**

+7 (347) 246-42-37, 246-42-38  
[stroy@bvkepo.ru](mailto:stroy@bvkepo.ru)  
[www.stroyforumbvk.ru](http://www.stroyforumbvk.ru)  
[strobvk](#) [stroyexpo.ufa](#)  
 #стройбvk #строительнаявыставкауфа #стройжкхуфа #форумуфа

# Указатель статей, опубликованных в журнале «Строительные материалы»® в 2017 году\*

- Проблемы материальной базы и состояния отрасли строительства**
- Вишневский А.А., Гринфельд Г.И., Смирнова А.С.** Российский рынок автоклавного газобетона. Итоги 2016 года. . . . . № 3. С. 49
- Нестеров А.В., Датукшвили Д.О.** Производство кальциевой извести в России. . . . . № 3. С. 52
- Обзор** состояния российского рынка щебня и гравия. . . . . № 5. С. 64
- Орешкин Д.В.** Экологические проблемы комплексного освоения недр при масштабной утилизации техногенных минеральных ресурсов и отходов в производстве строительных материалов . . . № 8. С. 55
- Российский рынок** керамических стеновых материалов в 2016 году . . . . . № 4. С. 4
- Семёнов А.А.** Тенденции развития российского рынка товарной извести . . . . . № 8. С. 4
- Состояние** российской экономики и ее влияние на строительный комплекс России . . . . . № 5. С. 80
- Хозин В.Г.** Стратегия развития отрасли до 2030 г. утверждена. Как обеспечить ее реализацию высококвалифицированными инженерами, если их выпуск в России прекращен? . . . . . № 4. С. 51
- Материалы и конструкции**
- Авдусева М.А., Невзоров А.Л.** Влияние магнетита на электропроводность растворной смеси . . № 11. С. 55
- Аверина Г.Ф., Черных Т.Н., Орлов А.А., Крамар Л.Я.** Выявление возможности использования магнезиальных отходов ГОК для производства вяжущих . . . . . № 5. С. 86
- Андронов С.Ю., Артеменко А.А., Кочетков А.В., Задирака А.А.** Влияние способа введения базальтовых волокон на физико-механические показатели композиционных асфальтобетонных смесей . . . . . № 7. С. 71
- Арленинов П.Д., Крылов С.Б.** Численная методика определения неизвестных технологических параметров бетонной смеси при длительных экспериментальных исследованиях . . . . . № 9. С. 37
- Артамонова О.В.** Концепции и основания технологий наномодифицирования структур строительных композитов. Часть 6. Получение наномодифицированных термально-синтезных систем твердения для конструкционной и функциональной керамики специального назначения . . . . . № 5. С. 98
- Балыков А.С., Низина Т.А., Макарова Л.В.** Критерии эффективности цементных бетонов и их применение для анализа составов высокопрочных композитов . . . . . № 6. С. 69
- Бартеньева Е.А., Машкин Н.А.** Исследование свойств модифицированного пенобетона . . № 10. С. 36
- Белов В.В., Куляев П.В.** Принципы проектирования мелкозернистых карбонатных бетонов повышенной трещиностойкости . . . . . № 7. С. 44
- Бердов Г.И., Виноградов С.А., Бернацкий А.Ф.** Влияние тепловлажной обработки на структуру и свойства цементного камня . . № 5. С. 81
- Богданов А.Н., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г.** Модификация кирпичных суглинков многослойными углеродными нанотрубками для выпуска стеновой керамики . . . . . № 9. С. 14
- Богданов Р.Р., Ибрагимов Р.А.** Состав, свойства и микроструктура модифицированного самоуплотняющегося бетона для гидроизоляции плоских кровель зданий . . . . . № 7. С. 39
- Бондарев Б.А., Черноусов Н.Н., Черноусов Р.Н., Стурова В.А.** Исследование прочностных свойств сталефиброшлакобетона при осевом растяжении и сжатии с учетом его возраста . . № 5. С. 20
- Бугаевская С.А.** Применение современного перспективного материала Изофом в строительной практике . . . . . № 6. С. 42
- Бурученко А.Е., Верещагин В.И., Мушарапова С.И.** Исследование физико-химических процессов методом измерения электропроводности в керамических массах при обжиге . . . . . № 9. С. 26
- Вайсера С.С., Пучка О.В., Лесовик В.С., Бессонов И.В., Алексеев С.В.** Влияние влагосодержания, воздухопроницаемости и плотности материала на его звукопоглощающие характеристики . . № 6. С. 24
- Вайсман Я.И., Кетов А.А., Кетов Ю.А., Мазунин С.А., Чечулин В.Л.** Получение пеностекла заданной окраски при использовании ограниченного набора пигментов . . . . . № 8. С. 36
- Вернигорова В.Н., Саденко С.М.** О нестационарности физико-химических процессов, протекающих в бетонной смеси . . . . . № 1—2. С. 86
- Волкова Н.Г.** Целесообразность разработки федерального закона о применении климатических нормативов в строительстве. . . . . № 6. С. 4
- Гагарин В.Г., Пастушков П.П.** Изменение во времени теплопроводности газонаполненных полимерных теплоизоляционных материалов. . . . . № 6. С. 28
- Гальцева Н.А., Бурьянов А.Ф., Соловьев В.Г., Ткаченко Д.И.** Модифицированное вяжущее на основе синтетического ангидрита для закладочных смесей . . . . . № 8. С. 74
- Гончаров Ю.А., Дубровина Г.Г., Губская А.Г.** Гипсокартон для защиты помещений от проникновения радона. . . . . № 10. С. 41
- Гончарова М.А., Ивашкин А.Н., Коста А.А.** Подбор и оптимизация составов бетонов для производства многопустотных плит перекрытия безопалубочного формования . . . . . № 3. С. 35
- Гончарова М.А., Ткачева И.А.** Применение адгезионных добавок в асфальтобетоне с гранитным и шлаковым щебнем . . . . . № 11. С. 39
- Гравит М.В., Кулешин А.С., Беляева С.В.** Национальные стандарты для жестких напыляемых PUR и PIR пен . . . . . № 10. С. 58
- Гринфельд Г.И., Вишневский А.А., Пастушков П.П., Козлов А.Н.** Кирпичные фасады. Правильные технические решения и примеры успешной реализации . . . . . № 4. С. 47
- Гувалов А.А., Аббасова С.И., Кузнецова Т.В.** Эффективность модификаторов в регулировании свойств бетонных смесей . . . . . № 7. С. 49
- Гурьева В.А., Дорошин А.В., Вдовин К.М., Андреева Ю.Е.** Пористая керамика на основе легкоплавких глини и шламов. . . . . № 4. С. 31
- Гурьева В.А., Кудяков А.И., Белова Т.К.** Совершенствование технологии приготовления цементного раствора с модифицированными базальтовыми микрофибрами . . . . . № 9. С. 54

\* В указатель не вошли статьи, опубликованные в данном номере. Содержание номера см. на с. 1.

- Гусев Б.В., Звездов А.И.** Теоретические и экспериментальные исследования статистических вопросов прочности бетонов . . . . . № 11. С. 18
- Гусев В.П., Сидорина А.В.** Акустические исследования звукоизолирующих покрытий на трубопроводы воздушных и газовых систем . . . . . № 6. С. 59
- Деркач В.Н.** Прочность и деформативность каменной кладки из ячеисто-бетонных блоков автоклавного твердения на полиуретановых швах. Часть 1. Прочность и деформативность при сжатии . . № 5. С. 29
- Деркач В.Н.** Прочность и деформативность каменной кладки из ячеисто-бетонных блоков автоклавного твердения на полиуретановых швах. Часть 2. Прочность на растяжение при изгибе . . . . . № 7. С. 30
- Деркач В.Н., Демчук И.Е.** Прочность и деформативность каменной кладки из ячеисто-бетонных блоков автоклавного твердения на полиуретановых швах. Часть 3. Прочность и деформативность при сдвиге . . . . . № 8. С. 32
- Добшиц Л.М.** Пути повышения долговечности бетонов . . . . . № 10. С. 4
- Ельчищева Т.Ф.** Определение влажностного режима помещений зданий при наличии в стеновом материале гигроскопических солей . . . . . № 6. С. 14
- Емельянов С.Г., Федорова Н.В., Колчунов В.И.** Особенности проектирования узлов конструкций жилых и общественных зданий из панельно-рамных элементов для защиты от прогрессирующего обрушения . . . . . № 3. С. 23
- Еремеев П.Г., Ведяков И.И.** Проектирование и возведение металлических конструкций большепролетных уникальных зданий и сооружений . . . . . № 4. С. 55
- Женжурист И.А.** Перспективы микроволнового спекания алюмосиликатной композиции в технологии керамики . . . . . № 4. С. 28
- Ибрагимов Р.А., Королев Е.В., Деберлеев Т.Р., Лексин В.В.** Прочность тяжелого бетона на портландцементе, обработанном в аппарате вихревого слоя . . № 10. С. 28
- Иноземцев А.С., Королев Е.В.** Сравнительный анализ влияния наномодифицирования и микродисперсного армирования на процесс и параметры разрушения высокопрочных легких бетонов . . . . . № 7. С. 11
- Кабанова М.К., Токарева С.А., Уваров П.П.** Основные критерии – безопасность, экологичность и долговечность строительных материалов . . . . . № 1–2. С. 90
- Кадомцева Е.Э., Моргун Л.В., Бескопыльная Н.И., Моргун В.Н., Бердник Я.А.** Исследование влияния бимодальности фибропенобетона на прочность армированных балок . . . . . № 5. С. 52
- Кайс Х.А., Морозова Н.Н.** Свойства природного цеолита для получения высокопрочного мелкозернистого бетона . . . . . № 6. С. 63
- Калашников В.И., Тараканов О.В.** О применении комплексных добавок в бетонах нового поколения . . . . . № 1–2. С. 62
- Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Дондуков В.Г.** Цементы и добавки для производства высокопрочных бетонов . . . . . № 11. С. 4
- Карпенко Н.И., Ярмаковский В.Н., Кадиев Д.З.** Влияние влажности бетона на диаграммы его деформирования под нагрузкой при низкой отрицательной (до -70°C) температуре . . . . № 6. С. 10
- Касторных Л.И., Деточенко И.А., Арнина Е.С.** Влияние водоудерживающих добавок на некоторые свойства самоуплотняющихся бетонов
- Часть 2. Реологические характеристики бетонных смесей и прочность самоуплотняющихся бетонов . . . . . № 11. С. 22
- Касторных Л.И., Рауткин А.В., Раев А.С.** Влияние водоудерживающих добавок на некоторые свойства самоуплотняющихся бетонов. Часть 1. Реологические характеристики цементных композиций . . . . . № 7. С. 34
- Кисляков К.А., Яковлев Г.И., Первущин Г.Н.** Свойства цементной композиции с применением боя керамического кирпича и микрокремнезема . . . . . № 1–2. С. 14
- Ковригин А.Г., Маслов А.В., Вальд А.А.** Факторы, влияющие на надежность композитных связей, применяемых в КПД . . . . . № 3. С. 31
- Кожухова М.И., Чулкова И.Л., Хархардин А.Н., Соболев К.Г.** Оценка эффективности применения гидрофобных водных эмульсий с содержанием нано- и микроазерных частиц для модификации мелкозернистого бетона . . . . . № 5. С. 92
- Кожухова Н.И., Данакин Д.Н.** Стабилизирующая добавка как способ оптимизации поровой структуры легковесных композитов на основе геополимерного вяжущего . . . . . № 5. С. 33
- Кожухова Н.И., Данакин Д.Н., Жерновский И.В.** Особенности получения геополимерного газобетона на основе золы-уноса Новотроицкой ТЭЦ . . . . . № 1–2. С. 113
- Кораблёва Г.А., Вавренюк С.В.** Отвальная порода угледобычи с высокой потенциальной реакционной способностью в легких растворах и бетонах . . . . . № 1–2. С. 78
- Королев Е.В.** Технико-экономическая эффективность новых технологических решений. Анализ и совершенствование . . . . . № 3. С. 85
- Королев Е.В., Гришина А.Н., Пустовгар А.П.** Поверхностное натяжение в структурообразовании материалов. Значение, расчет и применение . . . . . № 1–2. С. 104
- Котляр В.Д., Явруян Х.С.** Стеновые керамические изделия на основе тонкодисперсных продуктов переработки террикоников . . . . . № 4. С. 38
- Котлярский Э.В., Кочнев В.И., Ольховиков В.М., Абрамова А.И.** Холодная регенерация конструктивных слоев при устройстве покрытий на муниципальных дорогах . . . . . № 3. С. 70
- Крайнов Д.В.** Учет коэффициента остекленности фасада при проектировании тепловой защиты зданий . . . . . № 6. С. 32
- Кривошапкина О.В., Константинова Н.И., Меркулов А.А., Шебеко А.Ю.** Оценка способности распространения пламени по поверхности лакокрасочных покрытий . . . . . № 4. С. 72
- Крылов С.Б., Титова Л.А., Звездов А.И.** Расчет размеров вставок из напрягающего бетона при устройстве бесшовных железобетонных конструкций большой протяженности . . . . . № 4. С. 65
- Кузнецова Г.В., Бабушкина Д.А., Гайнутдинова Г.Х.** Комплексное известково-кремнеземистое вяжущее для увеличения сырьевой прочности силикатного кирпича . . . . . № 8. С. 19
- Кузнецова Г.В., Морозова Н.Н., Потапова Л.И., Клоков В.В.** Комплексная добавка для автоклавного газобетона . . . . . № 5. С. 36
- Кузнецова Н.В.** Физико-механические свойства цементных композиционных строительных материалов с применением отходов производства ЦСП . . . . . № 6. С. 7

- Кузьмин В.А.** Исследование возможностей применения отражательной теплоизоляции в многослойных сэндвич-панелях с учетом многократного отражения. . . . . № 6. С. 35
- Кустов А.А., Ибрагимов А.М.** Математические модели технических тканей с покрытием . . . № 1–2. С. 94
- Леонович С.Н., Литвиновский Д.А.** Вязкость разрушения высокопрочного бетона после воздействия высокой температуры. . . . . № 11. С. 12
- Леонович С.Н., Свиридов Д.В., Беланович А.Л., Савенко В.П., Карпушенков С.А.** Сухая смесь для получения жаростойкого пенобетона. . . № 7. С. 25
- Леонтьев С.В., Шаманов В.А., Курзанов А.Д., Яковлев Г.И.** Многокритериальная оптимизация состава теплоизоляционного автоклавного газобетона, модифицированного дисперсией углеродных нанотрубок. . . . . № 1–2. С. 31
- Лесовик В.С., Попов Д.Ю., Глаголев Е.С.** Текстиль-бетон – эффективный армированный композит будущего . . . . . № 3. С. 81
- Любомирский Н.В., Николаенко Е.Ю., Николаенко В.В., Бахтин А.С., Бахтина Т.А.** Влияние принудительной карбонизации на формирование структуры газобетона на основе известково-цементного вяжущего и карбонаткальцевого заполнителя. . . . . № 5. С. 48
- Любомирский Н.В., Федоркин С.И., Бахтин А.С., Бахтина Т.А., Любомирская Т.В.** Исследование влияния режимов принудительного карбонатного твердения на свойства материалов на основе известково-известняковых композиций полусухого прессования . . . . . № 8. С. 7
- Матвеева О.И., Винокуров А.Т., Савинов Л.С.** Исследование теплотехнических характеристик экспериментальных образцов ограждающих конструкций, изготавливаемых по технологии двойного бруса . . . . . № 6. С. 46
- Митина Н.А., Лотов В.А.** Формирование структуры цементного камня при гидратации и твердении гидрокарбонатного магниезиального вяжущего . . . . . № 8. С. 68
- Моторный Н.И.** Техногенная нарушенность камня при его добыче и обработке. . . . . № 9. С. 67
- Мухамедиев Т.А., Звездов А.И.** Особенности расчета прочности железобетонных конструкций, усиленных композитными материалами . . № 1–2. С. 73
- Мухамедиев Т.А., Соколов Б.С.** Новое в нормировании сталефибробетона и расчетах сталефибробетонных конструкций . . . . . № 4. С. 59
- Наумов А.А.** Лицевой и клинкерный кирпич из кремнистого сырья Шевченковского месторождения . . . . . № 4. С. 14
- Нижегородов А.И.** Устойчивость уплотненных вермикулитовых массивов в трехслойных стенах в критических условиях . . . . . № 11. С. 64
- Нижегородов А.И., Звездин А.В., Брянских Т.Б.** Уточненная модель теплоусвоения вермикулита при обжиге в электрических печах с учетом новых экспериментальных данных . . . . . № 3. С. 96
- Нуртдинов М.Р., Бурьянов А.Ф., Соловьёв В.Г.** Повышение эффективности применения композитной стеклопластиковой фибры в бетонах. . . . . № 4. С. 68
- Овсянников С.Н., Степанова Т.А., Топчубаев У.** Тепловая защита ограждающих конструкций быстровозводимых зданий на основе древесины. . . . . № 6. С. 52
- Оптимизация** матричной структуры при производстве газобетона с пониженным содержанием цемента благодаря методу двухступенчатого перемешивания . . . . . № 5. С. 42
- Опыт** применения поликарбоксилатных пластификаторов в производстве ССС . . . . . № 5. С. 78
- Орузбаева Г.Т., Касымова М.Т.** Определение температуры обжига Чуйской керамики VIII–XVI вв. . . . . № 9. С. 33
- От идеи** к воплощению. Российские газообразователи для производства газобетона . . . . . № 5. С. 40
- Пак А.А., Сухорукова Р.Н.** Особенности технологии газобетонных изделий и предложения по ее совершенствованию . . . . . № 1–2. С. 110
- Пастушков П.П., Гагарин В.Г.** Исследования зависимости теплопроводности от плотности и коэффициента теплотехнического качества автоклавного газобетона. . . . . № 5. С. 26
- Петелин А.Д., Сапрыкин В.И., Клевакин В.А., Клевакина Е.В.** Универсальные глины Нижне-Увельского месторождения для производства керамических строительных материалов . . . № 4. С. 11
- Пилецкий М.Э., Зубков А.Ф., Андрианов К.А.** Исследование битумоминеральной смеси, применяемой для ямочного ремонта дорожных покрытий струйно-инъекционным методом. . . . . № 6. С. 19
- Пименов С.И., Ибрагимов Р.А.** Влияние минералогического состава цемента при его активации на физико-технические свойства тяжелого бетона . . . . . № 8. С. 64
- Потапов В.В., Грушевская Е.Н., Леонович С.Н.** Модифицирование гидротермальным нанокремнеземом материалов на основе цемента . . . . . № 7. С. 4
- Розенталь Н.К., Степанова В.Ф., Чехний Г.В.** О максимально допустимом содержании хлоридов в бетоне. . . . . № 1–2. С. 82
- Руденский А.В.** Рациональное использование строительных материалов и ресурсосбережение – актуальные направления повышения эффективности работ при строительстве и ремонте автомобильных дорог. . . . . № 3. С. 76
- Русина В.В., Дубровина Ю.Ю., Чернов Е.И.** Бетоны для ограждающих конструкций на основе отходов механической переработки древесины . . . . № 10. С. 32
- Савельева М.А., Урханова Л.А., Хардаев П.К.** Перспективы использования коллоидных добавок для модификации цементного камня. . . . . № 11. С. 59
- Салахов А.М., Кабиров Р.Р., Морозов В.П., Арискина Р.А., Валимухаметова А.Р., Арискина К.А.** Исследование структуры и фазового состава глин в процессе их термической обработки . . . . . № 9. С. 18
- Салахов А.М., Морозов В.П., Вагизов Ф.Г., Ескин А.А., Валимухаметова А.Р., Зиннатуллин А.Л.** Научные основы управления цветом лицевого кирпича на заводе «Алексеевская керамика» . . . . . № 3. С. 90
- Сарайкина К.А., Шаманов В.А., Голубев В.А., Яковлев Г.И.** Прогнозирование долговечности базальтофибробетона, модифицированного наноструктурными добавками . . . . . № 1–2. С. 41
- Сафаров К.Б., Степанова В.Ф., Фаликман В.Р.** Влияние механоактивированной низкокальциевой золы-уноса на коррозионную стойкость гидротехнических бетонов Рогунской ГЭС . . . . . № 10. С. 20

- Скамницкая Л.С., Бубнова Т.П., Светов С.А.**  
Перспективы использования архейских силицитов центральной Карелии (Эльмусская и Койкарская структуры) для производства строительных материалов . . . . . № 9. С. 62
- Скрипченко Д.С., Овсянников С.Н.** Методика проведения испытаний по определению динамического модуля упругости, динамического модуля сдвига и коэффициента потерь звукоизоляционных материалов . . . . . № 6. С. 55
- Славчева Г.С.** Статистический анализ качества автоклавного газобетона в задачах повышения эффективности его производства . . . . . № 8. С. 23
- Славчева Г.С., Чернышов Е.М., Новиков М.В.**  
Теплоэффективные пенобетоны нового поколения для малоэтажного строительства . . . . . № 7. С. 20
- Соколов Н.С., Викторова С.С., Смирнова Г.М., Федосеева И.П.** Буроинъекционная свая ЭРТ как заглубленная железобетонная конструкция . . . . . № 9. С. 47
- Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н.**  
Мелкозернистый бетон как конструкционный строительный материал буроинъекционных свай ЭРТ . . . . . № 5. С. 16
- Соловьев В.Г., Еремин А.В., Елисеев Д.М., Бурьянов А.Ф.**  
Повышение водостойкости гипсового вяжущего парафиновой эмульсией . . . . . № 1–2. С. 45
- Старовойтова И.А., Семёнов А.Н., Зыкова Е.С., Хозин В.Г., Сулейманов А.М.** Модифицированные клеевые связующие для систем внешнего армирования строительных конструкций. Часть 1. Требования к клеям. Технологические характеристики . . . . . № 11. С. 50
- Столбоушкин А.Ю., Иванов А.И., Акст Д.В., Фомина О.А., Мишин М.П., Сыромясов В.А.** Неудачный опыт перепрофилирования уникального завода по производству кирпича из отходов углеобогащения и возможные пути его реконструкции . . . . . № 4. С. 20
- Столбоушкин А.Ю., Фомина О.А., Шевченко В.В., Бердов Г.И., Дружинин М.С., Камбалина И.В.**  
Исследование эксплуатационных свойств керамического кирпича матричной структуры . . . . . № 9. С. 9
- Строкова В.В., Нещет Д.Д., Нелюбова В.В., Серенков И.В.**  
Свойства композиционного вяжущего на основе наноструктурированной суспензии . . . . . № 1–2. С. 50
- Терёхина Ю.В., Талпа Б.В., Котляр А.В.** Минералогическая особенность литифицированных глинистых пород и перспективы их использования для производства строительной керамики . . . . . № 4. С. 8
- Тихомирова И.Н., Макаров А.В., Карпенко М.А.**  
Автоклавные силикатные материалы на основе отходов формовочных масс литейного производства . . . . . № 8. С. 28
- Тихонов И.Н., Мешков В.З., Звездов А.И., Саврасов И.П.**  
Эффективная арматура для железобетонных конструкций зданий, проектируемых с учетом воздействия особых нагрузок . . . . . № 3. С. 39
- Толмачев С.Н., Беличенко Е.А.** Влияние вовлеченного воздуха на свойства дорожных бетонов и фибробетонов . . . . . № 1–2. С. 68
- Урханова Л.А., Буянтуев С.Л., Лхасаранов С.А., Хмелев А.Б., Урханова А.А.** Модификация цемента и бетона углеродными наноматериалами, полученными из угольного кека . . . . . № 1–2. С. 19
- Федосов С.В., Румянцева В.Е., Коновалова В.С., Евсяков А.С.** Кольматация: явление, теория, перспективы применения для управления процессами коррозии бетонов . . . . . № 10. С. 10
- Фоменко А.И., Грызлов В.С., Федорчук Н.М., Каптюшина А.Г.** Сухая строительная смесь на основе фосфополугидрата сульфата кальция . . . . . № 7. С. 60
- Фролова М.А., Морозова М.В., Айзенштадт А.М., Тутьгин А.С.** Алюмосиликатное вяжущее на основе сапонитсодержащих отходов алмазодобывающей промышленности . . . . . № 7. С. 68
- Хаев Т.Э., Ткач Е.В., Орешкин Д.В.** Модифицированный облегченный гипсовый материал с полыми стеклянными микросферами для реставрационных работ . . . . . № 10. С. 45
- Хакимуллин Ю.Н., Аюпов Д.А., Сундуков В.И., Казакулов Р.И., Гизатуллин Б.И.**  
Нерасплаивающиеся трехкомпонентные полимерно-битумные вяжущие . . . . . № 10. С. 51
- Хела Р., Боднарова Л., Яролим Т., Лабай М.**  
Возможность диспергирования углеродных нанотрубок с помощью ультразвука . . . . . № 1–2. С. 4
- Хозин В.Г., Абдулхакова А.А., Старовойтова И.А., Зыкова Е.С.** Цементные композиции, модифицированные водной эмульсией эпоксидного олигомера . . . . . № 5. С. 73
- Хозин В.Г., Гизатуллин А.Р.** Совместимость полимеркомпозитной арматуры с цементным бетоном в конструкциях . . . . . № 11. С. 30
- Хозин В.Г., Низамов Р.К., Абдрахманова Л.А.**  
Модификация строительных полимеров (поливинилхлорида и эпоксидных) однослойными углеродными нанотрубками . . . . . № 1–2. С. 55
- Худякова Л.И., Войлошников О.В.** Влияние способов активации на свойства композиционных вяжущих материалов . . . . . № 7. С. 64
- Худякова Л.И., Войлошников О.В.** Перспективы использования серпентинизированных пород в качестве минерального порошка для асфальтобетона . . . . . № 9. С. 50
- Чернышов Е.М.** Морозная деструкция бетонов. Часть 1. Механизм, критериальные условия управления . . . . . № 9. С. 40
- Шембаков В.А.** Возможности использования российской технологии сборно-монолитного каркаса для строительства в России качественного доступного жилья и дорог . . . . . № 3. С. 9
- Шлегель И.Ф.** О рациональном применении клинкерного кирпича (в порядке обсуждения) . . . . . № 8. С. 42
- Шлегель И.Ф., Макаров С.Г.** Вопросы переработки опилок . . . . . № 10. С. 56
- Шошин Е.А.** Силикатный наполнитель, получаемый методом термолитиза модифицированных гидросиликатов цемента . . . . . № 7. С. 16
- Эльрефаи А.Э.М.М., Пудов И.А., Яковлев Г.И., Сеньков С.А., Бурьянов А.Ф.** Комбинирование добавок различного генезиса для повышения эффективности модификации цементных бетонов . . . . . № 1–2. С. 26
- Юдин И.В., Петрова И.В., Богданов В.Ф.**  
Совершенствование конструктивных решений, технологии и организации строительства крупнопанельных и панельно-каркасных домов Волжским ДСК . . . . . № 3. С. 4
- Юн А.Я.** Анализ эффективности двухслойного и однослойного утепления вентилируемых фасадов . . . . . № 7. С. 77
- Яковлев Г.И., Вдовин А.А., Гордина А.Ф., Зорин А.Н., Поторочина С.А.** Влияние комплексной добавки

- на основе отходов асбестоцементных изделий и автопокрышек на свойства мелкозернистых бетонов ..... № 9. С. 58
- Яковлев Г.И., Гордина А.Ф., Полянских И.С., Фишер Х.-Б., Рузина Н.С., Шамеева Е.В., Холмогоров М.Е.** Гипсовые композиции, модифицированные поргланцементом и металлургической пылью ..... № 6. С. 76
- Яковлев Г.И., Михайлов Ю.О., Гинчицкая Ю.Н., Кизиниевич О., Тайбахтина П.А., Балобанова Ю.А.** Строительная керамика, модифицированная дисперсиями многослойных углеродных нанотрубок ..... № 1–2. С. 10
- Технологии, оборудование и приборы**
- PROGRESS GROUP** — это больше чем поставщик технологий ..... № 3. С. 28
- Аминов В.Н., Каменева Е.Е., Устинов И.Д.** Инновационные разработки для повышения точности оценки физико-механических свойств строительных горных пород при геологической разведке ..... № 5. С. 69
- Вайсберг Л.А., Коровников А.Н., Балдаева Т.М.** Инновационные грохоты для промышленности строительных материалов ..... № 7. С. 52
- Вайсман Я.И., Кетов А.А., Кетов П.А.** Вторичное использование пеностекла при производстве пеностеклокристаллических плит ..... № 5. С. 56
- Завод «КЕТРА».** Инновационные керамические стеновые материалы — высокий стандарт строительства ..... № 4. С. 26
- Завод Ibstock South Holmwood** в Англии ..... № 9. С. 25
- Зуев В.И., Микалуцкий А.Е.** Совершенствование известеобжиговых вращающихся печей ..... № 3. С. 61
- Известь** и карбонатное твердение — следующая ступень эволюции производства строительных материалов ..... № 8. С. 13
- Ирландский** строительный концерн CRH инвестирует в экструдер с новой технологией уплотнения ..... № 5. С. 14
- Кузнецов В.Г., Киселев Н.Н., Кочетов Е.В., Кузнецов И.П.** Снижение влияния липкости горных пород и сырьевых материалов на работоспособность оборудования за счет применения ППФП-Астики ..... № 1–2. С. 99
- Кузнецов В.Г., Кузнецов И.П.** К вопросу надежного и эффективного использования ППФП-Астики на оборудовании, работающем на увлажненных материалах ..... № 8. С. 45
- Кузнецов В.Г., Кузнецов И.П.** Рекомендации по установке и креплению футеровки ППФП-Астики на промышленное оборудование, работающее на увлажненных материалах ..... № 11. С. 43
- Кузнецов В.Г., Кузнецов И.П.** Уплотнительные устройства из ППФП-Астики приемных бункеров ленточных конвейеров ..... № 5. С. 60
- Норский** керамический завод. 40 лет славы истории. Уверенность в будущем ..... № 9. С. 8
- ООО «КОМАС»** 25 лет. Комплексные технологии тепловой обработки керамического кирпича ..... № 4. С. 25
- Первая** линия по производству пустотных плит компании Nordimpianti в Якутии ..... № 3. С. 19
- Производство** стеновых панелей на длинных стендах Nordimpianti в Грузии ..... № 10. С. 26
- Региональный лидер** строительной отрасли России — ОАО «ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ № 1» ..... № 3. С. 16
- Реконструкция** и модернизация заводов по производству кирпича ..... № 4. С. 19
- Салахов А.М., Морозов В.П., Гумаров А.И., Арискина К.А., Валимухаметова А.Р., Лис О.Н., Пасынков М.В.** Опыт поверхностной обработки керамических материалов строительного назначения ..... № 4. С. 42
- Современная** туннельная печь: новые технологии ..... № 4. С. 6
- Сотрудничество** компаний BEDESCHI и LYMAN Group в Индонезии ..... № 9. С. 32
- Стандарт** безопасности КНАУФ — инвестиции в человеческий капитал ..... № 7. С. 74
- Технология** производства U-образных переемычек и просверливания ячеистого бетона компании WKB Systems GmbH ..... № 5. С. 46
- Уверенность** в будущем обеспечивается в настоящее время. Ставка на сборные железобетонные элементы ..... № 10. С. 18
- Устинов И.Д., Шуляков А.Д.** Производство кубовидного щебня — инновационный этап развития промышленности строительных материалов ..... № 5. С. 66
- Филатов Е.Ф.** Экспресс-методы прогнозирования активности цемента в заводской лаборатории ..... № 3. С. 46
- Шлегель И.Ф., Макаров С.Г., Васякин А.М.** Расширение возможностей установок «Каскад» ..... № 11. С. 47
- Шлегель И.Ф., Шаевич Г.Я., Макаров С.Г., Либерева Г.Г., Туров М.Г., Чельшев В.В.** Испытания резательного автомата в экстремальных условиях ..... № 9. С. 30
- Шуляков А.Д.** О производстве высококачественного кубовидного щебня ..... № 7. С. 56
- Конгрессы, семинары, выставки, юбилеи, информация**
- I Международные** научно-технические «Гвоздевские чтения» ..... № 11. С. 28
- IX Международная** конференция «Нанотехнологии в строительстве: NTC-2017» ..... № 5. С. 90
- VII Международная** научно-практическая конференция «InterConPan-2017: от КПД к каркасно-панельному домостроению» состоялась в столице Чувашской Республики ..... № 5. С. 6
- XXIV сессия** международного технического комитета ISO/TC 71 «Бетон, железобетон, преднапряженный железобетон» впервые пройдет в Москве в мае 2018 года ..... № 11. С. 11
- К 120-летию** со дня рождения Моисея Исаевича Хигеровича ..... № 7. С. 48
- Международная** конференция «Наноматериалы и нанотехнологии в строительстве: теория, практика, техническое регулирование» (ICNNC-2017) ..... № 7. С. 10
- Международная** научно-практическая конференция «Развитие керамической промышленности России» — 15 лет с отраслью! ..... № 9. С. 4
- Международная** научно-практическая конференция «Строительные материалы, конструкции и сооружения XXI века» ..... № 1–2. С. 118
- Первый** в Татарстане студенческий научный отряд «КерамТех» ..... № 9. С. 23
- Премия** имени И.А. Гришманова учреждена Российской инженерной академией ..... № 5. С. 4
- Ушеров-Маршак А.В.** Физико-химическая эпоха строительного материаловедения. Харьковская научно-технологическая школа ..... № 8. С. 49



## Уважаемые коллеги!

### Подписку на журнал «Строительные материалы»<sup>®</sup> оформить легко:

#### 1. На любой период в редакции

Оформить подписку в редакции можно с любого месяца на любой период. Для этого необходимо составить заявку в произвольной форме с указанием названия организации, юридического и почтового адреса

Заявки направлять по факсу: **(499) 976-22-08, 976-20-36**  
или по e-mail: **mail@rifsm.ru**

#### 2. Традиционно по каталогам

По объединенному каталогу  
«Пресса России»

индекс **70886**



По каталогу агентства  
«Роспечать»

индекс **79809**

**В настоящее время открыта подписка на I полугодие 2018 г.**

#### 3. Электронная версия

На сайте издательства **www.rifsm.ru** в разделе «Подписка» можно оформить подписку на электронную полнотекстовую версию журнала в формате \*.pdf. Это позволит вам получать журнал еще до выхода из типографии и быть независимым от почтового ведомства России. Подписаться на электронную версию журнала можно также на сайтах наших партнеров:

**elibrary.ru**

**delpress.ru**

**www.iprbookshop.ru**

**www.iprbooks.ru**

**www.bibliocomplect.ru**

**www.bibliocomplectator.ru**

**dlib.eastview.com**

#### 4. В 2018 г. в журнале «Строительные материалы»<sup>®</sup> готовятся к публикации подборки статей по:

- нанотехнологиям в строительстве
- крупнопанельному домостроению к проведению конференции «InterConPan-2018» (17–19 апреля 2018 г., Воронеж)
- керамическим строительным материалам к проведению конференции КЕРАМТЕКС 2018 (30–31 мая 2018 г. Тула)
- силикатным материалам к проведению конференции СИЛИКАТэкс-2018 (10–11 октября 2018 г., Владимир)
- гипсовым материалам в строительстве к проведению международной конференции по гипсу (20–21 сентября 2018 г., Минск)
- нерудным строительным материалам
- современным бетонам и др.

**Издательство «Стройматериалы» продолжит выпуск специальной литературы по производству строительных материалов.  
ОСТАВАЙТЕСЬ С НАМИ!**

# Как подготовить к публикации научно-техническую статью



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

Необходимыми элементами научно-технической статьи являются:

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

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

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

## НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ:

1. Включать ссылки на федеральные законы, подзаконные акты, ГОСТы, СНИПы и др. нормативную литературу. Упоминание нормативных документов, на которые опирается автор в испытаниях, расчетах или аргументации, лучше делать непосредственно по тексту статьи.

2. Ссылаться на учебные и учебно-методические пособия; статьи в материалах конференций и сборниках трудов, которым не присвоен ISBN и которые не попадают в ведущие библиотеки страны и не индексируются в соответствующих базах.

3. Ссылаться на диссертации (ссылки на авторефераты диссертаций не допускаются).

4. Самоцитирование, т. е. ссылки только на собственные публикации автора. Такая практика не только нарушает этические нормы, но и приводит к снижению количественных публикационных показателей автора.

## ОБЯЗАТЕЛЬНО следует:

1. Ссылаться на статьи, опубликованные за последние 2–5 лет в ведущих отраслевых научно-технических и научных изданиях, на которые опирается автор в построении аргументации или постановке задачи исследования.

2. Ссылаться на монографии, опубликованные за последние 5 лет. Более давние источники также негативно влияют на показатели публикационной активности автора.

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

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

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

Материал, передаваемый в редакцию в электронном виде, должен сопровождаться: рекомендательным письмом руководителя предприятия (института); лицензионным договором о передаче права на публикацию; **распечаткой, лично подписанной авторами**; рефератом объемом не менее 100 слов на русском и английском языках; подтверждением, что статья предназначена для публикации в журнале «Строительные материалы»®, ранее нигде не публиковалась и в настоящее время не передана в другие издания; сведениями об авторах с указанием полностью фамилии, имени, отчества, ученой степени, должности, контактных телефонов, почтового и электронного адресов. Иллюстративный материал должен быть передан в виде оригиналов фотографий, негативов или слайдов, распечатки файлов.

В 2006 г. в журнале «Строительные материалы»® был опубликован ряд статей «Начинающему автору», ознакомиться с которыми можно на сайте журнала [www.rifsm.ru/files/aytoru.pdf](http://www.rifsm.ru/files/aytoru.pdf)

Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте издательства <http://www.rifsm.ru/page/88>



## Hot spot for the ceramics industry

### Международный состав. Мировое значение.

Откройте для себя новейшие разработки более 600 международных участников, а также инновации будущего в разделе „аддитивное производство“.

Обширная программа конференций посвящена самым важным темам керамической промышленности:

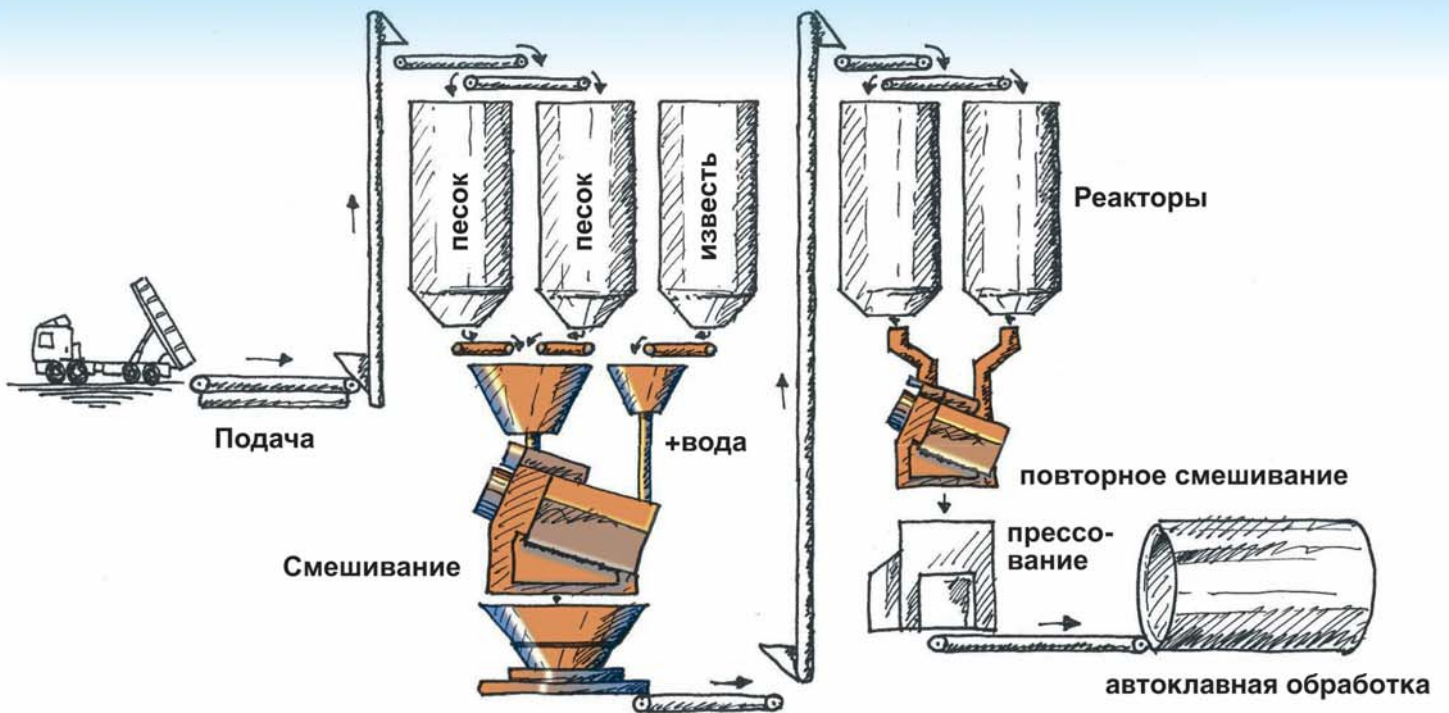
- День порошковой металлургии, 10 апреля
- Heavy Clay Day, 11 апреля
- День технической керамики, 12 апреля
- CareerDay, 13 апреля

Окунитесь в современный мир керамики.  
На **ceramitec 2018**.

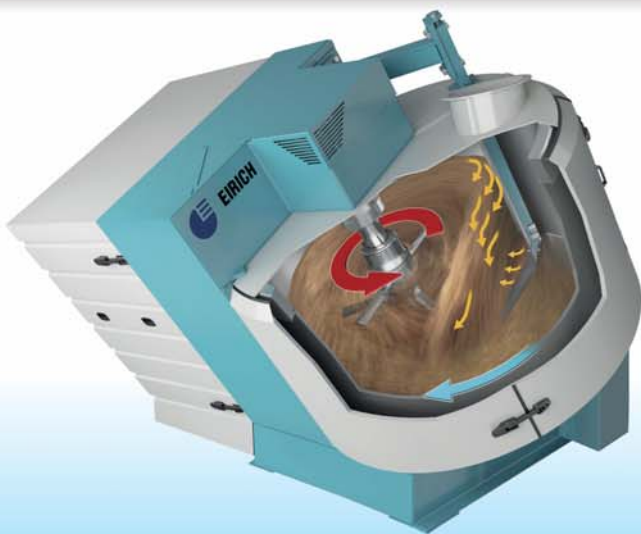
Купите билет прямо сейчас!  
[ceramitec.com/ticket/en](http://ceramitec.com/ticket/en)



**EIRICH**



## Уникальный принцип смешивания для приготовления силикатной смеси высшего качества



**Техника смешивания · Взвешивание и дозирование · Машины и установки**  
**Техника автоматического управления · Инжиниринг**

реклама



The Pioneer in Material Processing®  
 Новатор в приготовлении смесей

ООО Айрих Машинентехник  
 ул. Уржумская, 4, строение 2  
 129343 Москва, Российская Федерация  
 Телефон: (495) 7716880, факс: (495) 7716879  
 E-mail: info@eirich.ru, Internet: www.eirich.ru