

Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]

ISSN 0585-430X

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

№4



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЕТСЯ С 1955 г.

WWW.RIFSM.RU

АПРЕЛЬ 2018 г.

(758)



Ждём  
Вас на  
выставке  
КЕРАМТЭКС!

# KELLER

*Creating Solutions*

intelligent  
clay  
solutions

## ICS

intelligent  
machinery  
solutions

## IMS

intelligent  
automation  
solutions

## IAS

infrared  
temperature  
solutions

## ITS

360° Service

## Высокие технологии на основе традиций

Имея более чем 125-летний опыт работы в керамической промышленности, KELLER ICS (Intelligent Clay Solutions) является одной из самых опытных и известных машиностроительных компаний в этой области.

Кроме того, KELLER специализируется в других отраслях промышленности. Использование синергии - суммирующего эффекта взаимодействия разных областей в сочетании с эффективно действующим отделом обслуживания, делает KELLER компетентным и заслуживающим доверия партнером.

KELLER HCW GmbH  
Carl-Keller-Str. 2-10 · 49479 Ibbenbüren, Deutschland  
Tel. +49 5451 85-0 · Fax +49 5451 85310 · info@keller.de

[www.keller.de](http://www.keller.de)

**KELLER** A DIVISION OF GROUPE LEGRIS INDUSTRIES



# BEDESCHI



**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)



BRICKS



BULK  
HANDLING



CRUSHING



MARINE



CONTAINER  
LOGISTICS



GAS  
CLEANING

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

## №4

Основан в 1955 г.

(758) апрель 2018 г.

**Учредитель журнала:**  
ООО Рекламно-издательская  
фирма «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»  
Свидетельство о регистрации  
ПИ №77-1989  
**Входит в Перечень ВАК,**  
государственный проект **РИНЦ,**  
Russian Science Citation Index  
на платформе Web of Science

### 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)

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

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

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

**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)

### Отрасль в современных экономических условиях

А.А. СЕМЁНОВ

Строительство и промышленность строительных материалов в 2017 году.

Краткосрочный прогноз. .... 4

### Керамические строительные материалы

В.А. ГУРЬЕВА, А.В. ДОРОШИН, В.В.ДУБИНЕЦКИЙ, А.И. КУДЯКОВ

Формирование фазового состава керамического камня

с использованием высококальциевого бурового шлама ..... 9

В.Д. КОТЛЯР, Г.А. КОЗЛОВ, О.И. ЖИВОТКОВ, К.А. ЛАПУНОВА

Перспективы использования кремнистых опоковидных пород

для производства дорожного клинкерного кирпича

низкотемпературного спекания ..... 13

Х.С. ЯВРУЯН, В.Д. КОТЛЯР, Е.О. ЛОТОШНИКОВА, Е.С. ГАЙШУН

Исследование среднефракционных материалов переработки терриконов

для производства изделий стеновой керамики ..... 17

Новая организационная структура и новый

фирменный стиль KELLER (Информация) ..... 21

Н.А. БЕЛИК, Р.Н. ГРЫЗУНОВ, А.С. РЯБОВ

Запуск шихтовального комплекса на Воронежском Рудоуправлении,

разработка новых марок шихты на примере кирпичного завода

«Тербунский гончар» (Информация) ..... 22

А.Ю. СТОЛБОВУШКИН

Перспективное направление развития строительных

керамических материалов из низкокачественного сырья ..... 24

В.В. КУРНОСОВ, В.Р. ТИХОНОВА

Совершенствование технологии обжига керамического кирпича

в кольцевых печах ..... 29

Измельчение сухим способом – отправная точка производства

высококачественной фасадной керамики (Информация) ..... 34

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

Взаимосвязь водопоглощения и водонепроницаемости

керамической черепицы из аргиллитоподобных глин ..... 36

С.В. ФЕДОСОВ, С.А. МАЛБИЕВ

Нормирование возведения подземных конструкций зданий

и сооружений из каменных материалов ..... 41

Теплая керамика BRAER для жилищного строительства в России (Информация) ... 46

### Современные бетоны: наука и практика

Е.И. ШМИТЬКО, Н.А. БЕЛЬКОВА, Ю.В. МАКУШИНА

Влияние поверхностно-активных веществ на влажностную усадку бетонов ..... 48

© ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»,  
журнал «Строительные материалы»®, 2018

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

Registration certificate

PI № 77–1989

Included in the list of journals of  
the Higher Attestation Commission  
(Russia), Project Russian Science

Citation Index (Russia), Russian

Science Citation Index on the

platform Web of Science

# Monthly scientific-technical and industrial journal

# STROITEL'NYE MATERIALY®

## №4

Founded in 1955

(758) April 2018

### 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)

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

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

**LESVIK 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)

### Industry under present economic conditions

A.A. SEMENOV

**Construction and Building Materials Industry in 2017. Short-Term Forecast** ..... 4

### Ceramic building materials

V.A. GUR'EVA, A.V. DOROSHIN, V.V. DUBINETSIIY, A.I. KUDYAKOV

**Formation of the Phase Composition of Ceramic Stone  
with the Use of High-Calcium Drill Cuttings** ..... 9

V.D. KOTLYAR, G.A. KOZLOV, O.I. ZHIVOTKOV, K.A. LAPUNOVA

**Prospects of the Use of Siliceous Opoka-Like Rocks for Production  
of Paving Clinker of Low-Temperature Sintering** ..... 13

K.S. YAVRUYAN, V.D. KOTLYAR, Ye.O. LOTOSHIKOVA, E.S. GAISHUN

**Investigation of Medium-Fraction Materials Processing of Terriconics  
for Production Wall Ceramic Products** ..... 17

**New Organizational Structure and New Company Identity of KELLER (Information)** ... 21

N.A. BELIK, R.N. GRYZUNOV, A.S. RYABOV

**Start-up of the Batch Complex at Voronezh Rudoupravleniye,  
Development of New Grades of Batch on the Example  
of Brick Factory "Terbunsky Gonchar" (Information)** ..... 22

A.Yu. STOLBOUSHKIN

**Perspective Direction of Development of Building Ceramic Materials  
From Low-Grade Stock** ..... 24

V.V. KURNOSOV, V.R. TIKHONOVA

**Enhancement of Technology of Ceramic Brick Burning in Ring Furnaces** ..... 29

**Dry Grinding is the Starting Point for Production  
of High-Quality Facade Ceramics (Information)** ..... 34

Y.V. LAZAREVA, K.A. LAPUNOVA, M.E. ORLOVA, A.V. KOTLYAR

**Relationship of Water Absorption and Water Resistance  
of a Ceramic Tile from Argil-Lith-Like Clays** ..... 36

S.V. FEDOSOV, S.A. MALBIEV

**Regulation of Construction of Underground Structures  
of Buildings and Facilities from Stone Materials** ..... 41

**Warm Ceramics BRAER for Housing Construction in Russia (Information)** ..... 46

### Modern concretes: science and practice

E.I. SHMIT'KO, N.A. BEL'KOVA, Yu.V. MAKUSHINA

**Influence of Surfactants on Humid Shrinkage of Concretes** ..... 48

V.N. VERNIGOROVA, S.M. SADENKO

**Concrete Mix Structure and Role of Water in Its Physical-Chemical Transformation  
in Concrete** ..... 52

# Строительные материалы № 4

В.Н. ВЕРНИГОРОВА, С.М. САДЕНКО

Структура бетонной смеси и роль воды в ее физико-химическом преобразовании в бетон ..... 52

А.И. МАКЕЕВ, Е.М. ЧЕРНЫШОВ

Отсевы дробления гранита как компонентный фактор формирования структуры бетона.  
Часть I. Постановка проблемы. Идентификация отсевов ..... 56

## Материалы и технологии

М.И. КОЖУХОВА, К.Г. СОБОЛЕВ, И.Л. ЧУЛКОВА, В.В. СТРОКОВА

Изучение характеристик стабильности силиконовых гидрофобизирующих водных эмульсий ..... 61

В.С. СЕМЁНОВ, К.А. ТЕР-ЗАКАРЯН, А.Д. ЖУКОВ, Ю.В. САЗОНОВА

Особенности реализации изоляционных систем в условиях Крайнего Севера ..... 65

Т.В. ЩУКИНА, М.Ю. КОПЫТИНА, Д.Н. КИТАЕВ, А.С. СУХОРУКИХ

Теплозащитные свойства покрытий на основе сухих строительных смесей нового поколения ..... 71

# Stroitel'nye Materialy No. 4

A.I. MAKEEV, E.M. CHERNYSHOV

Granite Crushing Screenings as a Component Factor of Concrete Structure Formation  
Part 1. Problem Definition. Identification of Screenings as a Component Factor of Structure Formation ..... 56

## Materials and technologies

M.I. KOZHUKHOVA, K.G. SOBOLEV, I.L. CHUKOVA, V.V. STROKOVA

Study on Stability of Water-Based Siloxane Hydrophobic Emulsions ..... 61

V.S. SEMENOV, K.A. TER-ZAKARYAN, A.D. ZHUKOV, Yu.V. SAZONOVA

Features of Realization of Insulation Systems under Conditions of the Far North ..... 65

T.V. SHCHUKINA, M.Yu. KOPYTINA, D.N. KITAEV, A.S. SUKHORUKIKH

Heat Protection Properties of Coverings on the Basis of Dry Building Mixes of a New Generation ..... 71

## Уважаемые коллеги!

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

Для этого необходимо прислать заявку в произвольной форме

по тел./факсу: (499) 976-22-08, 976-20-36 или по эл. почте: mail@rifsm.ru.

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

Открыта подписка на электронную версию журнала: <http://rifsm.ru/page/5/>

На почте подписку можно оформить:



По объединенному каталогу  
«Пресса России»

индекс **70886**



По каталогу агентства  
«Роспечать»

индекс **79809**

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

ООО «ГС-Эксперт» (125047, г. Москва, 1-й Тверской-Ямской пер., 18, оф. 239)

## Строительство и промышленность строительных материалов в 2017 году. Краткосрочный прогноз

Приведены сведения о состоянии и основных тенденциях развития российской экономики, строительного комплекса и промышленности строительных материалов. Представлены данные об объемах и динамике строительных работ, объемах строительства жилых и нежилых зданий, объемах и динамике ипотечного кредитования и банковского финансирования строительных компаний, динамике производства основных видов строительных материалов.

**Ключевые слова:** строительство, промышленность строительных материалов, анализ рынка.

**Для цитирования:** Семёнов А.А. Строительство и промышленность строительных материалов в 2017 году. Краткосрочный прогноз // *Строительные материалы*. 2018. № 5. С. 4–8.

A.A. SEMENOV, Candidate of Sciences (Engineering), General Director (info@gs-expert.ru)  
ООО «GS-Expert» (18, Off. 239, 1-st Tverskoy-Yamskoy Pereulok, 125047, Moscow, Russian Federation)

### Construction and Building Materials Industry in 2017. Short-Term Forecast

The article presents information on the state and main trends of the development of the Russian economy, the construction complex and the building materials industry. Data on volumes and dynamics of construction works are submitted, volumes of construction of residential and non-residential buildings, volumes and dynamics of mortgage lending and bank financing of construction companies, the dynamics of production of basic types of building materials.

**Keywords:** construction, building materials industry, market analysis.

**For citation:** Semenov A.A. Construction and building materials industry in 2017. Short-term forecast. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2018. No. 5, pp. 4–8. (In Russian).

Начиная с 2012 г. в экономике Российской Федерации отмечалось устойчивое снижение темпов развития, а в 2015 г. страна полностью погрузилась в очередной экономический кризис, чему способствовало сочетание внешних и внутренних факторов. В 2016 г. падение всех макроэкономических показателей продолжилось, однако темпы их снижения замедлились. В 2017 г. началось медленное восстановление российской экономики.

По итогам 2017 г. ВВП вырос на 1,5% по сравнению с уровнем предыдущего года, что несколько меньше, чем планировалось Министерством экономического развития (1,8–2%).

Рост объемов промышленного производства в 2017 г. замедлился до 1% против 1,3% годом ранее. Как и в 2016 г., драйверами роста промышленности стали химическая и пищевая отрасли.

Инвестиции в основной капитал в 2017 г. выросли на 4,4% по сравнению с уровнем 2016 г.

Благодаря более высоким ценам на нефть (49 дол. США/баррель в 2017 г. и 41–43 дол. США/баррель в последующие три года) курс рубля будет ослабевать гораздо медленнее: 63 р./дол. США в 2017 г. (вместо планировавшихся ранее 68 р./дол. США) и 64,7; 66,9 и 68 р. за доллар вместо ожидавшихся ранее 69,8; 71,2 и 72,7 р. соответственно.

Инфляция по итогам 2017 г. составила 3,7% (в ноябре–декабре 2017 г. фиксировалась инфляция на уровне 2,5% к аналогичному периоду 2016 г.), что даже несколько ниже таргета ЦБ РФ (4%) и стало минимальным значением за новейшую историю страны.

Однако реальные доходы россиян в 2017 г. продолжили снижаться: 1,7% к уровню 2016 г., что существенно ниже прогноза Минэкономразвития РФ. Падение данного показателя сохраняется четвертый год подряд.

Согласно базовому сценарию «Прогноза социально-экономического развития на 2018 г. и плановый период 2019 и 2020 гг.» (табл. 1), подготовленному Министер-

ством экономического развития в сентябре 2017 г., рост ВВП, промышленного производства и инвестиций в основной капитал восстановятся уже в 2017 г., а в 2018–2020 гг. будет наблюдаться ускорение темпов роста ВВП и инвестиций в основной капитал. При этом, заложенный в уровень цен на нефть 41–44 дол. США/баррель в 2018–2020 гг. существенно ниже сложившегося уровня цен в 2017 г. (около 53 дол. США/баррель), что приведет при сохранении текущего уровня цен к дополнительным доходам бюджета и ускорению роста ВВП.

Инфляция, согласно прогнозу министерства и ЦБ РФ, будет зафиксирована на отметке около 4% в следующие три года.

В среднесрочной перспективе в базовом варианте Прогноза в 2018–2020 гг. темпы прироста промышленного производства составят ежегодно в среднем 2,5%. В обрабатывающих отраслях промышленности положительные темпы роста ожидаются в производстве пищевых продуктов, текстильных изделий и одежды, производстве кожи и изделий из кожи, в обработке древесины и производстве изделий из дерева, производстве бумаги и бумажных изделий, производстве кокса и нефтепродуктов, химическом производстве, производстве резиновых и пластмассовых изделий, производстве лекарственных средств, металлургическом производстве и производстве машин и оборудования.

За период с 2018 по 2020 г. промышленное производство увеличится на 10%, опережающими темпами будут расти обрабатывающие производства – прирост за три года составит 10,5%. Рост инвестиционного спроса определит высокие темпы роста отраслей машиностроения. Из промежуточных производств наиболее высокими темпами будут развиваться отрасли, совмещенные с производством товаров инвестиционного назначения: химическое производство увеличится на 20,4%; производство резиновых и пластмассовых изделий – на 22,6%; обработка древесины и производство изделий из дерева – на 8,5%; производство прочей неметаллической

Таблица 1

Основные показатели прогноза социально-экономического развития Российской Федерации на 2018–2020 гг.

(Источник: МЭР РФ, Росстат, Минфин РФ)

Показатель	Сценарий	2016	2017	2018	2019	2020
ВВП, %	Базовый	<b>-0,2</b>	1,5	2,1	2,2	2,3
	Целевой			2,2	2,6	3
	Консервативный			0,8	0,9	1,5
Инфляция, в среднем за год, %	Базовый	7,1	3,7	4	4	4
	Целевой			4	4	4
	Консервативный			4,3	4	4
Инвестиции в основной капитал, %	Базовый	<b>-0,9</b>	4,4	4,7	5,6	5,7
	Целевой			5,7	6,7	8,6
	Консервативный			<b>-0,5</b>	1,5	1,5
Промышленное производство, %	Базовый	1,3	1	2,5	2,5	2,5
	Целевой			2,7	2,9	3,2
	Консервативный			1,3	1,5	1,6
Реально располагаемые доходы населения, %	Базовый	<b>-5,1</b>	<b>-1,7</b>	2,1	1,1	1,2
	Целевой			2,3	1,4	1,7
	Консервативный			1,4	0,2	0,6
Цена нефти Urals, дол. США/баррель	Базовый	41,7	53	43,8	41,6	42,4
	Целевой			43,8	41,6	42,4
	Консервативный			36,8	35	35

минеральной продукции (промышленность строительных материалов) – на 11,5%.

**Объемы строительных работ**

На протяжении последних пяти лет объемы работ, выполняемых по виду деятельности «Строительство», стабильно сокращаются (табл. 2). По итогам 2017 г. данный показатель сократился на 1,4% по сравнению с уровнем предыдущего года. Т. е., даже с учетом крупных инвестиционных проектов, таких как Крымский мост, строительство стадионов и объектов транспортной инфраструктуры к Чемпионату мира по футболу 2018 г., строительство газопроводов «Сила Сибири» и «Турецкий поток» с их инфраструктурой и др., в сопоставимых ценах объемы строительства стабильно сокращаются уже на протяжении пяти лет.

**Жилищное строительство**

В сегменте жилищного строительства сохраняется снижение объемов ввода зданий, начавшееся в конце 2015 г. По итогам 2017 г. объем ввода жилых домов составил 78,6 млн м<sup>2</sup>, что на 2% меньше, чем годом ранее. В том числе индивидуальными застройщиками было введено 241,1 тыс. жилых домов общей площадью 32,7 млн м<sup>2</sup>, что составило 102,8% к уровню 2016 г. При этом доля индивидуального домостроения в общей площади завершенного строительством жилья составила в целом по России – 41,6%.

Т. е., несмотря на продолжающееся снижение реальных доходов населения, в прошлом году Росстат зафиксировал рост индивидуального жилищного строительства, которое в предыдущие два года устойчиво снижалось. По оценкам автора, во многом это может быть обусловлено завершением срока «дачной амнистии» и желанием населения успеть «вскочить в последний вагон» и легализовать свои дома до 2018 г. (в дальнейшем сроки «дачной амнистии» были продлены). Такой же аномально высокий рост объемов ИЖС наблюдался и в начале «дачной амнистии» в 2013–2014 гг.

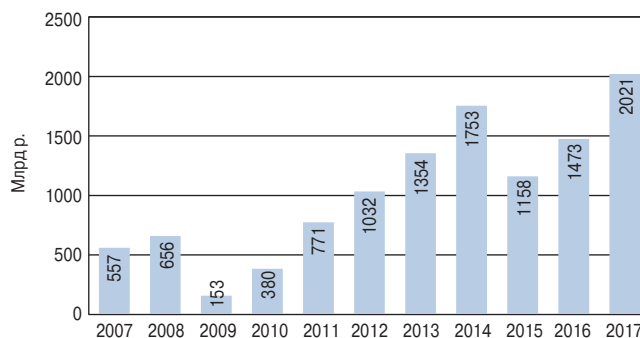


Рис. 1. Объемы ипотечного кредитования в России в 2007–2017 гг. (Источник: АИЖК, ЦБ РФ)

Индустриальное же домостроение в 2017 г., напротив, существенно снизилось. Этому также способствовало много факторов, в том числе и наблюдаемое в последние годы банкротство крупных и средних застройщиков, ужесточение законодательства в области долевого строительства, сложности с привлечением кредитных ресурсов и т. д.

**Ипотечное кредитование**

Рост ипотечного рынка был одним из основных драйверов жилищного строительства. За 2014 г. в России было выдано более 1 млн ипотечных кредитов на общую сумму 1,76 трлн р., что в 1,23 раза превышает уровень 2013 г. в количественном и в 1,3 раза в денежном выражении (рис. 1). Выданный объем ипотечных кредитов, по предварительным оценкам, позволил приобрести около 45–45,2 млн м<sup>2</sup> жилья, в том числе 19–19,2 млн м<sup>2</sup> вновь построенного и строящегося.

В 2015 г. объем выдачи ипотечных кредитов упал на 34%. Этому способствовала девальвация рубля, рост ставки Центробанка, снижение доходов населения.

Для поддержки рынка ипотечного кредитования и рынка жилищного строительства в целом Правительство



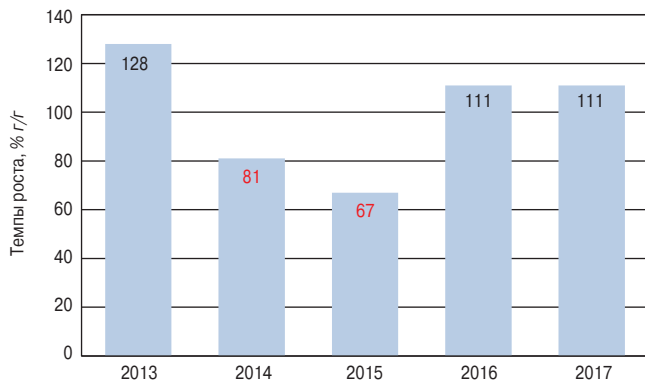


Рис. 2. Динамика выдачи банковских кредитов строительным компаниям в 2013–2017 гг. (Источник: ЦБ РФ)

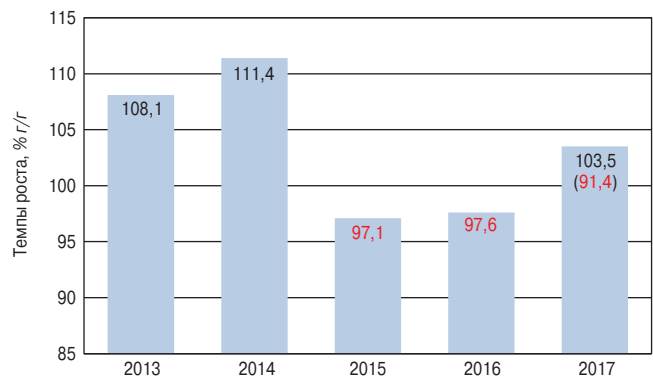


Рис. 3. Динамика ввода в эксплуатацию нежилых зданий в 2013–2017 гг. (Источник: Росстат)

во РФ в 2015 г. приняло решение о субсидировании ставки по вновь выдаваемым ипотечным кредитам на цели приобретения нового или строящегося жилья. Ставка для заемщика составила 12%.

Реализация данной Программы оказала существенную поддержку рынку ипотечного кредитования в 2015 г. В рамках Программы было выдано более 30% всего объема ипотечных кредитов в 2015 г.

В 2016 г. Правительство РФ приняло решение о продлении программы поддержки ипотечного рынка до конца 2016 г. Как результат – рост ипотечного кредитования восстановился, а объем выданных ипотечных кредитов за 2016 г. вырос на 27% по сравнению с предыдущим годом до 1,47 трлн р.

Основным драйвером роста ипотечного кредитования в 2017 г. стало существенное снижение процентных ставок (с 12,78% в январе 2017 г. до 9,78% в декабре) на фоне стабилизации отечественной экономики и снижения ставки ЦБ РФ.

Наблюдаемое в текущем году дальнейшее снижение ставки ЦБ РФ, а также реализация Правительственной программы по субсидированию ипотечных ставок для семей с двумя и тремя детьми (до уровня 6% годовых) в ближайшие годы приведут к дальнейшему росту объемов ипотечного кредитования и соответственно росту спроса на жилье.

#### Банковское кредитование строительных компаний

После существенного снижения объемов банковского кредитования строительных компаний, наблюдавшегося в 2014–2015 гг. (2014 г.: -19%; 2015 г.: -33%), обусловленного девальвацией рубля и существенным ростом ставки ЦБ РФ, в 2016 г. ситуация существенно улучшилась. По итогам 2016 г., по данным ЦБ РФ, объем выданных банковских кредитов вырос на 11% по сравнению с уровнем предыдущего года. В 2017 г. темпы роста выданных банковских кредитов также составили 11%.

Минстрой прогнозирует восстановление положительной динамики ввода жилья уже в текущем году. По оценкам министерства, в 2018 г. в стране будет введено порядка 80 млн м<sup>2</sup> жилых домов, а к 2025 г. объем ввода увеличится до 120 млн м<sup>2</sup>.

По оценкам Министерства экономического развития, ключевыми факторами развития жилищного стро-

Таблица 2  
Выполнение работ по виду деятельности «Строительство» в России в 2013–2017 гг. (Источник: Росстат)

Показатель	2013	2014	2015	2016	2017
Объем работ, млрд р.	5917,2	5981,7	5945,5	7204,2	7545,9
% к пред. году (в сопоставимых ценах)	98,5	93,5	93	97,8	98,6

Таблица 3  
Объемы жилищного строительства в России в 2013–2017 гг. (Источник: Росстат)

Показатель	2013	2014	2015	2016	2017
Объем ввода жилых домов, млн м <sup>2</sup>	70,5	84,2	85,3	80,2	78,6
% к пред. году	108,1	117,9	101,3	94	97,9
в том числе ИЖС, млн м <sup>2</sup>	30,7	36,2	35,2	31,8	32,7
% к пред. году	108,1	117,9	97,2	90,3	102,8
многоквартирные дома (индустриальное домостроение), млн м <sup>2</sup>	39,8	48	50,1	48,4	45,9
% к пред. году	106,7	120,6	104,4	96,6	94,8
Доля ИЖС, %	43,5	43	41,2	39,6	41,6

ительства в ближайшие три года станут реализация программы реновации жилого фонда в Москве и реализация проекта «Ипотека и арендное жилье». Среднегодовые темпы роста объемов ввода жилья в ближайшие три года составят 7–9%. Объем ввода жилых домов в 2020 г. превысит 90 млн м<sup>2</sup>.

По оценкам ГС-Эксперт, реализация программы реновации в Москве в ближайшие годы не окажет существенного влияния на увеличение объемов жилищного строительства, так как планируемые к вводу объемы жилья в рамках данной программы составят всего 0,9–1,5 млн м<sup>2</sup> в год, что сопоставимо с текущим объемом строительства жилья за счет бюджетных средств города.

Существенным сдерживающим фактором для роста жилищного строительства также станет постепенный отказ от договоров долевого участия в строительстве и переход полностью на проектное финансирование, что приведет к удорожанию строительства.

#### Строительство нежилых зданий

На фоне общего экономического спада и снижения инвестиционной и деловой активности в стране с 2015 г. стали снижаться объемы строительства нежи-

Объем ввода нежилых зданий различного назначения в 2013–2017 гг.

(Источник: Росстат)

Назначение	2013	2014	2015	2016	2017
<b>Количество введенных нежилых зданий – всего, тыс.</b>	<b>19</b>	<b>21,2</b>	<b>20,3</b>	<b>18,8</b>	<b>17,2</b>
из них:					
промышленные	3	3,4	3,1	2,9	2,3
сельскохозяйственные	2,1	2,3	2,5	2,7	2,6
коммерческие	7,1	7,9	7,2	6,1	5,8
административные	1,2	1,4	1,3	1,2	1
учебные	0,9	1,1	1,2	0,7	0,6
системы здравоохранения	0,7	0,7	0,8	0,7	0,6
другие	4	4,4	4,2	4,5	4,3
<b>Общая площадь зданий – всего, млн м<sup>2</sup></b>	<b>30,7</b>	<b>34,2</b>	<b>33,2</b>	<b>32,4</b>	<b>29,6</b>
из них:					
промышленные	4,2	5,2	4,8	4,6	4,2
сельскохозяйственные	4,4	4,6	5,1	5,8	7,3
коммерческие	9,5	12	11,6	10,2	8,1
административные	2,2	2,5	2,1	1,9	1,5
учебные	3,3	3,9	4,5	3,3	3
системы здравоохранения	1,3	0,8	0,9	1,1	1,1
другие	5,8	5,2	4,2	5,5	4,4

лых зданий и сооружений (рис. 3). Пик падения объемов ввода новых зданий пришелся на 2016 г.: объемы ввода в эксплуатацию новых офисных зданий снизились на 12%; торговых центров – на 10%; складских комплексов и производственных зданий – на 4%. Однако в 2017 г., по оперативным данным Росстата, отмечено возобновление роста объемов ввода нежилых зданий, обусловленного существенным ростом объемов ввода сельскохозяйственных зданий и объектов здравоохранения (+42% и +10% соответственно при сопоставлении с оперативными данными за 2016 г.). В то же время в стране продолжается падение объемов строительства торговых центров (-13%) и офисных зданий (-4%) (табл. 4).

Однако при сравнении объемов ввода нежилых зданий в 2017 г. с уточненными данными за 2016 г. (с учетом малых предприятий и досчета по отдельным позициям) можно наблюдать снижение объемов ввода 8,6%. Тем не менее после получения уточненных данных Росстата в мае–июне текущего года с большой долей вероятности можно говорить о стабилизации или незначительном росте объемов ввода нежилых зданий.

В *Москве* в 2017 г., по данным JLL, было введено в эксплуатацию всего 408 тыс. м<sup>2</sup> качественных офисных площадей (+29% к уровню 2016 г.). Учитывая текущее состояние заявленных на 2018 г. проектов, строительство некоторых из них не будет завершено в срок, а объем ввода составит около 300 тыс. м<sup>2</sup> – на 26% меньше, чем в 2017 г.

Объем ввода торговой недвижимости в 2017 г. стал рекордно низким за последние пять лет и составил 150 тыс. м<sup>2</sup> (GLA). В 2018 г. прогнозируется увеличение объемов ввода торговой недвижимости до 306 тыс. м<sup>2</sup>.

В *Санкт-Петербурге* по итогам 2017 г., по данным АйБи Групп, объем ввода офисных зданий составил всего 50 тыс. м<sup>2</sup>. За счет планируемого к вводу в 2018 г. Лахта-Центра объем ввода новых площадей в текущем году прогнозируется на уровне около 400 тыс. м<sup>2</sup>.

Строительство новых качественных объектов торговой недвижимости в 2017 г. не осуществлялось (девелоперы были сосредоточены на реконструкции и изменении концепции существующих объектов) и не планируется в текущем году. При этом в краткосрочной перспективе дефицита торговых площадей в городе не прогнозируется.

В *Казани* объем ввода новых офисных зданий в 2017 г. составил всего 20,3 тыс. м<sup>2</sup>. Объем ввода торговых площадей составил также 20 тыс. м<sup>2</sup>. В 2018 г. планируется к вводу около 190 тыс. м<sup>2</sup> ТРЦ.

В *Екатеринбурге* в 2017 г. объем ввода новых офисных площадей составил 45,2 тыс. м<sup>2</sup> (три офисных центра); в 2018 г. ввода новых офисных зданий не запланировано. Ввод новых торговых площадей в 2017 г. не было, но в 2018 г. планируется ввод 42,5 тыс. м<sup>2</sup>.

В *Новосибирске* в 2017 г. было введено в эксплуатацию три офисных центра общей площадью 34,7 тыс. м<sup>2</sup> и три торговых комплекса общей площадью 101,5 тыс. м<sup>2</sup>.

Т. е. существенного роста ввода объемов офисной и торговой недвижимости в краткосрочной перспективе не прогнозируется.

#### Промышленность строительных материалов

С 1 января 2017 г. в РФ осуществлен переход на применение в статистической практике новых версий Общероссийского классификатора видов экономической деятельности (ОКВЭД2) и Общероссийского классификатора продукции по видам экономической деятельности (ОКПД2), гармонизированных соответственно со Статистической классификацией видов экономической деятельности в Европейском экономическом сообществе (NACE Rev.2) и Статистической классификацией продукции по видам деятельности в Европейском экономическом сообществе (CPA 2008).

Появление нового классификатора привело к существенным сложностям при отнесении предприятиями промышленности строительных материалов выпускаемой продукции к тому или иному коду, что привело к

существенному искажению данных производственной статистики и ее несопоставимости с данными за предыдущие периоды.

По оценкам Росстата и Министерства экономического развития РФ, индекс производства по товарной группе «Производство прочей неметаллической минеральной продукции» (основной объем представлен продукцией промышленности строительных материалов) составил 102,5% (в 2015 г. – 92,2%; в 2016 г. – 93,4%).

По оценкам ГС-Эксперт, действительно, минувший год принес замедление падения производственных показателей, однако говорить о возобновлении устойчивого роста производства в отрасли еще рано (табл. 5).

Согласно «Прогнозу социально-экономического развития Российской Федерации на 2018 г. и плановый период 2019 и 2020 гг.», подготовленном Министерством экономического развития РФ в сентябре 2017 г., в 2018–2020 гг. темпы роста производства «прочей неметаллической минеральной продукции» составят +2,7 – +2,9% в год (суммарно рост составит около 8,5% к уровню 2017 г.). При этом производство цемента за период с 2018 по 2020 г. увеличится на 14,7% (темпы роста будут увеличиваться с 3% в 2018 г. до 6,2% в 2020 г.). Производство ЖБИ вырастет на 12,3% (при этом темпы роста производства, напротив, будут снижаться с 8% в 2018 г. до 1% в 2020 г.). Производство же строительного кирпича (керамического и силикатного) в прогнозный период и вовсе снизится на 17,9%! При этом на долю строительства домов с кирпичными стенами в последние годы, по данным Росстата, стабильно приходится около трети от общего объема возводимого в стране жилья. Из чего в ближайшие три года планируется строить все больший объем жилья (МЭР РФ прогнозирует рост на +14 – +15% к уровню 2017 г.), становится непонятно.

**Таблица 5**

**Темпы роста производства некоторых видов строительных материалов в 2015–2017 гг.**

(Источник: Росстат, данные предприятий, оценка ГС-Эксперт)

Продукция	Темпы роста производства г/г, %		
	2015	2016	2017
Цемент	-10,1	-11,4	-0,3
Товарная известь	-0,4	-3,6	-2
Гипс	-9,5	-7,4	-5,3
Щебень и гравий	-7	-0,3	+5,8
Кирпич керамический	-9,9	-17,4	-6,4
Кирпич силикатный	-15,6	-31	-7,4
Блоки из автоклавного газобетона/газосиликата	-1	-7,3	-2,4
ЖБИ и К	-19,1	-15,6	-4,3
Товарный бетон	-17,6	-8,9	+1,8
Листовое стекло	-4,1	+5,3	-0,8
Плитки керамические	+2	-1,3	+8,5
Изделия теплоизоляционные минераловатные	-4,8	-5,5	+7

По оценкам ГС-Эксперт, в 2018 г. промышленность строительных материалов все-таки начнет выходить из кризиса. Однако устойчивый рост начнется только в 2019 г. При этом в отличие от кризиса 2008–2009 гг. период восстановления отрасли будет гораздо более продолжительным.

г. Веймар (Германия)  
12–14 сентября 2018 г.



Институт строительных материалов им. Ф.А. Фингера (FIB) университета Bauhaus-Universität г. Веймар (Германия) организует 20-й Международный конгресс по строительным материалам

Международный конгресс по строительным материалам IBAUSIL проводится в г. Веймаре с 1964 г. и за это время стал авторитетным форумом для научного обмена между исследователями университетов и промышленных предприятий с востока и запада.

**Основные темы конгресса**

- Неорганические вяжущие вещества;
- Стеновые строительные материалы / содержание бетоны и долговечность бетонов;
- Сооружения / переработка материалов.

Официальные языки конференции – немецкий, английский

Подробности вы найдете на сайте: [www.ibausil.de](http://www.ibausil.de)

[www.ibausil.de](http://www.ibausil.de)

[www.ibausil.de](http://www.ibausil.de)

[www.ibausil.de](http://www.ibausil.de)

[www.ibausil.de](http://www.ibausil.de)

УДК 691.42

В.А. ГУРЬЕВА<sup>1</sup>, д-р техн. наук, (victoria-gurieva@rambler.ru), А.В. ДОРОШИН<sup>1</sup>, инженер,  
В.В. ДУБИНЕЦКИЙ<sup>1</sup>, инженер; А.И. КУДЯКОВ<sup>2</sup>, д-р техн. наук

<sup>1</sup> Оренбургский государственный университет (460018, г. Оренбург, пр. Победы, 13)

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

## Формирование фазового состава керамического камня с использованием высококальциевого бурового шлама

Представлены результаты получения стеновой керамики на основе композиции легкоплавкого глинистого сырья – суглинки и высококальциевого компонента – бурового шлама (КБШ) в количестве 30%. Проведенные исследования позволили установить влияние химико-минералогического состава, тонкости помола сырья на преобразования исходных компонентов в ходе обжига и формирование фазового состава керамики. Выявлено, что термические процессы, происходящие в керамическом изделии с различным содержанием CaO и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, оказывают влияние на механизм и интенсивность образования кристаллических фаз, структуру и свойства керамического кирпича. При этом снижается температура новообразований в связи с тем, что при диссоциации КБШ образуется CaO, принимающий активное участие в кристаллизации анортито- и волластонитоподобных фаз. Описанные фазовые и структурные изменения позволяют получить керамический кирпич на основе кальцийсодержащей добавки – бурового шлама со стандартными физико-механическими свойствами.

**Ключевые слова:** керамический кирпич, декарбонизация, кристаллическая фаза, буровой шлам, новообразования, карбонат кальция.

**Для цитирования:** Гурьева В.А., Дорошин А.В., Дубинецкий В.В., Кудяков А.И. Формирование фазового состава керамического камня с использованием высококальциевого бурового шлама // *Строительные материалы*. 2018. № 4. С. 9–12.

V.A. GUR'eva<sup>1</sup>, Doctor of Sciences (Engineering), (victoria-gurieva@rambler.ru), A.V. DOROSHIN<sup>1</sup>, Engineer,  
V.V. DUBINETSKIY<sup>1</sup>, Engineer; A.I. KUDYAKOV<sup>2</sup>, Doctor of Sciences (Engineering)

<sup>1</sup> Orenburg State University (13, Avenue Pobedi, Orenburg, 460018, Russian Federation)

<sup>2</sup> Tomsk State University of Architecture and Building (2, Solyanaya Square, Tomsk, 634003, Russian Federation)

### Formation of the Phase Composition of Ceramic Stone with the Use of High-Calcium Drill Cuttings

Results of producing the wall ceramic on the basis of the composition of low-melting clay raw materials-loam- and a high calcium component – drill cuttings (CDC) in the amount of 30% are presented. The research conducted made it possible to establish the influence of chemical-mineralogical composition, fineness of raw material grinding on the conversion of initial components in the course of burning and formation of the phase composition of ceramics. It is revealed that the thermal processes, occurring in the ceramic product with different content of CaO and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, impact on the mechanism and intensity of the formation of crystal phases, structure and properties of ceramic bricks. At this, the temperature of new formations reduces due to the fact that, when CDC dissociates, CaO, which is actively involved in the crystallization of anorthite- and wollastonite-like phases, is formed. Phase and structural changes described make it possible to produce the ceramic brick on the basis of the calcium-containing additive, drill cuttings, with standard physical and mechanical properties.

**Keywords:** ceramic brick, decarbonization, crystal phase, drill cuttings, new formations, calcium carbonate..

**For citation:** Gur'eva V.A., Doroshin A.V., Dubinetskiy V.V., Kudyakov A.I. Formation of the phase composition of ceramic stone with the use of high-calcium drill cuttings. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2018. No. 4, pp. 9–12. (In Russian).

За последнее десятилетие значительно снизились запасы ранее разработанных месторождений качественного глинистого сырья для нужд керамической промышленности России. При этом разведка и открытие новых месторождений намного отстают от возросшей потребности в сырье и увеличении объемов производства. Проблема дефицита вынуждает предприятия переходить на многокомпонентные смеси на основе местного глинистого сырья, в том числе низкого качества, и промышленных многотоннажных отходов [1, 2]. В связи с этим возникает необходимость в исследова-

ниях, связанных с созданием керамического кирпича, удовлетворяющего требованиям действующего национального стандарта ГОСТ 530–2012, из некондиционных глин и нетрадиционных видов минерального сырья [3–5].

Для проведения исследований были приготовлены керамические массы на основе местных месторождений легкоплавких глин Бугурусланское, Новосергеевское, Бузулукское с использованием высококальциевого бурового шлама (CaO=37,76%) в количестве 30% с объектов ПАО «Оренбургнефть» (см. таблицу). Ис-

Состав	Месторождение глины	Содержание компонентов, %		Свойства керамического кирпича			
		Глина	Буровой шлам	Водопоглощение, %	Предел прочности при сжатии, МПа	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Огневая усадка, %
A <sub>1</sub>	Бузулукское	100	–	14,5	20,1	1890	1,2
A <sub>2</sub>		70	30	14,8	19,4	1830	0,5
B <sub>1</sub>	Бугурусланское	100	–	11,5	21,8	1900	1,8
B <sub>2</sub>		70	30	11,8	20,5	1840	0,7
H <sub>1</sub>	Новосергеевское	100	–	9,3	26,2	1910	2
H <sub>2</sub>		70	30	10,2	25,1	1850	0,9

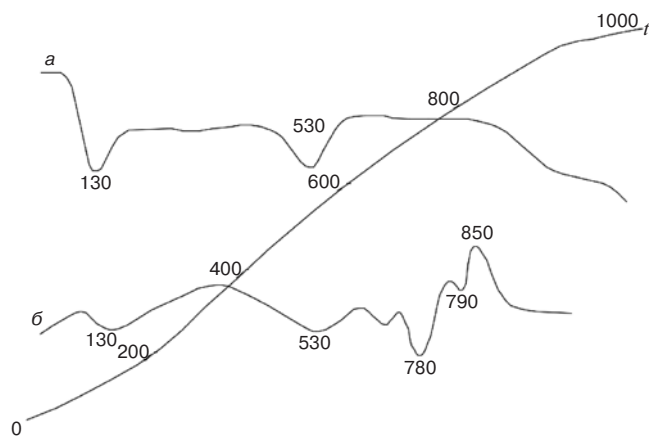


Рис. 1. Термограммы керамических масс: а – состав Б<sub>1</sub>; б – состав Б<sub>2</sub>

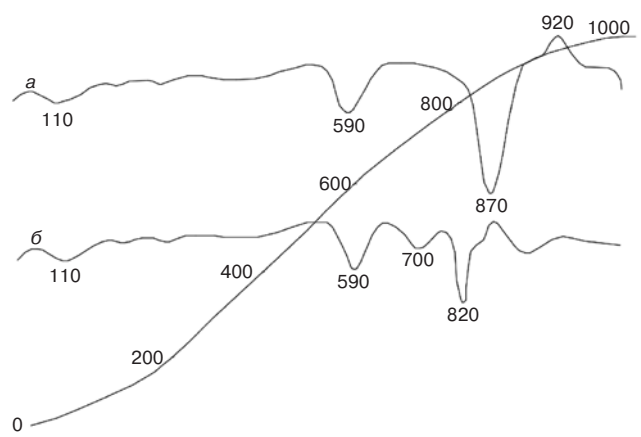


Рис. 2. Термограммы керамических масс: а – состав Н<sub>1</sub>; б – состав Н<sub>2</sub>

пользуемые при исследовании глины являются красножгущимися с содержанием  $Fe_2O_3 > 3\%$ .

Керамические образцы формовались методом полусухого прессования в виде цилиндров диаметром 50 мм, обжигались при температуре  $1000^\circ C$  с изотермической выдержкой в течение 3 ч при максимальной температуре. Результаты физико-механических свойств представлены в таблице.

Полученные результаты послеобжиговых свойств образцов позволили сделать следующие выводы. При вводе в шихту 30% кальцийсодержащего бурового шлама происходит увеличение водопоглощения во всех образцах на 3–5% независимо от месторождения глинистого сырья. Предел прочности при сжатии образцов на основе глины Бузулукского месторождения уменьшается на 7–10%. Очевидно, декарбонизацию  $CaCO_3$ , вводимого с глинистой составляющей и со шламом, определяет рост открытой пористости. В то же время в керамических образцах на основе малокарбонатных глин Бугурусланского и Новосергеевского месторождений ( $CaO$  соответственно 3,35 и 5,58% [6]), обожженных при температуре  $1000^\circ C$ , процессы формирования фазового состава и структуры отличаются от процессов, протекающих в карбонатсодержащих глинах.

Для определения степени влияния кальцийсодержащего бурового шлама на формирование фазового состава керамического камня были проведены дифференциально-термический и рентгенофазовый анализ образцов на основе глин бугурусланской (составы Б<sub>1</sub>, Б<sub>2</sub>) и новосергеевской (составы Н<sub>1</sub>, Н<sub>2</sub>), прочность которых при вводе добавки шлама снизилась на 5–7%. Полученные результаты приведены на рис. 1–4.

При обжиге образца состава Б<sub>1</sub> из чистой глины на кривой ДТА (рис. 1, а) наблюдаются эндотермические эффекты: первый – при температуре  $130^\circ C$ , что соответствует выделению межслоевой воды в гидрослюдах и каолините; второй – при температуре  $530^\circ C$ , что указывает на удаление из каолинита химически связанной (гидратной) воды и приводит к его дегидратации. Для чистого каолинита в интервале температуры  $930\text{--}980^\circ C$  фиксируется экзотермический эффект, который указывает на кристаллизацию муллитоподобных новообразований. Однако в случае бугурусланской глины происходит наложение данного пика с эндотермическим в интервале  $830\text{--}1000^\circ C$ , указывающее на удаление оставшейся порции гидроксильной воды и полное разрушение структуры гидрослюд.

При обжиге образцов состава Б<sub>2</sub>, состоящих из глины 70% и 30% кальцийсодержащего шлама, процесс формирования фазового состава камня отличается от формирования фазового состава камня Б<sub>1</sub>. На кривой ДТА

(рис. 1, б) кроме эндотермических эффектов при температуре  $130$  и  $530^\circ C$  наблюдается снижение температуры – эндотермический эффект, соответствующий декарбонизации  $CaCO_3$ . Присутствие в формовочной шихте известняка способствует смещению пика эндотермического эффекта с  $900$  до  $780^\circ C$ . Образование оксида кальция при более низкой температуре обеспечивает формирование новых кристаллических фаз, что подтверждается экзотермическим эффектом при  $850^\circ C$ .

На термограмме (рис. 2, а), соответствующей процессам, протекающим при обжиге образцов на основе новосергеевской глины Н<sub>1</sub>, наблюдаются три эндотермических эффекта. Первый пик с максимумом  $110^\circ C$  обусловлен удалением физической влаги; при температуре  $590^\circ C$  происходит дегидратация каолинита; третий эндотермический эффект возникает при диссоциации карбонатных соединений при температуре  $870^\circ C$ . Согласно [7] экзотермический эффект при температуре  $920^\circ C$  вызван взаимодействием метакаолинита  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  с  $CaO$  или остатками продуктов разрушения  $CaCO_3$  и кристаллизацией алюмосиликатов кальция. Данное предположение подтверждено в ходе рентгенофазового анализа.

Термограмма обжига образцов состава Н<sub>2</sub>, содержащих 30% кальцийсодержащего бурового шлама (рис. 2, б), отличается от термограммы образцов состава Н<sub>1</sub> снижением температуры декарбонизации  $CaCO_3$  до  $820^\circ C$ . Это обеспечивает образование промежуточных соединений двойных карбонатов, а также сульфатов и хлоридов, содержащихся в буровом шламе и их твердых растворов, являющихся нестойкими и с повышением температуры разрушающимися с образованием  $CaO$ . По утверждению автора [8], данная реакция происходит в интервале температуры  $810\text{--}830^\circ C$ :



Кроме того, возникающий эндотермический эффект при температуре  $700^\circ C$  соответствует образованию микрорасплава за счет легкоплавкой эвтектики [9].

При этом можно утверждать, что прочность образца Н<sub>2</sub> зависит не только от количества образующихся кристаллических фаз, но и от образования дополнительной пористости вследствие декарбонизации кальцийсодержащего бурового шлама, что выражается в повышении водопоглощения и снижении плотности и механической прочности образцов.

Таким образом, в образцах на основе бугурусланской и новосергеевской глин с различным содержанием  $CaO$  и  $Fe_2O_3$  проходящие термические процессы оказывают различное влияние на механизм формирования кристаллических фаз, структуры и свойств керамического материала.

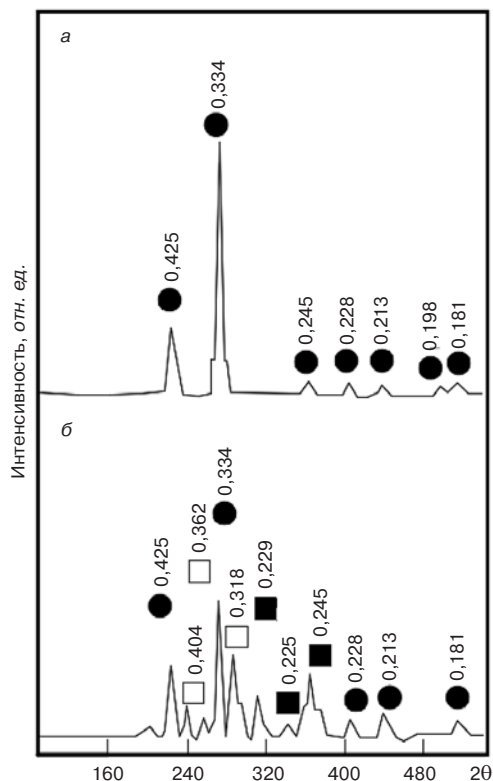


Рис. 3. Рентгенограммы образцов на основе бугурусланской глины: а – состав  $B_1$ ; б – состав  $B_2$ ; □ – анортит; ● – кварц; ■ – геденбергит

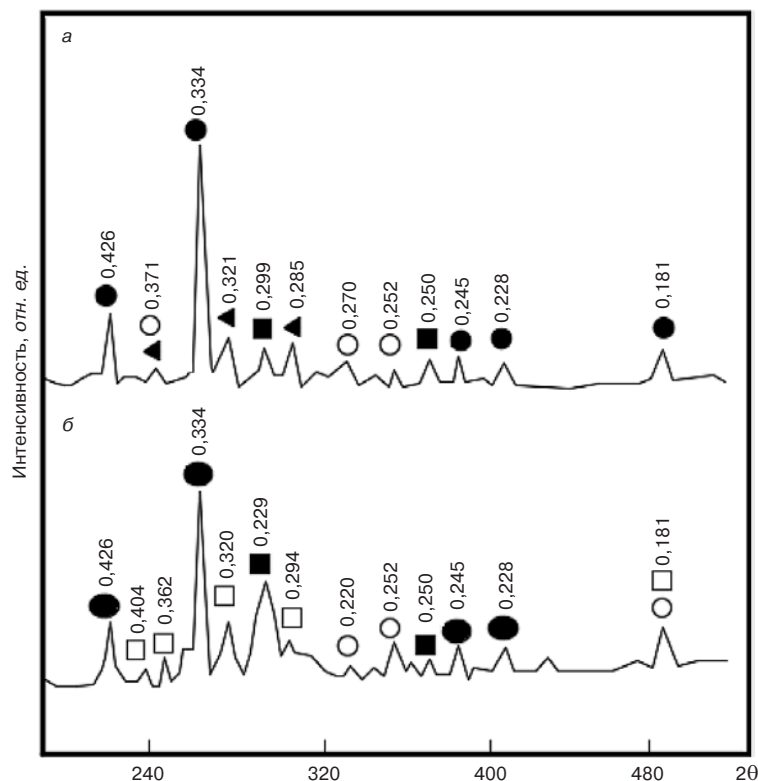


Рис. 4. Рентгенограммы образцов на основе глины новосергеевской: а – состав  $H_1$ ; б – состав  $H_2$ ; □ – анортит; ● – кварц; ■ – геденбергит; ○ – гематит

Прочностные характеристики в образцах на основе новосергеевской глины и бурового шлама связаны с новообразованиями кристаллических фаз с участием CaO в отличие от образцов на основе бугурусланской глины, в которых не происходит изменений фазового состава при введении бурового шлама. При этом стоит отметить снижение температуры их кристаллизации в связи с образованием CaO при низкой температуре.

С целью подтверждения сделанных выводов и идентификации новообразований в процессе обжига масс на основе опытных глин проведен рентгенофазовый анализ.

В процессе проведения лабораторных исследований было установлено [6], что в структуре керамического кирпича, состоящего из масс со значительным процентным содержанием карбоната кальция, происходит образование кальцийсодержащих кристаллических фаз, которые позволяют получить эксплуатационные характеристики керамического кирпича в соответствии со стандартом. Стоит отметить, что многие исследователи делают заключения об ухудшении свойств материала со значительным присутствием в массах карбоната кальция [10]. В связи с этим исследования, направленные на интенсификацию спекания керамики с повышенным содержанием  $CaCO_3$  и управление процессами фазо-структурного образования при низкотемпературном обжиге, имеют научный интерес.

Представленные рентгенограммы керамических образцов на основе бугурусланской глины ( $B_1$ ), а также глины и кальцийсодержащего бурового шлама ( $B_2$ ), обожженных при температуре  $1000^\circ C$ , различаются по составу кристаллических фаз. В эталонном образце из чистой глины идентифицируется только  $\beta$ -кварц с межплоскостными расстояниями ( $d$ : 0,425; 0,334; 0,254; 0,228; 0,213 нм), что подтверждает отсутствие экзотических, характерных для процессов образования других фаз (рис. 1, а). При введении 30% кальцийсодержащего бурового шлама (рис. 3, б) наряду с кварцем отмечаются

дифракционные пики анортита  $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  ( $d$ : 0,404; 0,318; 0,295 нм). Также следует отметить образование новой фазы  $Ca(Mg_{0,41}Fe_{0,59})[Si_2O_6]$  с межплоскостными расстояниями ( $d$ : 0,299; 0,29; 0,254; 0,257; 0,253 нм), которая, по данным исследований [9], устойчива при температуре ниже  $1000^\circ C$ . Появление данной фазы вследствие ранней декарбонизации (рис. 1, б), разложение двойных карбонатов при температуре  $780^\circ C$ , появление CaO и кристаллизация сложного состава железосодержащего твердого раствора приводят к увеличению прочностных характеристик.

Данные рентгенофазового анализа структуры образцов новосергеевской глины (рис. 4, а) показывают наличие следующих кристаллических фаз:  $\beta$ -кварца ( $d$ : 0,426; 0,334; 0,245; 0,228; 0,213 нм), гематита  $\alpha-Fe_2O_3$  ( $d$ : 0,370; 0,270; 0,252 нм), калиевых полевошпатных минералов  $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$  ( $d$ : 0,371; 0,285 нм) и железосодержащего твердого раствора геденбергита с межплоскостными расстояниями ( $d$ : 0,299; 0,290; 0,257; 0,250 нм).

Рентгенофазовый анализ минералогического состава новообразований образцов керамики (рис. 4, б) с добавкой кальцийсодержащего бурового шлама и щелочных оксидов в составе полевого шпата позволил установить кристаллическую фазу типа анортита  $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  ( $d$ : 0,404; 0,320; 0,318; 0,295 нм) и увеличение дифракционных максимумов железосодержащих твердых растворов за счет образования CaO при более низких температурах в результате увеличения жидкой фазы.

Полученные экспериментальные данные указывают на то, что формирование фазового состава и структуры керамики на глинах с различным химико-минералогическим составом при вводе кальцийсодержащего бурового шлама зависит от температуры его диссоциации, снижение которой обусловлено появлением промежуточных соединений двойных солей. Разрушение последних и образование CaO происходит при более низких температурах, что способствует интенсивному об-

разованию кристаллических фаз, увеличению их количества и приводит к изменению фазового состава. Описанные фазовые и структурные изменения обуславливают получение стандартных физико-механических свойств керамических изделий на основе кальцийсодержащей добавки – бурового шлама [7].

## Список литературы

1. Кара-сал Б.К.О., Серен Ш.В. Состояние и проблемы производства керамических стеновых материалов при использовании низкосортных глинистых пород // *Вестник Тувинского государственного университета. № 3. Технические и физико-математические науки.* 2015. № 3 (26). С. 7–13.
2. Карпачева А.А. Расширение сырьевой базы керамической промышленности // *Управление отходами – основа восстановления экологического равновесия в Кузбассе. Сборник докладов Второй международной научно-практической конференции.* Новокузнецк. 08–10 октября 2008. С. 116–120.
3. Портал Правительства Оренбургской области: План мероприятий Правительства Оренбургской области по реализации Стратегии социально-экономического развития ПФО на период до 2020 года на территории Оренбургской области. [www.orenburg-gov.ru/strateg/2030](http://www.orenburg-gov.ru/strateg/2030).
4. Кувькин Н.А., Бубнов А.Г., Гриневиц В.И. Опасные промышленные отходы. Иваново: Ивановский государственный химико-технологический университет, 2004. 148 с.
5. Гурьева В.А., Дубинецкий В.В., Вдовин К.М. Буровой шлам в производстве изделий строительной керамики // *Строительные материалы.* 2015. № 4. С. 75–76.
6. Дубинецкий В.В., Гурьева В.А., Вдовин К.М. Применение бурового шлама в качестве отощителя для производства керамического кирпича: *Материалы Всероссийской научно-методической конференции – ОГУ.* 2014. С. 145–147.
7. Яценко Н.Д., Зубехин А.П. Научные основы инновационных технологий керамического кирпича и управление его свойствами в зависимости от химико-минералогического состава сырья // *Строительные материалы.* 2014. № 4. С. 28–31.
8. Лугинина И.Г. Химия и химическая технология неорганических вяжущих материалов. Ч. 1. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2004. 240 с.
9. Яценко Н.Д., Зубехин А.П., Голованова С.П., Лихота О.В., Вильбицкая Н.А. Влияние природы сырьевых материалов и минерализаторов на спекание керамических масс // *Вестник БГТУ.* 2003. № 5. Ч. 2. С. 287–289.
10. Brook R.I. Principles for the production of ceramics with improved chemical characteristics // *British Ceramic Society.* 1982. No. 32.

## References

1. Kara-sal B.K.O., Seren Sh.V. The state and problems of the production of ceramic wall materials using low-grade clay rocks. *Vestnik Tuvinского gosudarstvennogo universiteta. № 3 Tekhnicheskie i fiziko-matematicheskie nauki.* 2015. No. 3 (26), pp. 7–13. (In Russian).
2. Karpacheva A.A. Expanding the raw material base of the ceramic industry. *Waste management is the basis for restoring ecological balance in the Kuzbass. Collection of reports of the Second International Scientific and Practical Conference.* Novokuznetsk. 08–10 October 2008, pp. 116–120. (In Russian).
3. Portal of the Government of the Orenburg region: Plan of measures of the Government of the Orenburg region for

the implementation of the Strategy of social and economic development of the Volga Federal District for the period until 2020 in the territory of the Orenburg region. [www.orenburg-gov.ru/strateg/2030](http://www.orenburg-gov.ru/strateg/2030). (In Russian).

4. Kuvykin N.A., Bubnov A.G., Grinevich V.I. *Opasnye promyshlennyye otkhody [Hazardous industrial waste].* Ivanovo: Ivanovo State University of Chemical Technology. 2004. 148 p.
5. Gurieva V.A., Dubinetsky V.V., Vdovin K.M. Drilling slurry in production of building ceramic products. *Stroitel'nye Materialy [Construction Materials].* 2015. No. 4, pp. 75–76. (In Russian).
6. Dubynetsky V.V., Guryeva V.A., Vdovin K.M. The use of drill cuttings as a guard for the production of ceramic bricks. *Materials of the All-Russian Scientific and Methodological Conference – OSU.* 2014, pp. 145–147. (In Russian).
7. Yatsenko N.D., Zubekhin A.P. Scientific bases of innovative technologies of ceramic bricks and the management of its properties depending on chemical and mineralogical composition of materials. *Stroitel'nye Materialy [Construction Materials].* 2014. No. 4, pp. 28–31. (In Russian).
8. Lugina I.G. *Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya neorganicheskikh vyazhushchikh materialov. Ch.1. [Chemistry and chemical technology of inorganic binders. Part 1].* Belgorod: Publishing house BSTU named after V.G. Shukhov. 2004. 240 p.
9. Yatsenko N.D., Zubekhin A.P., Golovanova S.P., Likhota O.V., Vil'bitskaya N.A. Influence of the nature of raw materials and mineralizers on sintering of ceramic masses. *Vestnik BGTU.* 2003. No. 5. Part 2, pp. 287–289. (In Russian).
10. Brook R.I. Principles for the production of ceramics with improved chemical characteristics. *British Ceramic Society.* 1982. No. 32.

## Книга «Керамические пигменты»

Авторы – Масленникова Г.Н., Пиц И.В.

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



**Заказать литературу можно через редакцию,  
направив заявку произвольной формы  
по факсу: (499) 976-22-08, 976-20-36;  
e-mail: [mail@rifsm.ru](mailto:mail@rifsm.ru), [www.rifsm.ru](http://www.rifsm.ru)**

УДК 691.42:552.55

В.Д. КОТЛЯР, д-р техн. наук (diatomit\_kvд@mail.ru), Г.А. КОЗЛОВ, канд. техн. наук (skrudge\_k@mail.ru), О.И. ЖИВОТКОВ (zvoleg@list.ru), К.А. ЛАПУНОВА, канд. техн. наук (keramik\_kira@mail.ru)

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

## Перспективы использования кремнистых опоковидных пород для производства дорожного клинкерного кирпича низкотемпературного спекания

Представлены результаты работ по изучению возможности получения дорожного клинкерного кирпича на основе кремнистых опоковидных пород. Дана общая характеристика данных пород и их карбонатно-глинистых разновидностей. Показано, что ввод минерализаторов в количестве 1% позволяет получить изделия с водопоглощением менее 2,5% при температуре обжига 1050–1100°C. Получаемые изделия отвечают требованиям нормативных документов и имеют желтый или темно-желтый цвет. Установлено, что основными технологическими факторами при производстве клинкерного кирпича являются температура обжига изделий, степень измельчения исходной породы и количество минерализующей добавки. Учитывая свойства глинисто-карбонатных опок, способ производства изделий может быть как экструзионный, так и компрессионный. Техничко-экономические расчеты показали высокую эффективность инвестиций в производство дорожного клинкерного кирпича на основе опок.

**Ключевые слова:** дорожный клинкерный кирпич, опока, минерализатор, зерновой состав, обжиг, прочность, водопоглощение.

**Для цитирования:** Котляр В.Д., Козлов Г.А., Животков О.И., Лапунова К.А. Перспективы использования кремнистых опоковидных пород для производства дорожного клинкерного кирпича низкотемпературного спекания // *Строительные материалы*. 2018. № 4. С. 13–16.

V.D. KOTLYAR, Doctor of Sciences (Engineering) (diatomit\_kvд@mail.ru), G.A. KOZLOV, Candidate of Sciences (Engineering) (skrudge\_k@mail.ru), O.I. ZHIVOTKOV, (zvoleg@list.ru), K.A. LAPUNOVA, Candidate of Sciences (Engineering) (keramik\_kira@mail.ru)  
Don State Technical University (1, Gagarina Square, Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation).

### Prospects of the Use of Siliceous Opoka-Like Rocks for Production of Paving Clinker of Low-Temperature Sintering

Results of the study of possibilities to produce the paving clinker on the basis of siliceous opoka-like rocks are presented. The general characteristic of these rocks and their carbonate-clayey types is given. It is shown that the introduction of mineralizers in the amount of 1% makes it possible to produce products with water-absorption less than 2.5% at a burning temperature of 1050–1100°C. The products obtained meet the requirements of normative documents and have a yellow or dark-yellow color. It is established that the main technological factors when producing the clinker brick are the burning temperature of products, the degree of grinding of the initial rock and the amount of mineralizing additive. Taking into account the properties of clay-carbonate flasks, the method for producing products can be both as an extrusion and compression. Technical-economic calculations show a high efficiency of investments in the production of road clinker brick on the basis of flasks.

**Keywords:** paving clinker, opoka, mineralizer, grain composition, burning, strength, water absorption.

**For citation:** Kotlyar V.D., Kozlov G.A., Zhivotkov O.I., Lapunova K.A. Prospects of the use of siliceous opoka-like rocks for production of paving clinker of low-temperature sintering. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2018. No. 4, pp. 13–16. (In Russian).

Увеличивающийся с каждым годом спрос на клинкерную керамику в нашей стране в основном покрывается за счет поставок этой продукции из-за рубежа. Сложившаяся ситуация во многом связана с ограниченными запасами спекающихся глин, являющихся традиционной сырьевой базой для производства клинкерной продукции, а также с отсутствием производственных мощностей, способных производить клинкерную керамику при повышенной температуре. Поэтому изыскание сырьевых материалов и разработка технологий производства клинкерной керамики низкотемпературного спекания — до 1100°C, с требуемыми эксплуатационными и эстетическими показателями является важной народнохозяйственной задачей для нашей страны в области импортозамещения и развития стройиндустрии. Получение клинкерного дорожного кирпича при температуре до 1100°C, помимо снижения затрат на обжиг, позволяет организовать производство на существующих печах для обычного керамического кирпича. Печи с температурой обжига выше 1100°C существенно дороже при строительстве, так как они более материалоемки и для них используются огнеупоры более высокого класса.

Многолетние исследования, проводимые на кафедре «Строительные материалы» Академии строительства

и архитектуры Донского государственного технического университета, показали перспективность использования кремнистых опоковидных пород в производстве различных изделий строительной керамики [1–4]. Задачей данных исследований является оценка кремнистых опоковидных пород как сырья для производства дорожного клинкерного кирпича.

Опоки — это обширная группа пород, особенностями которых является преобладание в составе опал-кристаллитового кремнезема, тонкопористая структура, низкая средняя плотность (1200–1600 кг/м<sup>3</sup>), невысокая прочность, неразмокаемость или плохая размокаемость в воде. Цвет опок изменяется от желтого, желто-серого, буро-серого до темно-серого. Залегают опоки обычно на возвышенных участках, около поверхности, являясь рельефообразующими отложениями, на малощельных в сельскохозяйственном отношении землях. Месторождения опок отличаются большой мощностью полезного ископаемого — десятки метров, а также выдержанностью состава.

Помимо опалового кремнезема в опоках присутствуют глинистые минералы, тонкодисперсные карбонаты, цеолиты и другие горные породы. В зависимости от содержания того или иного компонента выделяют различные разновидности опок — глинистые, карбо-



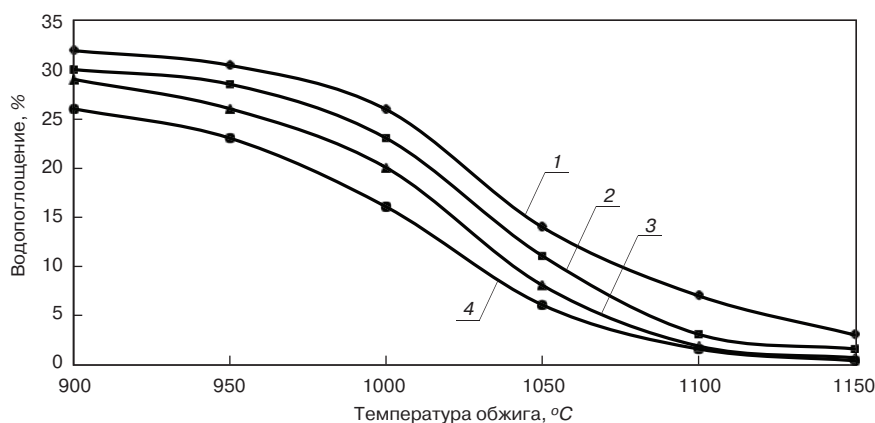


Рис. 1. Влияние степени измельчения и температуры обжига на водопоглощение образцов: 1 – 0–1,25 мм; 2 – 0–0,63 мм; 3 – 0–0,315 мм; 4 – 0–0,16 мм

натные, глинисто-карбонатные и др. [5]. Результаты ранее проведенных исследований, а также предварительные результаты данных исследований показали, что для клинкерного кирпича наиболее пригодными являются глинисто-карбонатные опоки. Данные разновидности опок характеризуются присутствием глинистых минералов, преимущественно из группы гидрослюд, в количестве 20–40%, а также присутствием тонкодисперсных карбонатов (размер частиц менее 0,05 мм) в количестве 10–20% [6–9]. Отличительной особенностью опок является существенное влияние на свойства изделий помимо температуры обжига степени измельчения исходного сырья. На рис. 1 показано влияние степени измельчения и температуры обжига на водопоглощение образцов пластического формования на примере глинисто-карбонатной опоки Авиловского месторождения.

Как видно на представленных кривых, водопоглощение обожженных образцов на основе опок при температуре обжига 900–1000°C достаточно высокое и составляет от 16 до 32%. При уменьшении зернового состава измельченного сырья от фракции 0–1,25 до фракции 0–0,16 мм водопоглощение уменьшается в 1,2–1,7 раза. Более интенсивное снижение водопоглощения наблюдается после температуры обжига 1000°C. Однако водопоглощение, приемлемое для дорожного клинкерного кирпича, – 2,5% и ниже достигается только при температуре 1080–1090°C при степени измельчения до фракций 0–0,16 и 0–0,315 мм соответственно. При степени измельчения до фракции 0–0,63 водопоглощение 2,5% достигается только при температуре 1130°C. При измельчении до фракции 0–1,25 мм водопоглощение 2,5% и ниже достигается только при температуре 1160°C. Деформирования и вспучивания образцов не происходит при замедленном режиме обжига на конечном 50-градусном этапе обжига – 0,5–1°/мин.

Учитывая полученные результаты, дальнейшие работы проводились на фракциях 0–0,16 и 0–0,315 мм, а для снижения температуры обжига и расширения интервала спекания решено было пойти по пути введения минерализаторов в состав сырьевой смеси, так как еще более тонкое измельчение достаточно энергозатратно и не гарантирует получения необходимых результатов при температуре обжига до 1100°C.

Минерализаторами называют сильные плавни, которые достаточно широко применяются в технологии технической и тонкой керамики, а также при производстве различных видов цемента [10]. Минерализаторы способны при вводе их в небольшом количестве существенно снизить температуру обжига и увеличить сте-

пень спекания изделий за счет стеклофазы, образующейся при более низкой температуре обжига. Их количество при вводе в керамические массы составляет от долей процента до 2–3%. В основном это соединения фтора, бора, щелочных металлов, стронция, фосфора, бария, цинка и т. д. Авторами в результате поисковых работ с учетом технико-экономических и экологических факторов был подобран комплексный борщелочно-земельный минерализатор, практически не растворимый в воде, со стоимостью около 30 тыс. р. за тонну, которому условно был присвоен шифр ЛБК–1.

Результаты влияния данного минерализатора на свойства обожженных образцов при его вводе в количестве до 3% и измельчении опоки до фракции 0–0,315 мм представлены на рис. 2.

Подготовка образцов осуществлялась по комбинированной технологии – полусухое измельчение исходной породы, подготовка формовочной массы и пластическое формование образцов. При степени измельчения глинистых опок до фракции 0–0,315 мм они приобретают хорошую связность и необходимые формовочные свойства. Учитывая узкий интервал спекания опоквидных пород, обжиг образцов проводился в интервале температуры 960–1100°C с шагом 20°C. После обжига образцы подвергались всем необходимым испытаниям.

Как видно из полученных результатов, минерализатор ЛБК–1 оказывает существенное влияние свойства обожженных образцов. Уже при содержании минерализатора 1% водопоглощение 2,5% достигается при температуре обжига 1050°C, при содержании 2 и 3% – при температуре около 1030°C. При температуре обжига 1100°C водопоглощение, независимо от количества минерализатора, становится почти одинаковым – ≈0,2%. С технико-экономической точки зрения ввод минерализатора в количестве 1% вполне достаточен для получения необходимых результатов, а интервал обжига в 50° достаточен почти для всех типов печей.

Согласно ГОСТ 32311–2012 «Кирпич керамический клинкерный для мощения» к дорожному клинкерному кирпичу предъявляются требования только по пределу прочности при изгибе – более 7,5 МПа. Требования по пределу прочности при сжатии не предъявляются, хотя, по мнению авторов, это не совсем правильно. По требованиям европейского EN 771-1–2009 предел прочности при сжатии дорожного клинкерного кирпича должен быть 30–70 МПа. В реальности эти показатели существенно выше и достигают 200 МПа. Как видно из рис. 2, б, предел прочности при изгибе 7,5 МПа даже без минерализатора достигается уже при температуре обжига 960°C. При содержании минерализатора в количестве 1% и температуре обжига 1050°C предел прочности при изгибе равен 20 МПа, при 1100°C – 23 МПа. Высокий предел прочности при изгибе обожженных изделий на основе глинисто-карбонатных опок обусловлен формированием особой стеклокристаллической фазы, где стеклофаза как бы пронизана игольчатыми и пластинчатыми кристаллитами волластонита и кристобалита [11, 12]. Предел прочности при сжатии при содержании минерализатора в количестве 1% и температуре обжига 1050–1100°C составляет 70–100 МПа, что вполне достаточно для данного вида изделий.

Также, согласно ГОСТ 32311–2012, дорожный клинкерный кирпич должен иметь плотность не менее

2100 кг/м<sup>3</sup>. Как видно из рис. 2, в, данные показатели достигаются при температуре обжига 1050°C и содержании минерализатора в количестве 1% и с повышением температуры обжига начинают только расти.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что на основе глинисто-карбонатных опок возможно получение дорожного клинкерного кирпича при температуре обжига 1050–1100°C с вводом эффективных минерализаторов в количестве до 1%. Образцы после обжига имеют приятный темно-желтый цвет, отличаются высокой морозостойкостью (>F200), ударной прочностью и низкой истираемостью – менее 0,2–0,4 г/см<sup>2</sup>.

С технико-экономической точки зрения ввод минерализатора вполне оправдан. Для стандартного прямоугольного кирпича для мощения с размерами 200×100×62 мм стоимость ввода минерализатора в количестве 1% составит около 0,6 р. С учетом использования данного недорогого сырья и пониженных затрат на обжиг это позволит получать изделия с низкой себестоимостью. Расчетами доказана достаточно высокая эффективность инвестиций в этом направлении. Учитывая свойства глинисто-карбонатных опок, формовка изделий может осуществляться как экструзионным способом, так и компрессионным. С экономической точки зрения более привлекательным является последний. Строительство современного завода мощностью 30 млн шт. кирпича в год составит около 1200 млн р. Рассчитанная средняя себестоимость одного изделия составит 6–8 р. за штуку. При достаточно высокой норме прибыли 80% рентабельность капитальных вложений составит 14,1%, срок окупаемости вложений – 5,3 г., уровень безубыточности – 40%, чистая прибыль – 169 млн р. со второго года операционной деятельности. При этом стоимость реализации изделий будет сопоставима с обычной бе-

тонной тротуарной плиткой. При реконструкции существующих заводов капитальные затраты будут существенно меньше, что может повысить инвестиционную привлекательность.

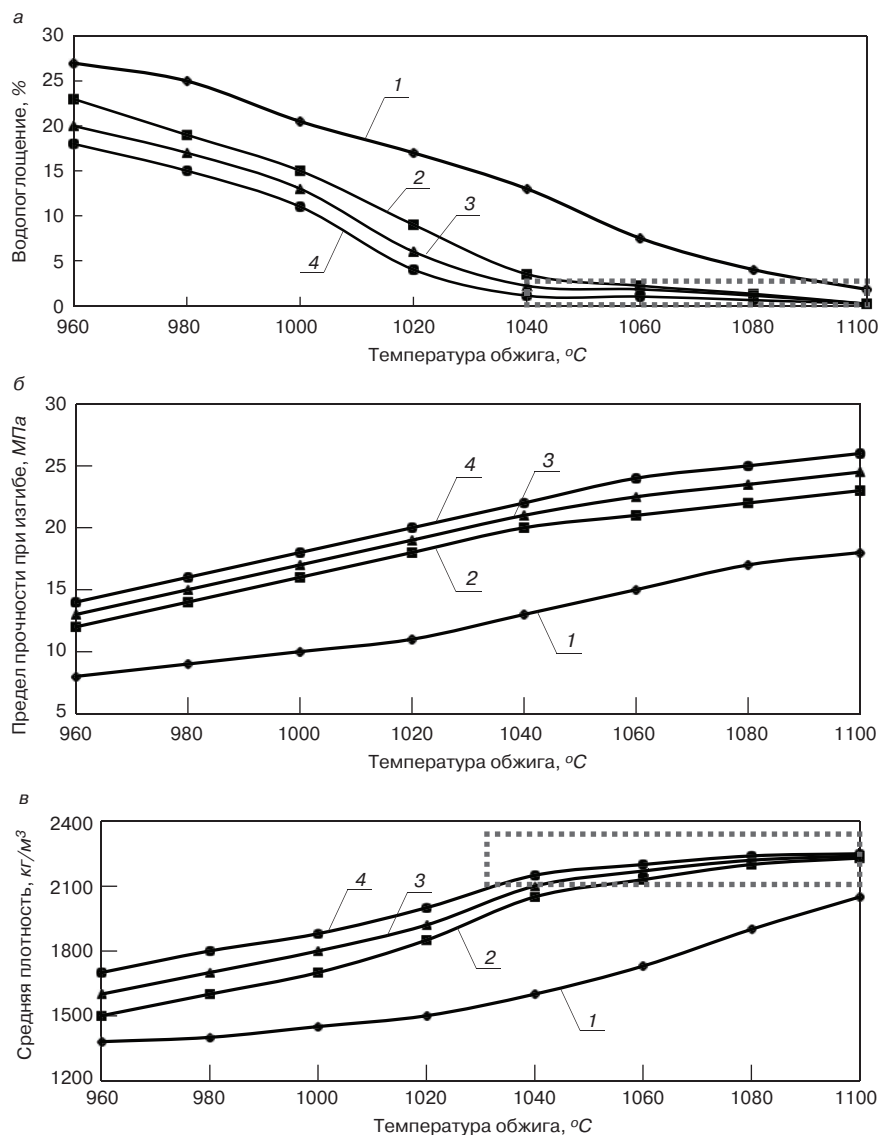


Рис. 2. Влияние минерализатора и температуры обжига на свойства образцов: а – водопоглощение; б – предел прочности при изгибе; в – плотность; 1 – 0%; 2 – 1%; 3 – 2%; 4 – 3%; [-----] – область клинкерного кирпича

#### Список литературы

1. Котляр В.Д. Стеновая керамика на основе кремнистых опал-кристобалитовых пород – опок. Ростов н/Д.: РГСУ, 2011. 277 с.
2. Бондарюк А.Г., Котляр В.Д. Стеновая керамика на основе опоквидных кремнисто-карбонатных пород и искусственных кремнисто-карбонатных композиций // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2010. № 7. С. 18–24.
3. Талпа Б.В., Котляр В.Д., Терехина Ю.В. Оценка кремнистых опоквидных пород для производства керамического кирпича // *Строительные материалы*. 2010. № 12. С. 20–22.
4. Котляр В.Д. Кремнистые опоквидные породы Краснодарского края – перспективное сырье для стеновой керамики // *Строительные материалы*. 2010. № 4. С. 34–36.

#### References

1. Kotlyar V.D. Stenovaya keramika na osnove kremnistykh opal-kristobalitovykh porod – opok [Wall ceramics on the basis of siliceous opal-kristobalite of rocks – a opoks]. Rostov-on-Don: Rostov state University of civil engineering, 2011. 277 p.
2. Bondariyuk A.G., Kotlyar V.D. Wall ceramics on a basis the opoks of siliceous-carbonate rocks and artificial siliceous and carbonate compositions. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Stroitel'stvo*. 2010. No. 7, pp. 18–24. (In Russian).
3. Talpa B.V., Kotlyar V.D., Terekhina U.V. Assessment siliceous the opoks of rocks for production of a ceramic brick. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 12, pp. 20–22. (In Russian).
4. Kotlyar V.D. Siliceous opoka-like rocks of the Krasnodar Krai is a perspective raw material for wall ceramic.

5. Котляр В.Д. Классификация кремнистых опоковидных пород как сырья для производства стеновой керамики // *Строительные материалы*. 2009. № 3. С. 36–39.
6. Лапунова К.А., Котляр В.Д. Технология и дизайн лицевых изделий стеновой керамики на основе кремнистых опоковидных пород. Ростов н/Д.: РГСУ, 2014. 193 с.
7. Котляр В.Д., Братский Д.И. Вещественный состав и дообжиговые керамические свойства глинистых опок // *Инженерный вестник Дона*. 2010. Т. 14. № 4. С. 47–59.
8. Котляр В.Д., Лапунова К.А. Технологические особенности опок как сырья для стеновой керамики // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2009. № 11–12. С. 25–31.
9. Котляр В.Д., Талпа Б.В., Козлов Г.А., Белодедов А.А. Кремнистые породы Нижнего Дона и перспективные пути их использования в производстве строительных материалов // *Научная мысль Кавказа*. 2004. № 6. С. 97–104.
10. Горшков В.С., Савельев В.Г., Федоров Н.Ф. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений. М.: Высшая школа, 1988. 400 с.
11. Бондарюк А.Г., Котляр В.Д. Фазовые преобразования при обжиге опок с карбонатными добавками при производстве стеновой керамики // *Строительные материалы*. 2009. № 12. С. 24–27.
12. Котляр В.Д., Лапунова К.А. Особенности физико-химических преобразований при обжиге опоковидного сырья // *Строительные материалы*. 2016. № 5. С. 40–42.
- Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 4, pp. 34–36. (In Russian).
5. Kotlyar V.D. Classification siliceous the opoks of rocks as raw materials for production of wall ceramics. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2009. No. 3, pp. 36–39. (In Russian).
6. Lapunova K.A., Kotlyar V.D. Tehnologija i dizajn licev-yh izdelij stenovoj keramiki na osnove kremnistyh opokovidnyh porod. [Technology and design of front products of wall ceramics on the basis of siliceous the opoks of rocks]. Rostov-on-Don: Rostov state University of civil engineering. 2014. 193 p.
7. Kotlyar V.D., Bratskii D.I. Material structure and ceramic properties of a clay opoks. *Inzhenernyj vestnik Dona*. 2014. Vol. 14. No. 4, pp. 47–59. (In Russian).
8. Kotlyar V.D., Lapunova K.A. Technological features of a opoks as raw materials for wall ceramics. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2011. No. 11–12, pp. 25–31. (In Russian).
9. Kotlyar V.D., Talpa B.V., Kozlov G.A., Belodedov A.A. Siliceous rocks of the lower Don and perspective ways of their use in production of construction materials. *Nauchnaja mysl' Kavkaza*. 2004. No. 6, pp. 97–104. (In Russian).
10. Gorshkov V.S., Savel'ev V.G. Fizicheskaja himija silikatov i drugih tugoplavkih soedinenij [Physical chemistry of silicates and other refractory connections]. Moscow: Vysshaya shkola. 1988. 400 p.
11. Bondariyk A.G., Kotlyar V.D. Phase transformations when roasting a opoks with carbonate additives by production of wall ceramics. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2009. No. 12, pp. 24–27. (In Russian).
12. Kotlyar V.D., Lapunova K.A. Features of physical and chemical transformations when roasting opoks raw materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2016. No. 5, pp. 40–42. (In Russian).

## Аккредитованный испытательный центр ООО «Акцепт» предоставляет комплексные услуги по исследованию сырья и внедрению выбранных рецептов в производство керамической продукции

Испытательный центр ООО «Акцепт» создан на базе заводской лаборатории Ленинградского завода керамических изделий более 20 лет назад и все это время эффективно обслуживал предприятия керамической отрасли Северо-Запада России.

Сегодня это современная лаборатория, оснащенная новым оборудованием, на котором работают квалифицированные специалисты, не один год отдавшие вопросу изучения качественных характеристик строительных материалов и сырья. Одной из главных специализаций центра является работа с керамическими изделиями и глинами.

Сотрудники ИЦ ООО «Акцепт» имеют большой опыт производства строительных материалов, контроля их качества и эксплуатации технологического оборудования. Испытательный центр также готов предложить технологические и управленческие решения по организации вывода проекта на контрактные мощности.

20 лет успешной работы на кирпичных заводах России и признание российскими и европейскими партнерами высокой компетенции сотрудников Центра в наладке режимов работы оборудования по подготовке сырья, его формовки, сушки и обжигу, а также услуги по реализации готовой продукции дают право ИЦ ООО «Акцепт» браться за задачи любой сложности.

**Приглашаем кирпичные заводы России и СНГ к сотрудничеству!**



**Ленинградская обл., Кировский р-н, г. Отрадное,  
Никольское шоссе, д. 2, корп. 3, пом. 11-Н  
+7 (921) 740-85-84      +7 (921) 921-92-29  
[www.accept-lab.ru](http://www.accept-lab.ru)**

УДК 691.4:552.573

Х.С. ЯВРУЯН, канд. техн. наук (khungianos@mail.ru), В.Д. КОТЛЯР, д-р техн. наук (diatomit\_kvd@mail.ru),  
Е.О. ЛОТОШНИКОВА, канд. техн. наук, Е.С. ГАЙШУН, инженер (subaru156@ya.ru)

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

## Исследование среднефракционных материалов переработки террикоников для производства изделий стеновой керамики

Дана общая характеристика продуктов переработки террикоников. Предложена их характеристика по фракционному составу: крупнофракционные с размером зерен 2–150 мм, среднефракционные с размером зерен 0,5–2 мм и мелкофракционные с размером зерен 0–0,5 мм. Представлены результаты изучения химико-минералогического состава и физико-механических свойств среднефракционных продуктов переработки террикоников применительно к производству различных изделий стеновой керамики. Показана их роль как полифункциональной добавки при вводе в керамические массы и влияние на свойства готовых изделий. Предложена предварительная классификация по количеству угольной составляющей, минералого-петрографическому составу, технологическим свойствам. Обоснована экономическая целесообразность их применения в производстве изделий стеновой керамики с пониженной себестоимостью.

**Ключевые слова:** кирпич, уголь, терриконик, зерновой состав, химический состав, минерал.

**Для цитирования:** Явруян Х.С., Котляр В.Д., Лотошникова Е.О., Гайшун Е.С. Исследование среднефракционных материалов переработки террикоников для производства изделий стеновой керамики // *Строительные материалы*. 2018. № 5. С. 17–20.

K.S. YAVRUYAN, Candidate of Sciences (Engineering) (khungianos@mail.ru), V.D. KOTLYAR, Doctor of Sciences (Engineering) (diatomit\_kvd@mail.ru),  
Ye.O. LOTOSHNIKOVA, Candidate of Sciences (Engineering), E.S. GAISHUN, (subaru156@ya.ru)

Don state University of civil engineering (1, Gagarin Sqwer, 344000, Rostov-on-don, Russian Federation)

### Investigation of Medium-Fraction Materials Processing of Terriconics for Production Wall Ceramic Products

The general characteristic of products of processing of waste heaps is given. Their characteristics by fractional composition are proposed: large-fractional, with grains from 2 to 150 mm in size, medium-fractional with a grain size of 0.5 to 2 mm, and fine-grained with a grain size of 0 to 0.5 mm. The results of work on the study of the chemical-mineralogical composition and physico-mechanical properties of the medium-fractionation products of the waste heaps processing with reference to the production of various wall ceramics products are presented. Their role is shown as a polyfunctional additive when introduced into ceramic masses and affects the properties of finished products. A preliminary classification according to the amount of coal component, mineralogical and petrographic composition, technological properties is proposed. The feasibility of their application in the production of wall ceramics with a reduced cost is given.

**Keywords:** brick, coal, waste heaps, grain composition, chemical composition, mineral.

**For citation:** Yavruyan K.S., Kotlyar V.D., Lotoshnikova Ye.O., Gaishun E.S. Investigation of medium-fraction materials processing of terriconics for production wall ceramic products. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2018. No. 5, pp. 17–20. (In Russian).

Активная разработка в последние годы террикоников Восточного Донбасса с целью извлечения угля существенно повысила интерес промышленности строительных материалов к попутным продуктам их переработки. Данная тенденция обусловлена в первую очередь экономическими факторами, так как при переработке террикоников получают материалы с постоянными свойствами и невысокой стоимостью. В процессе извлечения угля из террикоников образуется ряд материалов, отличающихся по зерновому и химико-минералогическому составу. Помимо угля, содержание которого обычно колеблется от 10 до 20%, основными породами, слагающими терриконики, являются аргиллиты, аргиллитоподобные глины, алевролиты и песчаники. Условно все попутные материалы переработки террикоников разделены нами на крупнофракционные с размером зерен 2–150 мм, среднефракционные с размером зерен 0,5–2 мм и мелкофракционные с размером зерен 0–0,5 мм [1–6]. Первые фактически не содержат остаточного угля, разделяются на фракции, принятые в общем и дорожном строительстве и используются в соответствии со свойствами и потребностями – для строительства дорог, в качестве заполнителя бето-

нов, как бутовый камень и т. д. Представлены эти фракции обычно песчаниками и алевролитами. Отчасти это обусловлено особенностями переработки, при которой наименее прочные породы переходят в мелкие фракции. Среднефракционные и мелкофракционные материалы содержат остаточный уголь, что обуславливает специфику их использования.

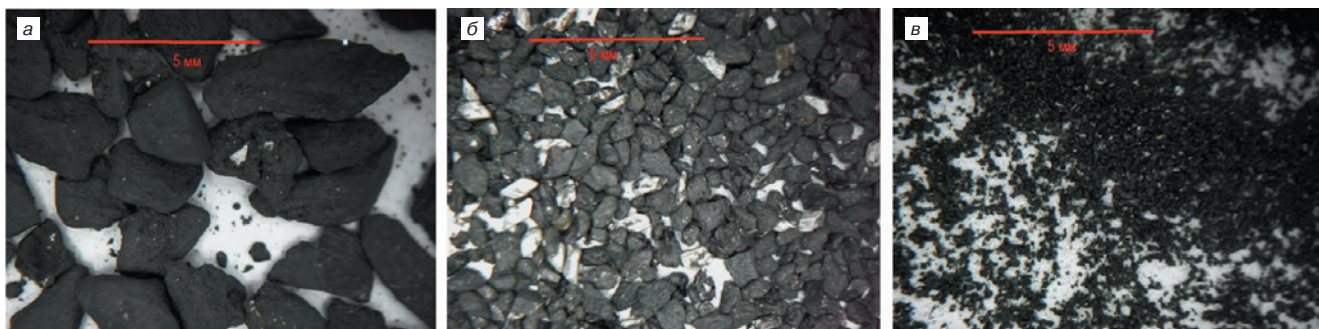
Среднефракционные и мелкофракционные материалы не имеют определенных общепринятых названий. Среднефракционные материалы имеют производственные названия – кек, шиша, штыб и т. д. Мелкофракционные называют угольными шламами, илами, угольной пылью.

Задачей работы, результаты которой изложены в статье, была характеристика, изучение состава, свойств и классификация среднефракционных материалов переработки террикоников (СМПТ) применительно к производству изделий стеновой керамики. Для этого были

Таблица 1

Зерновой состав песка СМПТ

Вид остатков	Полные остатки на ситах, мас. %					Проход через сито № 0,16, мас. %
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	
Частные	0,1–4,4	18,1–28,4	19,2–26,4	20,1–26,9	14–18,2	8,5–12,3
Полные	0,1–4,4	18,2–32,8	37,4–59,2	57,5–86,1	71,5–104,3	–



**Рис. 1.** Микрофотографии СМПТ фракций 1,25–2,5 мм (а); 0,315–0,63 мм (б); < 0,16 мм (в)

отобраны пробы на нескольких предприятиях, занимающихся разработкой террикоников Восточного Донбасса, и проведены соответствующие исследования.

Результаты определения зернового состава СМПТ приведены в табл. 1. Если сравнивать зерновой состав СМПТ с требованиями ГОСТ 8736–2014 «Песок для строительных работ. Технические условия», то их модуль крупности изменяется в пределах от 1,85 до 2,87 единиц, что соответствует мелкой, средней и крупной группе песка со средним значением примерно 2,4 единицы – средняя группа. Если сравнивать зерновой состав СМПТ с требованиями ГОСТ 25100–2011 «Грунты. Классификация», то они попадают в группу песчаных частиц, от мелких до грубых, с преимущественным содержанием средних частиц. Форма зерен СМПТ близка к так называемой «лещадной», остроугольная, со слегка окатанными краями, что обусловлено как особенностями самих слагающих пород, так и способами переработки (дробление, рассев) (рис. 1).

Такой зерновой состав СМПТ и их неразмокаемость или плохая размокаемость предполагают, что в керамических массах при пластическом формовании они могут выполнять роль отошающего компонента. При формовании изделий способом компрессионного формования они являются основным структурообразующим компонентом. Однако по технологии экструзионного (пластического) формования получать изделия на основе СМПТ в чистом виде достаточно проблематично – необходим ввод тонкодисперсных связующих компонентов, какими, собственно, и могут служить различные виды размокаемого пластичного глинистого сырья – суглинки, лёссы, глины, аргиллитоподобные глины.

Проведенные исследования показали, что СМПТ могут содержать различное количество угольной составляющей – от 5–10 до 35–40 %. Причем применение со-

временных технологий позволяет регулировать содержание угля в процессе технологической переработки. Это зависит от требований конкретных потребителей. Уголь содержится в двух формах: как отдельные частички чистого угля, так и сростки угля с другими породами – углистые аргиллиты (рис. 2). Между этими формами нет четкой границы, но преобладают в общей массе частички чистого угля. Исследования показали, что наблюдается определенная зависимость содержания угля в различных фракциях: меньшее его количество во фракциях более 0,63 мм, среднее – во фракции менее 0,16 мм и наибольшее, во фракциях от 0,16 до 0,63 мм. Например, при среднем содержании угля 22% во фракции более 1,25 мм его количество составляет 12%, а во фракции 0,16–0,315 мм – 32%. Соответственно изменяется пофракционная зольность и калорийность. В этой связи интерес представляет процесс подготовки сырьевых масс для производства стеновой керамики на основе СМПТ с целью регулирования содержания угля.

В зависимости от содержания угольной составляющей мы условно разделили СМПТ на три группы: с низким содержанием – количество угля до 10%; со средним содержанием – количество угля 10–25%; с высоким содержанием – количество угля более 25% (рис. 3). Для технологии стеновой керамики можно говорить, что первые могут использоваться как основное сырье с добавкой 10–20% пластичного компонента. Вторые могут входить в состав сырьевой смеси от 30 до 80% в зависимости от конкретного содержания угля, общее количество которого в составе сырьевой смеси не должно превышать 8%. Третьи, по сути, являются уже низкокачественным топливом, и их содержание не может превышать 20–30%. С точки зрения экономики выделенные группы являются очень привлекательными, так как стоимость калории тепла для СМПТ в 10–20 раз ниже



**Рис. 2.** Сростки частиц угля с вмещающими породами фракции 0, 63–1,25 (а) и частицы чистого угля фракции 0,315–0,63 мм (б)

Усредненный химический состав СМПТ без учета угольной составляющей

ППП	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>
2–6	52,3–64,8	14,7–24,4	3,9–8,1	1–3,5	0,7–2,4	0,3–1,7	2,2–5,3	0,9–2,1	0,1–0,3	0,2–0,9

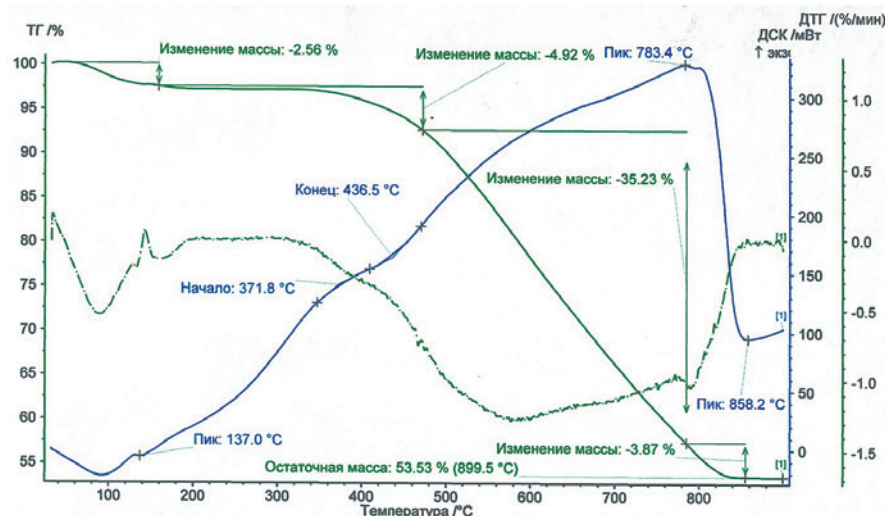


Рис. 3. Термограмма СМПТ с содержанием угля около 40%

сравнении с чистым углем. Если стоимость чистого угля составляет 5000–7000 р./т, то СМПТ, 200–400 р./т.

По минералого-петрографическому составу СМПТ условно разделены нами также на три группы. К первой группе мы отнесли материалы, где основными породами помимо угля являются аргиллиты и аргиллитоподобные глины. Эти породы обладают определенной пластичностью и связностью. Ко второй группе отнесены материалы, где основными породами являются алевролиты и песчаники. Такие породы даже при дополнительном измельчении не обладают пластичностью и связующей способностью. И в третью группу включены материалы, где наблюдается присутствие аргиллитов, аргиллитоподобных глин, алевролитов и песчаников.

Химический состав СМПТ во многом определяется содержанием угольной составляющей, так как антрацит, основной вид угля Восточного Донбасса, состоит в основном из углерода (более 90%) и дает очень небольшую зольность (5–9%), в связи с чем потери при прокаливании могут изменяться в широких пределах [7, 8]. Усредненный

химический состав СМПТ без учета угольной составляющей представлен в табл. 2. Термограмма СМПТ с содержанием угля около 40% представлена на рис. 3.

Минералогический состав СМПТ зависит от преобладающего компонента. Если это первая группа, то минералогический состав будет представлен гидрослюдами, слюдами, каолинитом, хлоритом, кварцем, полевыми шпатами. Если это вторая группа, то основными минералами будут полевые шпаты и кварц. В третьей группе присутствуют минералы обеих групп [9–11]. Рентгенограммы СМПТ различного минералогического состава показывают, что между группами нет четкой границы. Однако классификация по минералогическому составу необходима, так как этим определяются технологические особенности того или иного техногенного сырья. Так, материалы первой группы обладают небольшой связностью и пластичностью, которые при дополнительном измельчении могут увеличиваться и будет возможность получать изделия способом экструзии и мягкой формовки. Материалы второй группы в принципе не обладают пластичностью, и изделия на их основе могут формироваться только способом компрессионного формования или с добавкой пластичного компонента. Возможна корректировка свойств данных материалов с помощью ввода различных добавок.

Результаты проведенных исследований позволили предложить предварительную классификацию продуктов переработки террикоников для широкого обсуждения и дать характеристику среднефракционных материалов с целью их вовлечения в производство строительной керамики. В целом исследования показали высокую перспективность применения данных материалов при производстве различных изделий стеновой керамики.

Результаты проведенных исследований позволили предложить предварительную классификацию продуктов переработки террикоников для широкого обсуждения и дать характеристику среднефракционных материалов с целью их вовлечения в производство строительной керамики. В целом исследования показали высокую перспективность применения данных материалов при производстве различных изделий стеновой керамики.

#### Список литературы

1. Котляр В.Д., Явруян Х.С. Стеновые керамические изделия на основе тонкодисперсных продуктов переработки террикоников // *Строительные материалы*. 2017. № 4. С. 38–41.
2. Стороженко Г.И., Столбоушкин А.Ю., Иванов А.И. Переработка углистых аргиллитов для получения керамического сырья и технологического топлива // *Строительные материалы*. 2015. № 8. С. 50–59.
3. Явруян Х.С., Гайшун Е.С. Анализ состояния отходов угледобывающей промышленности и использования их в производстве керамических изделий // *Научное обозрение*. 2016. № 24. С. 40–46.
4. Столбоушкин А.Ю., Стороженко Г.И. Отходы углеобогащения как сырьевая и энергетическая база заводов керамических стеновых материалов // *Строительные материалы*. 2011. № 4. С. 43–46.
5. Kotlyar V., Yavruyan K. Thin issues products of processing waste heaps as raw materials for ceramic wall products //

#### References

1. Kotlyar V.D., Yavruyan K.S. Wall ceramic articles on the basis of fine-disperse products of waste pile processing. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials] 2017. No. 4, pp. 38–41. (In Russian).
2. Storozhenko G.I., Stolboushkin A.Yu., Ivanov A.I. Coal argillite recycling in ceramic raw materials and process fuel production. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 8, pp. 50–59. (In Russian).
3. Yavruyan K.S., Gayshun E.S. Analysis of the coal industry waste state and its use in potting industry. *Nauchnoe obozrenie*. 2016. No. 24, pp. 40–46. (In Russian).
4. 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).
5. Kotlyar V., Yavruyan K. Thin issues products of processing waste heaps as raw materials for ceramic wall products. *MATEC Web Conferences. International Conference*

*MATEC Web Conferences. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2017). Volume 129, 2017. № 05013.*

6. 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.
7. Головин Г.С., Малолетнев А.С. Комплексная переработка углей и повышение эффективности их использования: Каталог-справочник. М.: НТК «Трек». 2007. 292 с.
8. Котляр В.Д., Устинов А.В., Терехина Ю.В., Котляр А.В. Особенности процесса обжига угольных шламов при производстве стеновой керамики // *Техника и технология силикатов*. 2014. № 4. С. 8–15.
9. Котляр В.Д., Козлов А.В., Котляр А.В., Терехина Ю.В. Особенности камневидных глинистых пород Восточного Донбасса как сырья для производства стеновой керамики // *Вестник МГСУ*. 2014. № 10. С. 95–105.
10. Терехина Ю.В., Талпа Б.В., Котляр А.В. Минералогические особенности литифицированных глинистых пород и перспективы их использования в качестве сырья для производства строительной керамики // *Строительные материалы*. 2017. № 4. С. 8–10.
11. Котляр А.В., Талпа Б.В., Лазарева Я.В. Особенности химического состава аргиллитоподобных глин и аргиллитов // *Строительные материалы*. 2016. № 4. С. 10–13.
- on *Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2017)*. Sevastopol. 2017. Vol. 129. DOI: 10.1051/matecconf/201712905013
6. Yavruyan K.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).
7. Golovin G.S., Maloletnev A.S. Kompleksnaya pererabotka ugley i pov-yshenie effektivnosti ih ispol'zovaniya: Katalog-spravochnik [Complex processing of coals and increase of efficiency of their use: Directory-the directory]. Moscow: NTK «Track». 2007. 292 p.
8. Kotlyar V.D., Ustinov A.V., Terekhina Yu.V., Kotlyar A.V. Features of the burning process of coal slurries in the production of wall ceramics. *Tekhnika i Tekhnologiya Silikatov*. 2014. No. 4, pp. 8–15. (In Russian).
9. 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).
10. Terekhina Yu.V., Talpa B.V., Kotlyar A.V. Mineralogical peculiarities literaturovedy clayey sediments and prospects for their use as raw materials for production of building ceramics. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 4, pp. 8–10. (In Russian).
11. Kotlyar A.V., Talpa B.V., Lazareva Ya.V. Features of chemical compositions of argillite-like clays and argillites. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2016. No. 4, pp. 10–13. (In Russian).



# Honeywell

**ПОСТАВКА ГАЗОВОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ  
И СИСТЕМ АВТОМАТИКИ**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧЕЙ  
ДЛЯ КЕРАМИЧЕСКОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**СЕРВИСНОЕ  
ОБСЛУЖИВАНИЕ**

**ОБУЧЕНИЕ  
НАЛАДКА**



**Представительство «Elster GmbH»  
в Российской Федерации**  
Тел. (831) 228-57-01, 228-57-04  
факс (831) 437-68-91  
www.kromschroeder.ru  
volgatherm@kromschroeder.ru



**ECLIPSE®**  
Innovative Thermal Solutions



**kromschroeder**



**MAXON**



# Новая организационная структура и новый фирменный стиль

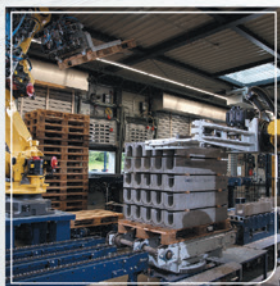
## KELLER

Creating Solutions

intelligent  
clay  
solutions **ICS**



intelligent  
machinery  
solutions **IMS**



intelligent  
automation  
solutions **IAS**



infrared  
temperature  
solutions **ITS**



**360° Service**



Для того чтобы в наше быстро меняющееся время промышленное предприятие могло устойчиво развиваться в долгосрочной перспективе, необходимо его постоянное умение приспосабливаться к требованиям рынка и потребностям клиентов.

Характер, скорость общения, а также доступность информации значительно изменились за последние 20 лет благодаря появлению Интернета и дигитализации. Любая компания, недостаточно быстро реагирующая на требования технологического прогресса и не способная использовать новые средства коммуникации, не имеет шансов удержаться и обеспечить свою долю на рынке, не говоря уже о продолжительном и устойчивом развитии.

Сегодняшние информационные возможности требуют четкого и мгновенного отражения сфер деятельности компании с ее основными компетенциями и уникальными ключевыми профилями, позволяющими успешно выделять ее среди конкурентов. Присутствие компании в интернет-пространстве является отражением ее общего культурного уровня, мышления и организации.

Предыдущая презентация KELLER HCW GmbH (КЕЛЛЕР ХЦВ ГмбХ) в Интернете не отражала всех основных компетенций предприятия, приобретенных на протяжении многих лет в процессе его постоянного развития и предлагаемых сегодня широкому рынку сбыта.

Именно для соответствующей презентации новых сфер деятельности компании была создана новая организационная структура. Сегодня компания KELLER Creating Solutions (КЕЛЛЕР Креатинг Солюшнс) представляет собой четыре действующие на рынке независимые друг от друга бизнес-единицы.

KELLER ICS (Intelligent Ceramic Solutions – Интеллидженд Керамик Солюшнс) отвечает за традиционную сферу деятельности KELLER HCW GmbH – производство комплексных заводов, машин и оборудования для выпуска изделий грубой керамики. Уже одно название компании, предлагающей интеллектуальные решения, говорит о специализации, выделяющей предприятие на рынке среди конкурентов.

Из традиционного производителя механического оборудования и производственных линий для керамической промышленности дивизион KELLER вырос в последние годы в предприятие, поставляющее инновационные решения для систем автоматизации и робототехники, предназначенные также и для других отраслей промышленности. С целью четкого выделения вышеуказанной специализации и расширения данного поля деятельности на рынке была создана новая, теперь независимая бизнес-единица KELLER IMS (Intelligent Machinery Solutions –

Интеллидженд Машинери Солюшнс). Используя накопленные в последние годы опыт и профессиональные знания в области автоматизации процессов сыпучих материалов для зерновых и комбикормовых заводов, подразделение KELLER IAS (Intelligent Automation Solutions – Келлер Аутомэйшн Солюшнс) освоило и продолжает развивать новый сегмент рынка за пределами керамической промышленности. В последнее время в этой сфере деятельности подразделение KELLER IAS стало одним из ведущих поставщиков в немецкоговорящих странах. Прежнее направление бизнеса MSR, сосредоточенное и специализирующееся на приборах управления и технологии бесконтактного измерения температуры, именуемое сегодня KELLER ITS (Infrared Temperature Solutions – Инфраред Темперача Солюшнс), является одним из мировых ведущих в этой области. Для удовлетворения возросших требований обслуживания и дифференциации среди конкуренции на мировом рынке вышеуказанный бизнес-профиль также будет расширен для того, чтобы посредством новейших инновационных решений Business Intelligent (Бизнес Интеллидженд) обеспечить для клиентов во всем мире быструю и наиболее оптимальную поддержку в любое время.

Для того чтобы соответствующим образом отразить все тенденции развития KELLER HCW GmbH, основанные на традициях и одновременно являющиеся ультраинновационными, было создано новое идентичное оформление компании, соответствующее современным требованиям графического дизайна и отражающее новый фирменный стиль немецкой компании KELLER Creating Solutions – поставщика высокоразвитых технологий и комплексных решений в четырех сферах бизнеса.

Дальнейшим шагом в развитии компании является внедрение цифровой трансформации в собственных бизнес-процессах, а также в деятельности, связанной с продажами. Цель дигитализации заключается в объединении и оптимизации всех бизнес-процессов на основе современных программных решений, повышении их эффективности и безопасности, а также обеспечении доступности информации в любое время и в любом месте.

**KELLER HCW GmbH**  
**Carl-Keller-Straße 2-10**  
**49479 Ibbenbüren**

**Germany**

**KELLER a division of Groupe Legris Industries**  
**www.keller.de**



Н.А. БЕЛИК, руководитель службы качества ОАО «Воронежское Рудоуправление»;  
Р.Н. ГРЫЗУНОВ, менеджер по продажам и маркетингу «ООО Сибелко Рус»;  
А.С. РЯБОВ, главный технолог ООО «Тербунский гончар»

### Запуск шихтовального комплекса на Воронежском Рудоуправлении, разработка новых марок шихты на примере кирпичного завода «Тербунский гончар»

Компания **СИБЕЛКО** – мировой лидер по добыче и обогащению минерального сырья, в состав которой входят более 230 производственных предприятий в 42 странах на пяти континентах и в которой работает свыше 10 тыс. человек. Кварцевые пески, глины, каолины, полевые шпаты, минеральные пигменты и наполнители – основные сырьевые материалы, поставляемые компанией на мировые рынки.

Одним из активов компании в России является **Воронежское Рудоуправление**, вошедшее в состав СИБЕЛКО 4 февраля 2014 г. На российском рынке светложгущихся пластичных глин компания входит в тройку крупнейших поставщиков.

Глины, добываемые Воронежским Рудоуправлением, относятся к высококачественным пластичным глинам, а их уникальность и разнообразность позволяют применять их в различных сегментах керамической промышленности.

С момента покупки предприятия в 2014 г. на Воронежском Рудоуправлении произошло много изменений: обновлен парк горной техники, увеличилась производительность предприятия, произошло переоснащение оборудования в лаборатории, изменилась система контроля качества. Это позволило привлечь новых клиентов-производителей кирпича.

В мае 2017 г. был введен в эксплуатацию комплекс по шихтовке глин, сконструированный по аналогии с уже действующими комплексами в подразделениях СИБЕЛКО на Украине, в Германии и Англии. Шихтовальный комплекс позволил повысить качество и стабильность продукта, расширить ассортиментную матрицу и приблизиться к европейским стандартам качества СИБЕЛКО.

В 2016–2017 гг. произошло техническое перевооружение лаборатории, были введены новые методы анализов сырья и на основании полученных данных разрабатывались новые марки шихты. Также появилась возможность разработки новых продуктов, не входящих в базовый ассортимент, с учетом требований конкретного клиента к параметрам шихты.

Одним из таких примеров является разработка сырьевого продукта для кирпичного завода ООО «Тербунский гончар». В 2017 г. началась совместная работа с заказчиком, целью которой было получение новой марки шихты для светлого кирпича с минимальным содержанием углерода и минимальным содержанием красящих оксидов; необходимо было решить проблему дефекта контактных пятен и получить готовое изделие высокого качества. Было проведено большое количество лабораторных испытаний, прежде чем получили необходимый рецепт



Воронежское РУ. Технология разработки карьера. 2018 г.



Воронежское РУ. Комплекс шихтовки глин. 2018 г.



Продукт	Описание	Страна производства	ПРИМЕНЕНИЕ														
			объемное окрашивание							улучшение свойств шихты							
			Коричневый	Черный	Серый	Темно-красный	Бордовый	Розовый	Желтый	Бежевый	Белый	Отощитель	Поризатор	Увеличение пластичности	Уменьшение чувствительности к сушке	Расширение интервала обжига	
Vantage ЛТ-K0	Пластичная глина	Россия								•	•	•			•	•	•
Vantage ЛТ-K1	Пластичная глина	Россия								•	•	•			•	•	•
Vantage ЛТ-K2	Пластичная глина	Россия								•	•	•			•	•	•
Vantage ЛТ-KP	Пластичная глина	Россия							•						•	•	•
Vantage ЛТ-KP2	Пластичная глина	Россия							•						•	•	•
Vantage ЛТ-У1	Пластичная глина	Россия											•				
PlastTon	Пластичная глина	Россия					•	•	•						•	•	
Mangalox A45/H25	Диоксид/тетраоксид марганца	Нидерланды	•	•													
Portachrom	Хромит	Нидерланды			•												
Portafer	Оксид железа	Нидерланды		•		•	•										
Iron oxide T70	Оксид железа	Нидерланды		•		•	•										
OT	Строительный песок	Россия											•				
OM	Строительный песок	Россия											•				



ООО «Тербунский гончар». Готовая продукция. 2018 г.

новой марки шихты – ЛТ-K0, которая впоследствии вошла в продуктовую линейку продуктов для кирпича Vantage.

В дальнейшем этот продукт успешно прошел полупромышленные и промышленные испытания – была выпущена партия белого кирпича в количестве 300 тыс. шт. Цвет готового изделия характеризуется координатой L, равной 81 в системе Lab; водопоглощение составило 10%.

Важным показателем внешнего вида являлось отсутствие контактных пятен на лицевых поверхностях при использовании рядовой садки в процессе производства. По результатам испытаний производитель получил кирпич востребованного на рынке цвета и полностью соответствующий высоким стандартам качества ООО «Тербунский гончар».

Помимо новой глины ЛТ-K0, базовые марки глин линейки **Vantage** насчитывают пять марок продукции для следующих применений:

- производство лицевого и клинкерного кирпича белого, бежевого и желтого цветов (марки ЛТ-K0new, ЛТ-K1, ЛТ-K2, ЛТ-KP, ЛТ-KP2);
- производство крупноформатного поризованного кирпича и блоков без использования дополнительных поризующих добавок (марка ЛТ-У1).

Ключевые характеристики глин **Vantage**:

- низкое содержание красящих оксидов;
- малая чувствительность к сушке;
- отсутствие карбонатных включений;
- низкое содержание водорастворимых солей;
- широкий интервал спекания.

Таким образом, постоянно развиваясь и совершенствуясь, компания СИБЕЛКО расширяет ассортимент продукции для производителей керамического кирпича в России в соответствии с потребностями клиентов и предлагает комплексные поставки различных сырьевых материалов.

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

У компании есть знания, опыт, ресурсы и возможности, поэтому СИБЕЛКО предлагает клиентам работать и развиваться вместе!



ООО «СИБЕЛКО РУС»  
140125, Московская обл., Раменский район, с. Еганово  
Тел./факс: + 7 495 232 51 50  
roman.grizunov@sibelco.com  
www.sibelcorus.ru



## Перспективное направление развития строительных керамических материалов из низкокачественного сырья\*

Показана необходимость расширения сырьевой базы строительных керамических материалов за счет использования малопластичных суглинков, опал-кристобалитовых, других кремнеземсодержащих пород и минеральных промышленных отходов. При использовании трепела, диатомита, лессов, углеотходов, золы и др. необходима разработка новых способов подготовки сырья и формования изделий. Указаны причины снижения прочности на изгиб и морозостойкости изделий полусухого прессования по сравнению с пластическим формованием. Обозначены перспективы развития технологии строительной керамики из низкокачественного техногенного и природного сырья. Рассмотрены различные схемы формирования пространственно-организованных структур керамических композиционных материалов. Приведены примеры строительной керамики матричной и ячеистой структуры из гранулированных шихт на основе шламистых железорудных отходов и гранулированного пеностекла из кремнистых пород. Представлены принципы структурного окрашивания керамических матричных композитов и приведены примеры декоративной керамики матричной структуры.

**Ключевые слова:** техногенное сырье, строительные керамические материалы, матричная и ячеистая структура, структурное окрашивание, декоративная керамика.

**Для цитирования:** Столбоушкин А.Ю. Перспективное направление развития строительных керамических материалов из низкокачественного сырья // *Строительные материалы*. 2018. № 4. С. 24–28.

A.Yu. STOLBOUSHKIN, Doctor of Sciences (Engineering) (stanyr@list.ru)

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

### Perspective Direction of Development of Building Ceramic Materials From Low-Grade Stock\*

The necessity of expansion of the raw material base of building ceramic materials through the use of low-plastic loam, opal-cristobalite, other silica-containing rocks and mineral industrial wastes is shown. It is necessary to develop new ways of preparing raw materials and molding products with the use of tripolite, diatomite, loess soils, coal waste, ash, etc. The reasons for the decrease in the flexural strength and frost resistance of semidry molding products are compared with plastic molding. Prospects for the development of construction ceramics technology from low-grade technogenic and natural stock are indicated. Various schemes for the formation of spatially-organized structures of ceramic composite materials are considered. Examples of construction ceramics of a matrix and cellular structure from granulated batch based on slime iron-ore waste and granulated foamglass from siliceous rocks are given. The principles of structural coloration of ceramic matrix composites are presented and examples of decorative construction ceramics of the matrix structure are given.

**Keywords:** technogenic raw materials, construction ceramic materials, matrix and cellular structure, structural coloration, decorative ceramics.

**For citation:** Stolboushkin A.Yu. Perspective direction of development of building ceramic materials from low-grade stock. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2018. No. 4, pp. 24–28. (In Russian).

Керамические материалы используются с древних времен, и сфера их применения очень разнообразна, от кухонной утвари до антенных обтекателей ракет [1]. История строительной, или, как еще ее часто называют, грубой керамики насчитывает более 5–7 тыс. лет [2], и сегодня археологи ведут дебаты по двукратному увеличению этого интервала в глубь веков (Исторический обзор развития керамики <http://forpsk.ru/index.php/stati/materialy/23-keramicheskie-materialy-i-izdeliya/80-istoricheskij-obzor-forPSK.ru>). В качестве современных материалов, широко используемых в строительстве, керамические изделия продолжают занимать лидирующие позиции на рынке [3]: анализ статистических данных последних лет показывает, что керамический кирпич и камни по-прежнему доминируют в общей структуре российского производства мелкоштучных стеновых материалов и составляют порядка 35–40% [4, 5].

Такую популярность керамических изделий во многом обуславливает повсеместное распространение и доступность глины — основного сырья для их производства. Однако, несмотря на кажущуюся неисчерпаемость природных ресурсов нашей планеты, многолетняя работа керамических предприятий, особенно высокопроизводительных заводов пластического формования кирпича, приводит к истощению запасов качественного, легко экструдированного глинистого сырья [6].

Поэтому для отрасли актуально расширение сырьевой базы за счет использования малопластичных суглинков, опал-кристобалитовых и других кремнеземсодержащих пород, а также минерального, алюмосиликатного техногенного сырья [7, 8].

Классификация и качественные характеристики глинистого сырья для керамической промышленности давно регламентированы и прописаны в ГОСТ 9169–75. Вместе с тем для «новых» разновидностей керамического сырья, к которому кирпичники официально причисляют кремнеземистые породы (трепел, диатомит), лессы, промышленные отходы (углеотходы, золы и др.), общепринятых методик испытаний и оценки качества на сегодняшний день нет [9, 10]. Как правило, пластичность, механическая прочность, спекаемость и другие технологические свойства во многом определяют пригодность такого сырья для производства. Получение из него строительных керамических материалов с высокими показателями структурной прочности (коэффициентом конструктивного качества) сводится в конечном итоге к формированию рациональной структуры изделия. При этом особое значение приобретают выбор и разработка способов подготовки сырья и формования изделий. Традиционная технология пластического формования в этом случае обычно малоэффективна, а изготавливаемые по ней керамические материалы не об-

\* 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 study 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”.

ладают необходимыми эксплуатационными и эстетическими свойствами.

Среди известных технологических схем производства строительной керамики менее требовательным к качеству сырьевых материалов является способ полусухого прессования, позволяющий использовать тощее малопластичное природное сырье и техногенные отходы [11]. Изначально в этой технологии существовало

два варианта подготовки пресс-порошков: сушильно-помольный и шликерный [12]. Вследствие огромных энергозатрат на обезвоживание шликера при работе башенных распылительных сушилок [13] развитие технологии пошло по первому варианту, который сегодня имеет как минимум три разновидности массоподготовки: пластическую, полусухую и сухую. Выбор конкретной технологии приготовления шихты зависит прежде всего от вида керамического сырья, его карьерной влажности, количества и вида включений и примесей. Например, для суглинков и диатомитов повышенной карьерной влажности используется пластическая массоподготовка, сухая — для твердого, содержащего включения, камневидного сырья.

К сожалению, классический способ полусухого прессования с сушильно-помольной массоподготовкой не обеспечивает должного формирования рациональной структуры сырца по сравнению с пластическим формованием глиномассы. Это связано с различиями в размере и характере пор, а также с меньшей поверхностью контакта частиц твердой фазы у изделий полусухого прессования, требующих образования большого количества жидкой фазы при обжиге. Разные механизмы спекания объясняют причины снижения прочности на изгиб и морозостойкости изделий полусухого прессования по сравнению с пластическим формованием [14]. Грубый помол глинистого сырья (до 3 мм включительно) также не способствует формированию упорядоченной равномерно-зернистой структуры и стабильности свойств керамического материала [15]. Указанные причины наряду с встречающейся проблемой по обеспечению равномерной прессовки сырца [16] привели к незаслуженной, по мнению автора, компрометации этой технологии и сворачиванию работы ряда кирпичных заводов полусухого прессования.

Для устранения указанных проблем автором было предложено перспективное направление развития технологии строительных керамических материалов из низкокачественного техногенного и природного сырья [17]. Накопленный в результате совместной работы с известными учеными-практиками докторами технических наук С.Ж. Сайбулатовым и Г.И. Стороженко, а впоследствии и самостоятельных исследований опыт лег в основу новых способов получения стеновой керамической матричной структуры [18–20].

Краткая предыстория формирования нового направления. Начиная со второй половины XX в. отмечается повышенный интерес к разработкам в области керамических композиционных материалов. Американский профессор Дж. Михольский выделяет керамические матричные композиты трех видов: армированные волокном, частицами или сплошным стеклом [21]. В 1980-е гг. для грубой керамики С.Ж. Сайбулатов разработал схему жидкофазного спекания композиционных керамических материалов на основе зол ТЭС [22]. Вначале образуются контакты между частицами, где происходит «точечная сварка» за счет появления жидкой фазы при выгорании остаточного топлива золы. В дальнейшем возникает и расширяется зона жидкой фазы вокруг очага нагрева в виде

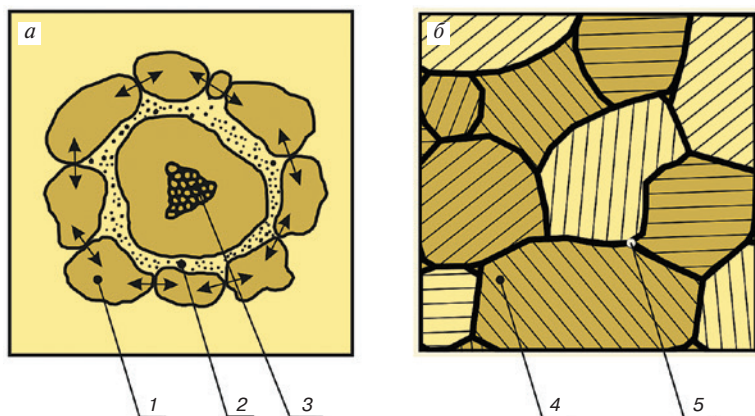


Рис. 1. Схемы формирования структуры керамических композиционных материалов из золы по С.Ж. Сайбулатову (а) и ячеисто-заполненной структуры по В.Б. Устьянову (б): 1 – агрегированные частицы; 2 – жидкая фаза; 3 – очаг тепловыделения; 4 – герметически изолированные друг от друга зерна наполнителя; 5 – легковлажный компонент

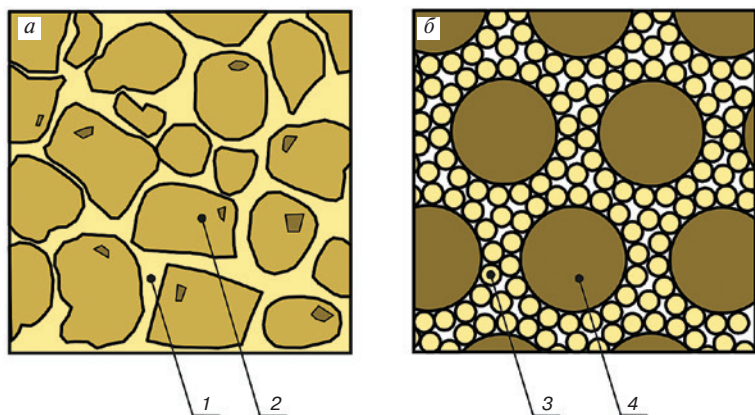


Рис. 2. Схемы формирования структуры керамических композиционных материалов по типу ядро-оболочка, предложенные С.И. Федоркиным (а) и А.Д. Шильцовой (б): 1 – каркас, состоящий из затвердевшего вяжущего или обожженной глины; 2 – ячейки-соты, заполненные дисперсным отходом; 3 – оболочка; 4 – ядро

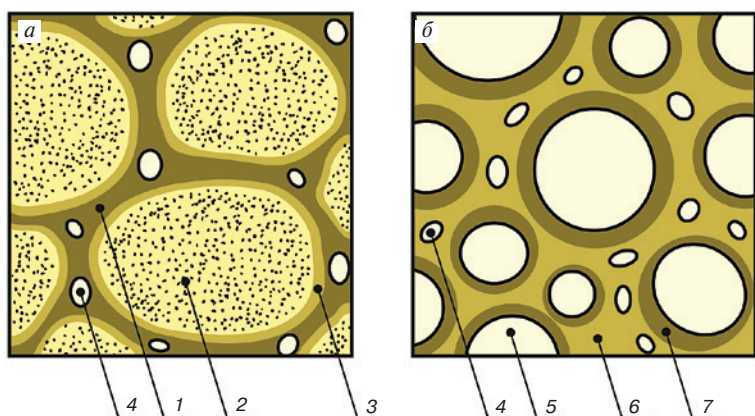


Рис. 3. Схемы формирования матричной (а) и ячеистой (б) структур керамических композиционных материалов: 1 – матрица (наполненное связующее); 2 – ядро (гранулированный наполнитель); 3 – переходный слой между матрицей и ядром; 4 – поры; 5 – воздушная ячейка; 6 – твердая фаза керамического каркаса; 7 – стеклокристаллический слой

сферы (рис. 1, а). Разработанная технология «Золокерам» была практически реализована на Ермаковском заводе керамических стеновых материалов (Республика Казахстан).

В это же время украинскими учеными В.Б. Устьяновым и В.В. Иващенко предложены принципы формирования ячеисто-заполненных структур для широкого спектра строительных материалов (рис. 1, б). Разработанный способ изготовления керамики [23] включал пластическую подготовку глинистого сырья, формование жгутов, сушку их в противоточном барабане, увлажнение слоев шликера из более пластичной глины и прессование изделий. В результате после обжига были получены образцы ячеисто-заполненной керамики.

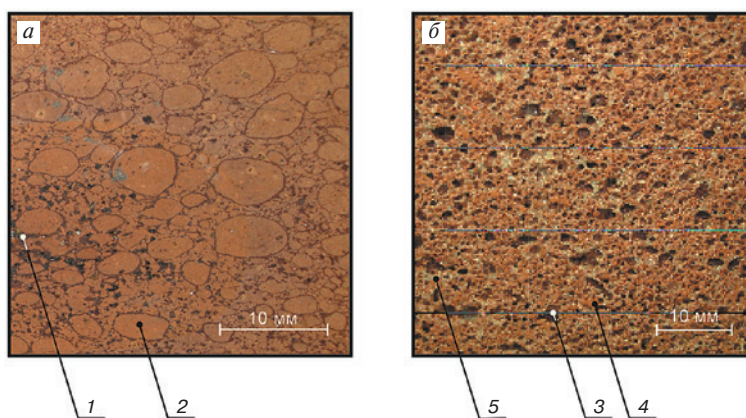
В начале XXI в. С.И. Федоркиным и Е.С. Макаровой были предложены различные строительные матричные композиты из дисперсных отходов производства [24]. Разработана технология золокерамического кирпича наполненной каркасно-сотовой структуры [25]. Суть этой технологии заключается в гранулировании дисперсной золы, накатке на поверхность гранул тонкого слоя глины и полусухом прессовании изделий. После обжига образуется композит матричной структуры, представляющий собой материал с прочным каркасом, объединяющим гранулы-соты, заполненные дисперсным отходом (рис. 2, а).

Разработке строительной керамики из грубозернистых масс посвящены исследования сибирских ученых В.И. Верещагина и А.Д. Шильциной [26]. На примере зол и шлаков с использованием спекающихся добавок проведены моделирование структуры и оценка прочности строительных керамических композитов (рис. 2, б).

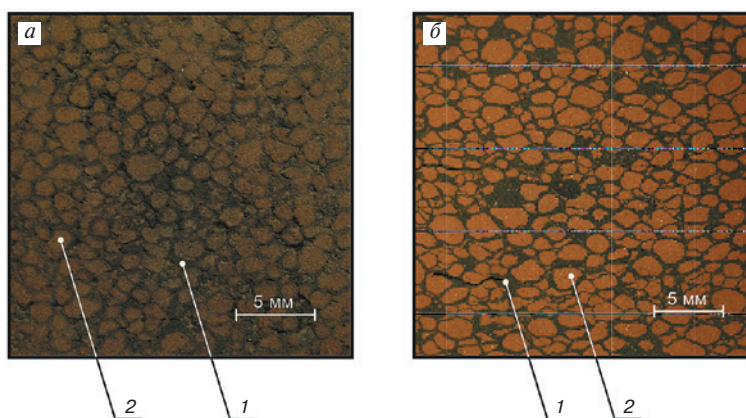
В настоящее время в Институте проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН под руководством О.В. Суворовой проводятся разработки строительной керамики на основе отходов обогащения руд [27]. С использованием процессов грануляции и опудривания гранул для формирования матричной структуры из хвостов обогащения медно-никелевых руд получены керамические изделия с повышенными физико-техническими свойствами.

Как уже отмечалось, в результате комплексных исследований автором разработаны схема формирования структуры керамических матричных композитов из техногенного сырья (рис. 3, а) и способы получения стеновых керамических материалов из шламистых железорудных отходов и отходов углеобогащения с высокими показателями прочности и морозостойкости изделий [18, 19]. Образующаяся с их помощью матричная структура керамического материала представлена двумя составными частями: матрицей, которая является продуктом высокотемпературных превращений глинистых минералов, и макрозаполнителем в виде минеральных зерен, заключенных в ней (рис. 4, а). С такой структурой требуемое содержание глинистой фракции в составе шихты не превышает 20–25% и будет зависеть только от качества оболочки и соотношения ее толщины и диаметра зерен макрозаполнителя [17].

В развитие рассматриваемого направления под руководством автора проводятся исследования по созданию ячеистой структуры керамики с упорядоченным каркасом из макропор, имеющих стеклокристаллическую оболочку, что особенно актуально в условиях возросших нормативных требований по тепло- и энерго-



**Рис. 4.** Матричная и ячеистая структуры строительной керамики из гранулированных шихт на основе шламистых железорудных отходов (а) и гранулированного пеностекла из кремнистых пород (б): 1 – матрица; 2 – ядро; 3 – воздушная ячейка; 4 – твердая фаза керамического каркаса; 5 – стеклокристаллический слой



**Рис. 5.** Матричная структура декоративной строительной керамики из гранулированных шихт на основе шламистых железорудных отходов и ванадиевого шлака (а) и глинистого сырья и марганецсодержащих отходов (б): 1 – матрица из красящего компонента; 2 – ядро

сбережению зданий. Схема формирования ячеистой структуры керамического материала с использованием гранулированного пеностекла и природной алюмосиликатной связки представлена на рис. 3, б.

Разработан и запатентован [20] новый способ изготовления теплоэффективных стеновых керамических изделий на основе низкокачественного сырья с пространственно-организованной ячеистой структурой. В основу способа заложены вышеуказанные технологические принципы формирования керамических матричных композитов. Грануляция увлажненных гранул пеностекла с высушенным и измельченным глинистым или кремнистым сырьем, последующее прессование, сушка и обжиг изделий обеспечивают формирование ячеистой структуры материала (рис. 4, б) с высоким коэффициентом конструктивного качества и пониженной средней плотностью [28].

Еще одним перспективным направлением в этой технологии является разработка декоративных керамических строительных материалов матричной структуры. В условиях постоянного спроса на цветной кирпич организация его производства также весьма актуальна и находится под пристальным вниманием руководства керамических предприятий. При объемном окрашивании керамических изделий использование импортных красящих пигментов дорого и сегодня не всегда приемлемо в условиях санкционной политики в отношении России. Как показали исследования, импортозамещение окрашивающих компонентов может проводиться за счет введения отечественных мине-

ральных добавок на основе промышленных отходов, содержащих соли и оксиды металлов, таких как  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$  и др.

Разработаны принципы структурного окрашивания керамических матричных композитов, при этом интенсивное окрашивание керамики при минимальном количестве добавки достигается за счет ее концентрации в тонком слое по поверхности гранул [29]. Получены декоративные керамические строительные материалы матричной структуры из гранул шламистых железорудных отходов, опудренных тонкомолотым ванадиевым шлаком (рис. 5, а), и гранулированных шихт на основе глинистого сырья и марганецсодержащих отходов (рис. 5, б).

#### Список литературы

1. Пивинский Ю.Е. Кварцевая керамика. ВКВС и керамобетоны. История создания и развития технологий. СПб.: Политехника принт, 2018. 360 с.
2. Салахов А.М., Салахова Р.А. Керамика вокруг нас. М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2008. 160 с.
3. Семенов А.А. Рынок керамических стеновых материалов: итоги 2014 и прогноз на 2015 год // *Строительные материалы*. 2015. № 4. С. 3–5.
4. Полозов А.Н. Особенности реализации проектов строительства кирпичных заводов с импортным оборудованием // *Строительные материалы*. 2009. № 10. С. 8–11.
5. Российский рынок керамических стеновых материалов в 2016 году (информация) // *Строительные материалы*. 2017. № 4. С. 4–5.
6. Талпа Б.В., Котляр А.В. Минерально-сырьевая база литифицированных глинистых пород Юга России для производства строительной керамики // *Строительные материалы*. 2015. № 4. С. 31–33.
7. Гурьева В.А. Магнезиальное техногенное сырье в производстве строительных керамических материалов // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура*. 2013. Т. 13. № 1. С. 45–48.
8. Бурученко А.Е. Возможности использования вторичного сырья для получения строительной керамики и ситаллов // *Вестник Тувынского государственного университета. Выпуск № 3: Технические и физико-математические науки*. 2013. № 3 (18). С. 7–14.
9. Котляр В.Д., Терехина Ю.В., Котляр А.В. Методика испытания камневидного сырья для производства стеновых керамических изделий компрессионного формования // *Строительные материалы*. 2014. № 4. С. 24–27.
10. Бурученко А.Е., Верещагин В.И., Мущарапова С.И., Меньшикова В.К. Влияние дисперсности непластичных компонентов керамических масс на спекание и свойства строительной керамики // *Строительные материалы*. 2015. № 8. С. 64–67.
11. Stolboushkin A., Fomina O., Fomin A. The investigation of the matrix structure of ceramic brick made from carbonaceous mudstone tailings // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2016. Vol. 124 doi:10.1088/1757-899X/124/1/012143.2016.
12. Волкова Ф.Н. Общая технология керамических изделий. М.: Стройиздат, 1989. 80 с.
13. Белопольский М.С., Харкина Н.Ф., Хиж А.Б., Федосеенко В.И. Модернизация распылительных сушилок // *Стекло и керамика*. 1987. № 5. С. 17–18.
14. Юшкевич М.О. Технология керамики / Под ред. Р.Л. Певзнера. М.: Гос. изд-во литературы по строительным материалам, 1955. 348 с.

Таким образом, на сегодняшний день сформировалось перспективное направление строительных керамических материалов матричной структуры на основе природного и техногенного сырья. Проведенные исследования свидетельствуют о том, что направленное регулирование структурообразования позволяет создавать композиционные керамические материалы, обладающие свойствами, которых невозможно добиться обычным смешиванием исходных компонентов при составлении шихты. В результате синергетического эффекта, обычно присущего созданию матричных композитов, открывается возможность использования низкачественного керамического сырья, малоприспособленного в традиционных технологиях строительной керамики.

#### References

1. Pivinsky Yu.E. Kvaritsevaya keramika. VKVS i keramobeton. Istoriya sozdaniya i razvitiya tekhnologii [Silica ceramics. HCAS (highly concentrated ceramic astringent suspensions) and ceramic-concrete. History of creation and development of technologies]. Saint-Petersburg: Politechnika print. 2018. 360 p.
2. Salakhov A.M., Salakhova R.A. Keramika vokrug nas [Ceramics around us]. Moscow: STROYMATERIALY. 2008. 160 p.
3. Semyonov A.A. Ceramic wall materials market: results of 2014 and forecast for 2015. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 4, pp. 3–5. (In Russian).
4. Polozov A.N. Features of realization of projects of construction of brickworks with imported equipment. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2009. No. 10, pp. 8–11. (In Russian).
5. Russian market of ceramic wall materials in 2016 (Information). *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 4, pp. 4–5. (In Russian).
6. Talpa B.V., Kotlyar A.V. Mineral-raw material base of lithified clay rocks of the South of Russia for production of building ceramics. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 4, pp. 31–33. (In Russian).
7. Guryeva V.A. Magnesium-containing technogenic raw material in the production of structural ceramic materials. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Construction Engineering and Architecture*. 2013. Vol. 13. No. 1, pp. 45–48. (In Russian).
8. Buruchenko A.E. The use of recycled for building ceramics and class ceramics. *Bulletin of the Tuva State University. Release No. 3: Technical and Physical and Mathematical Science*. 2013. No. 3 (18), pp. 7–14. (In Russian).
9. Kotlyar V.D., Terekhina Yu.V., Kotlyar A.V. Methods of testing lithoidal raw materials for producing wall ceramic products of compression molding (as a discussion). *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 4, pp. 24–27. (In Russian).
10. Buruchenko A.E., Vereshchagin V.I., Musharapova S.I., Menshikona V.K. Influence of dispersity of non-plastic components of ceramic masses on sintering and properties of building ceramics. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 8, pp. 64–67. (In Russian).
11. Stolboushkin A., Fomina O., Fomin A. The investigation of the matrix structure of ceramic brick made from carbonaceous mudstone tailings. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2016. Vol. 124 doi:10.1088/1757-899X/124/1/012143.2016.
12. Volkova F.N. Obshchaya tekhnologiya keramicheskikh izdelii [General technology of ceramic products]. Moscow: Stroyizdat. 1989. 80 p.
13. Belopolsky M.S., Kharkina N.F., Khizh A.B., Fedoseenko V.I. Modernization of spray dryers. *Steklo i Keramika*. 1987. No. 5, pp. 17–18. (In Russian).
14. Yushkevich M.O. Tekhnologiya keramiki [Technology of ceramics]. Moscow: State Publishing House of Literature on Building Materials. 1955. 348 p.

15. Stolboushkin A.Yu., Ivanov A.I., Fomina O.A., Fomin A.S., Storozhenko G.I. Principles of optimal structure formation of ceramic semi-dry pressed brick // *Advanced Materials, Mechanical and Structural Engineering: Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference of Advanced Materials, Mechanical and Structural Engineering (AMMSE 2015)*. September 18–20, 2015. South Korea, pp. 87–90.
16. Столбоушкин А.Ю., Дружинин С.В., Стороженко Г.И., Завадский В.Ф. Влияние технологических факторов на формирование рациональной структуры керамических изделий полусухого прессования из минеральных отходов Кузбасса // *Строительные материалы*. 2008. № 5. С. 95–97.
17. Столбоушкин А.Ю., Бердов Г.И., Верещагин В.И., Фомина О.А. Керамические стеновые материалы матричной структуры на основе неспекающегося малопластичного техногенного и природного сырья // *Строительные материалы*. 2016. № 8. С. 19–23.
18. Патент РФ № 2005702. *Способ изготовления керамических изделий* / Стороженко Г.И., Столбоушкин А.Ю., Болдырев Г.В. и др. Заявл. 25.06.1991. Оpubл. 15.01.1994. Бюл. № 1.
19. Патент РФ № 2500647. *Сырьевая смесь для изготовления стеновой керамики и способ ее получения* / Столбоушкин А.Ю., Стороженко Г.И., Иванов А.И. и др. Заявл. 20.04.2012. Оpubл. 10.12.2013. Бюл. № 34.
20. Патент РФ № 2593832. *Способ изготовления стеновых керамических изделий* / Иванов А.И., Столбоушкин А.Ю., Стороженко Г.И. Заявл. 08.06.2015. Оpubл. 10.08.2016. Бюл. № 22.
21. Mecholsky, J.J. Evaluation of mechanical property testing methods for ceramic matrix composites // *American society-bulletin*. 1986. Vol. 65. No. 2, pp. 315–322.
22. Сайбулатов С.Ж., Сулейменов С.Т., Ралко А.В. Золокерамические стеновые материалы. Алма-Ата: Наука, 1982. 292 с.
23. А. с. СССР № 806646. *Способ изготовления керамики* / Устьянов В.Б., Иващенко В.В.; Заявл. 04.04.1978. Оpubл. 07.03.1981. Бюл. № 7.
24. Федоркин С.И., Макарова Е.С., Братковский Р.В. Утилизация дисперсных отходов производства в строительные материалы матричной структуры // *Строительство и техногенная безопасность: Сб. науч. тр. НАПКС*. 2010. Симферополь. Вып. 32. С. 70–74.
25. Макарова Е.С., Федоркин С.И. Технология производства золокерамических материалов наполненной каркасно-сотовой структуры // *Строительство и техногенная безопасность: Сб. науч. тр. НАПКС*. 2004. Симферополь. Вып. 9. С. 76–77.
26. Верещагин В.И., Шильцина А.Д., Селиванов Ю.В. Моделирование структуры и оценка прочности строительной керамики из грубозернистых масс // *Строительные материалы*. 2007. № 6. С. 65–68.
27. Суворова О.В., Макаров Д.В., Кумарова В.А., Некипелов Д.А. Использование отходов обогащения руд для получения строительной керамики с повышенными физико-техническими свойствами // *Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН: Сб. науч. тр.* 2017. Апатиты. № 14. С. 263–266.
28. Столбоушкин А.Ю., Иванов А.И., Шевченко В.В. и др. Исследование структуры и свойств ячеистых керамических материалов с каркасом из дисперсных кремнеземсодержащих пород // *Строительные материалы*. 2017. № 12. С. 7–13.
29. Патент РФ № 2641533. *Способ получения сырьевой смеси для декоративной стеновой керамики* / Столбоушкин А.Ю., Акст Д.В., Иванов А.И. и др. Заявл. 01.12.2016. Оpubл. 18.01.2018. Бюл. № 2.
15. Stolboushkin A.Yu., Ivanov A.I., Fomina O.A., Fomin A.S., Storozhenko G.I. Principles of optimal structure formation of ceramic semi-dry pressed brick. *Advanced Materials, Mechanical and Structural Engineering: Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference of Advanced Materials, Mechanical and Structural Engineering (AMMSE 2015)*. September 18–20, 2015. South Korea, pp. 87–90.
16. Stolboushkin A.Yu., Druzhinin S.V., Storozhenko G.I., Zavatsky V.F. Influence of technology factors on formation of rational structure of ceramic products made by semi-dry from mineral waste of Kuzbass. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2008. No. 5, pp. 95–97. (In Russian).
17. Stolboushkin A.Yu., Berdov G.I., Vereshchagin V.I., Fomina O.A. Ceramic wall materials with matrix structure based on non-sintering stiff technogenic and natural raw materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2016. No. 8, pp. 19–23. (In Russian).
18. Patent RF 2005702. *Sposob izgotovleniya keramicheskikh izdelii* [Method of making ceramic products]. Storozhenko G.I., Stolboushkin A.Yu., Boldyrev G.V. and oth. Declared 25.06.1991. Published 15.01.1994. Bulletin No. 1. (In Russian).
19. Patent RF 2500647. *Syr'evaya smes' dlya izgotovleniya stenovoi keramiki i sposob ee polucheniya* [Raw mix to manufacture wall ceramics and method of its production]. Stolboushkin A.Yu., Storozhenko G.I., Ivanov A.I. and oth. Declared 20.04.2012. Published 10.12.2013. Bulletin No. 34. (In Russian).
20. Patent RF 2593832. *Sposob izgotovleniya stenovykh keramicheskikh izdelii* [Method of making wall ceramics]. Ivanov A.I., Stolboushkin A.Yu., Storozhenko G.I. Declared 08.06.2015. Published 10.08.2016. Bulletin No. 22. (In Russian).
21. Mecholsky J.J. Evaluation of mechanical property testing methods for ceramic matrix composites. *American society-bulletin*. 1986. Vol. 65. No. 2, pp. 315–322.
22. Saybulatov S.Zh., Suleimenov S.T., Ralko A.V. Zolokeramicheskie stenovye materialy [Ash and ceramic wall materials]. Alma-Ata: Nauka. 1982. 292 p.
23. Patent SU 806646 *Sposob izgotovleniya keramiki* [Method of making ceramics]. Ustyanov V.B., Ivashchenko V.V. Declared 04.04.1978. Published 07.03.1981. Bulletin No. 7. (In Russian).
24. Fedorkin S.I., Makarova E.S., Bratkovsky R.V. Disposal of production wastes in construction materials of matrix structure. *Building and Technogenic Security. Papers of Scientific Works NAPKS*. 2010. Simferopol. Vol. 32, pp. 70–74. (In Russian).
25. Makarova E.S., Fedorkin S.I. Technology of production of ash and ceramic materials of filled frame-cellular structure. *Building and Technogenic Security. Papers of Scientific Works NAPKS*. 2004. Simferopol. Vol. 9, pp. 76–77. (In Russian).
26. Vereshchagin V.I., Shiltsina A.D., Selivanov Yu.V. Modeling of the structure and strength evaluation of building ceramics from coarse-grained masses. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2007. No. 6, pp. 65–68. (In Russian).
27. Suvorova O.V., Makarov D.V., Kumarova V.A., Nekipelov D.A. Ore dressing wastes utilization to produce building ceramics with increased physical and technical properties. *Works of Fersman Scientific Session of GI KSC of Russian Academy of Sciences: Papers of Scientific Works*. 2017. Apatity. No. 14, pp. 263–266. (In Russian).
28. Stolboushkin A.Yu., Ivanov A.I., Shevchenko V.V. and oth. 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).
29. Patent RF 2641533. *Sposob polucheniya syr'evoi smesi dlya dekorativnoi stenovoi keramiki* [Method of producing raw mixture for decorative wall ceramics]. Stolboushkin A.Yu., Akst D.V., Ivanov A.I. and oth. Declared 01.12.2016. Published 18.01.2018. Bulletin No. 2. (In Russian).

УДК 691.42

В.В. КУРНОСОВ, канд. физ.-мат. наук (kbb@komas.ru), В.Р. ТИХОНОВА, инженер

ООО «КОМАС» (143362, Московская обл., г. Апрелевка, ул. Мартовская, 8А)

## Совершенствование технологии обжига керамического кирпича в кольцевых печах

Представлен опыт внедрения новых систем отопления для кольцевых печей кирпичных заводов РФ с целью совершенствования технологии обжига керамического кирпича. Описана последовательность проведения работ по техническому перевооружению печи. Приведены характеристики работы печи. Представлен сравнительный анализ тепловой работы печи до и после модернизации. Показана высокая эффективность модернизации печи с точки зрения потребления топлива по сравнению с туннельными печами: удельный расход газа на 1 т обожженной продукции в кольцевой печи составил 30 м<sup>3</sup>, в туннельной печи – 50–100 м<sup>3</sup>. Сделан вывод о высокой эффективности кольцевой печи с современной системой отопления как теплового агрегата.

**Ключевые слова:** кирпич керамический, полнотелый кирпич, керамические изделия, экономическая эффективность, ресурсосбережение, кольцевая печь, туннельная печь, горелки, обжиг, экономия топлива, автоматизация, модернизация.

**Для цитирования:** Курнос В.В., Тихонова В.Р. Совершенствование технологии обжига керамического кирпича в кольцевых печах // *Строительные материалы*. 2018. № 4. С. 29–31.

V.V. KURNOSOV, Candidate of Sciences (Physics and Mathematics) (kbb@komas.ru), V.R. TIKHONOVA, Engineer  
ООО «КОМАС» (8А, Martovskaya Street, Aprelevka, 143362, Moscow Oblast, Russian Federation)

### Enhancement of Technology of Ceramic Brick Burning in Ring Furnaces

The experience in the introduction of new heating systems for ring furnaces of the brick factories of the Russian Federation with purpose to enhance the technology of ceramic brick burning is presented. The sequence of works on technical re-equipment of the furnace is described. Characteristics of the furnace operation are given. A comparative analysis of the thermal operation of the furnace before and after modernization is presented. The high efficiency of the furnace modernization from the point of view of fuel consumption in comparison with tunnel kilns is shown: specific gas consumption per a ton of calcined product in the ring furnace is 30 m<sup>3</sup>, in the tunnel kiln – 50–100 m<sup>3</sup>. The conclusion about the high efficiency of the ring furnace with a modern heating system as a thermal unit is made.

**Keywords:** ceramic brick, solid brick, ceramic products, economic efficiency, resource saving, ring furnace, tunnel kiln, burners, burning, fuel saving, automation, modernization.

**For citation:** Kurnosov V.V., Tikhonova V.R. Enhancement of technology of ceramic brick burning in ring furnaces. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2018. No. 4, pp. 29–31. (In Russian).

Существует общепризнанное мнение, что самыми энергоэффективными тепловыми агрегатами для обжига керамических изделий являются туннельные печи [1–5]. Это утверждение можно встретить практически в каждой монографии, посвященной обжигу строительной керамики. Однако значительная часть кирпичных заводов России, выпускающих полнотелый кирпич, оснащена в основном кольцевыми печами. Если оставить за рамками статьи полемику о целесообразности выпуска полнотелого кирпича, его конкурентоспособности на современном рынке штучных стеновых материалов и принять как данность, что такой кирпич выпускается и еще длительное время будет выпускаться и пользоваться спросом, особенно в регионах, то вопрос оптимизации его производства следует признать актуальным. Представляет интерес провести оценку эффективности обжига кирпича в кольцевых печах с точки зрения качества обжига, экологических аспектов и, что немаловажно в современной экономической ситуации, оценку удельного потребления природного газа.

За период 2004 по 2016 г. ООО «КОМАС» провело модернизацию систем отопления кольцевых печей ряда кирпичных заводов Российской Федерации с применением запатентованных газогорелочных устройств собственной разработки: на Бухоновском, Тульском, Болоховском, Нижнетагильском, Нижнеомовском, Шахтинском кирпичных заводах. Проведенный ООО «КОМАС» комплекс технических мероприятий позволил значительно усовершенствовать технологию обжига полнотелого керамического кирпича.

Первые внедрения систем отопления были осуществлены на Бухоновском кирпичном заводе в 2004 г. и на Тульском кирпичном заводе в 2005 г. Обжиговые печи состояли соответственно из 16 и 28 камер. В каждой из камер на наружной боковой стене в разрыве между каме-

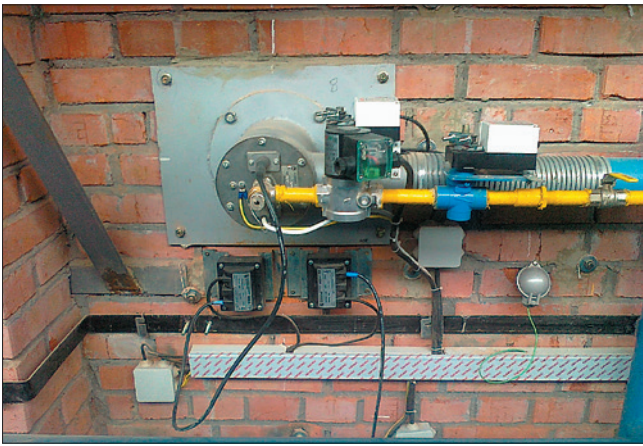
рами было установлено по три горелки: нижняя автоматическая горелка ГСП-50 мощностью 500 кВт и две верхние ГСПС-80 мощностью 80 кВт. В общей сложности была установлена автоматизированная отопительная система соответственно 60 и 90 горелок с учетом двух дополнительных секций в двух угловых камерах. Таким образом, были заменены 300 и 560 диффузионных горелок, установленных на двух сторонах печи.

Одной из немаловажных особенностей представленного технического решения является техническое перевооружение печей прерывания технологического процесса. Заранее рассверливались отверстия в боковой стене, в которые вмонтировали закладные гильзы для последующей установки горелок; для каждой горелочной секции из трех горелок установили индивидуальный вентилятор дутьевого воздуха; смонтировали приборы и запорно-регулирующую аппара-



Рис. 1. Система отопления кольцевой печи





**Рис. 2.** Автоматическая горелка

туру. Во время перехода камеры на выгрузку-загрузку устанавливали горелки и монтировали систему управления.

Применение дутьевых горелок позволило получить эффективную технологию обжига [6]. Включение нижней автоматической горелки производилось при температуре камеры 400°C, а верхние горелки со стабилизатором факела включались по достижении температуры камеры 700°C. Это нововведение в режиме нагрева позволило значительно снизить перепад температуры в объеме садки, что для определенных марок кирпича является решающим критическим фактором. Вместе с этим был интенсифицирован процесс обжига, что привело к уменьшению цикла обжига с последующим повышением производительности печи [7, 8]. Также была изменена схема отбора воздуха и дымовых газов, а именно было сокращено количество открытых конусов в зоне подготовки и увеличено в зоне охлаждения.

В результате применения вышеуказанных технических решений производительность печи возросла от 30 до 40%, что позволило заводам увеличить объем производства на 7 и 11 млн шт. усл. кирпича в год соответственно.

Кроме улучшения технологических показателей производства также были значительно улучшены условия труда обжигальщиков. Немаловажным фактором является и повышение технологической дисциплины. Повысилась эргономичность работы обслуживающего персонала. Так, после введения в эксплуатацию новой системы управления печью технологическая кривая обжига каждой камеры устанавливалась технологом на сенсорной панели, связанной непосредственно с контроллером, управляющим тепловой нагрузкой индивидуально в каждой камере печного агрегата. Тепловая нагрузка, в свою очередь, регулировалась по сигналу термодпары, установленной в боковой стене каждой обжиговой камеры со смещением по ходу огня от оси горелок. Таким образом, обжигальщику требовалось лишь осуществить запуск камеры на обжиг нажатием кнопки «ПУСК» на щите управления, установленного у горелочной группы каждой камеры.

Кроме увеличения производительности печи проведенные технические нововведения позволили добиться гарантированно высокого качества обжига керамических изделий: заводы стали получать марку кирпича не ниже 150, с повышением морозостойкости свыше 50 циклов. О высоком качестве полнотелого кирпича, производимого ТКЗ, говорит и тот факт, что завод выиграл тендер на поставку кирпича для реконструкции стен Московского Кремля.

Опираясь на имеющийся опыт, при последующих модернизациях на других заводах, в каждой камере устанавливали по две автоматические горелки с локальной системой управления, которая в дальнейшем объединялась в единую систему управления печью с применением промышленного компьютера.



**Рис. 3.** МЦ БУТР (модуль центрального управления печью)

В 2016 г. на ТКЗ с целью дальнейшего улучшения качества продукции и повышения производительности печи было принято решение переоснастить систему отопления кольцевой печи. Обжиговую камеру разделили на две зоны нагрева с установкой в каждой из них двух автоматических горелок: в нижней зоне — горелок ГСП-25 мощностью 250 кВт; верхней зоне — горелок ГСП-10 мощностью 100 кВт. Таким образом, общее число автоматических горелок, установленных на печи, стало 112 (рис. 1). Также печь была оснащена трехуровневой автоматизированной системой управления технологическим процессом АСУ ТП. Поставку горелок осуществила компания ООО «КОМАС». Поставщиком автоматики была компания ООО «Офенбау Альянс». Монтаж и пусконаладочные работы осуществлялись совместно со специалистами завода.

Автоматика модернизируемых кольцевых печей представляет собой АСУ ТП обжига, построенную в виде трехуровневой распределенной системы. Первый уровень представлен первичными датчиками, приборами и исполнительными устройствами, второй уровень — контроллерами управления отдельными камерами обжига, объединенными в локальную сеть; третий уровень представляет собой автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора, состоящее из модуля центрального блока управления тепловым режимом (МЦ БУТР) и компьютерной станции с программным обеспечением.

Визуализация АРМ оператора (рис. 4) состоит из ряда экранов и позволяет в реальном времени контролировать и при необходимости корректировать основные параметры автоматической работы печи в целом и каждой камеры в отдельности.

Следует отметить, что горелки, вентиляционное оборудование и автоматика могут быть установлены только с одной стороны обжигового канала (рис. 1). Это обстоятельство создает значительные трудности в создании равномер-



**Рис. 4.** Мнемосхема печи

ного поля температуры в объеме топчного канала. Тем не менее решение этой характерной проблемы достигнуто с помощью применения эластичной системы управления тепловой нагрузкой в обжиговой камере [9]. Особенностью данной системы является сочетание нескольких факторов. Первым из них является применение непрерывного, импульсного и ступенчатого изменения подачи газа и воздуха на различных участках заданной программной кривой обжига. Следующей особенностью является применение горелок ГСП с камерой сгорания типа «реактивного двигателя». Газосжигающие устройства данного типа эффективно работают как на форсированных, так и на минимальных режимах с широким диапазоном изменения коэффициента избытка воздуха. Замеры состава продуктов сгорания свидетельствуют о высокой экологичности и энергоэффективности процессов сжигания топлива.

Анализ представленных данных тепловой работы кольцевой печи говорит о высокой эффективности использования топлива. Действительно, вместо регламентированных 240 кг условного топлива на 1 тыс. шт. усл. кирпича или 60 м<sup>3</sup> природного газа на 1 т обожженных изделий после модернизации печей тратится порядка 30 м<sup>3</sup> природного газа на 1 т. В туннельных печах расход газа составляет от 50 до 100 м<sup>3</sup> на 1 т обожженных изделий, как правило, пустотелого лицевого кирпича. Как объяснить этот парадокс? Получение высококачественной продукции требует дополнительных технологических затрат – удлинения печи (средняя длина 120 м) для получения более гибкой кривой обжига, блокирования

подачи нагретого воздуха из зоны охлаждения в зону закала. Кольцевая же печь вдвое короче (работа в режиме «на два огня»). Это обстоятельство позволяет уменьшить вдвое подсосы холодного балластного воздуха в зоне подготовки. Кроме того, в кольцевой печи имеется возможность подать нагретый воздух с высоким температурным потенциалом из зоны охлаждения в зону закала, где он наиболее эффективно может быть использован в случае применения диффузионного горения [10, 11]. Так, для поддержания заданной температуры в зоне закала при поступлении воздуха из зоны охлаждения расход топлива в случае применения диффузионных горелок будет вдвое ниже, чем у дутьевых скоростных горелок. Горелки типа ГСП разработки ООО «КОМАС» позволяют в зоне высокой температуры и значительного избытка воздуха, поступающего из зоны охлаждения, работать на полудиффузионном режиме, что приводит к значительному снижению расхода топлива.

#### Выводы

1. С точки зрения потребления топлива кольцевые печи являются высокоэффективными теплотехническими агрегатами для производства полнотелого керамического кирпича.

2. Качество регулирования процессом обжига керамических изделий в кольцевой печи, оснащенной автоматизированной системой отопления, не уступает туннельным печам.

3. Возможность автоматизации процесса загрузки-выгрузки в кольцевую печь приведет к сравнимому с туннельными печами уровню применения ручного труда.

#### Список литературы

1. Юшкевич М.О., Роговой М.И. Технология керамики. М.: Издательство литературы по строительству, 1969. 350 с.
2. Кашкаев И.С., Шейнман Е.Ш. Производство глиняного кирпича. М.: Высшая школа, 1974. 288 с.
3. Тихи О. Обжиг керамики. М.: Стройиздат, 1988. 344 с.
4. Курносое В.В., Шахов И.И. Технология скоростного обжига керамических изделий // *Строительные материалы*. 2001. № 2. С. 7.
5. Ашмарин Г.Д., Курносое В.В., Ласточкин В.Г. Энерго- и ресурсосберегающая технология керамических стеновых материалов // *Строительные материалы*. 2010. № 4. С. 24–27.
6. Патент на изобретение RU 2192584. Газовая горелка / Курносое В.В., Петров Н.Ф. Заявл. 10.12.2001. Оpubл. 10.11.2002.
7. Kurnosov V.V., Shakhov I.I., Dorozhkin A.A., Kalinina N.N., Povelitsa Yu.I. Heat engineering modernization of large heat-treatment furnaces // *Refractories and Industrial Ceramics*. 2012. Vol. 53. No. 2, pp. 101–103.
8. Dorokhina O.G., Karvetskii A.A., Arutyunov V.A., Kurnosov V.V., Levitskii I.A. Simulation of the gas dynamics and heat transfer in a high-precision furnace // *Steel in Translation*. 2012. Vol. 42. No. 3, pp. 230–232.
9. Патент на изобретение RU 2524296. Способ управления импульсной подачей топлива в нагревательных и термических печах / Курносое В.В., Прибытков И.А., Тихонова В.Р. Заявл. 11.01.2013. Оpubл. 13.07.2014. Бюл. № 21.
10. Кузнецов Ю.С., Качурина О.И. Окислительно-восстановительные свойства газовых фаз // *Известия высших учебных заведений: Черная металлургия*. 2018. № 1. С. 69–79.
11. Базайкин В.И., Базайкина О.Л., Осолкова Т.Н., Темлянцева М.В. Математическое моделирование тепловых процессов при обработке поверхности металлоизделий высококонцентрированными потоками энергии // *Известия высших учебных заведений: Черная металлургия*. 2017. № 5. С. 398–409.

#### References

1. Yushkevich M.O., Rogovoi M.I. *Tekhnologiya keramiki [Technology of ceramics]* Moscow: Publishing house of literature on construction. 1969. 350 p.
2. Kashkaev I.S., Sheinman E.Sh. *Proizvodstvo glinyanogo kirpicha [Production of clay brick]*. Moscow: Vysshaya shkola. 1974. 288 p.
3. Tikhi O. *Obzhig keramiki [Firing ceramics]*. Moscow: Stroyizdat. 1988. 344 p.
4. Kurnosov V.V., Shakhov I.I. *Technology of rapid firing of ceramic products. Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]*. 2001. No. 2, pp. 7. (In Russian).
5. Ashmarin G.D., Kurnosov V.V., Lastochkin V.G. Energy and resources saving technology of ceramic wall materials. *Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]*. 2010. No. 4, pp. 24–27. (In Russian).
6. Patent for invention RU 2192584. *Gazovaya gorelka [Gas burner]*. Kurnosov V.V., Petrov N.F. Declared 10.12.2001. Published 10.11.2002. (In Russian).
7. Kurnosov V.V., Shakhov I.I., Dorozhkin A.A., Kalinina N.N., Povelitsa Yu.I. Heat engineering modernization of large heat-treatment furnaces. *Refractories and Industrial Ceramics*. 2012. Vol. 53. No. 2, pp. 101–103. (In Russian).
8. Dorokhina O.G., Karvetskiy A.A., Arutyunov V.A., Kurnosov V.V., Levitskiy I.A. Simulation of the gas dynamics and heat transfer in a high-precision furnace. *Steel in Translation*. 2012. Vol. 42. No. 3, pp. 230–232.
9. Patent for invention RU 2524296. *Sposob upravleniya impul'snoi podachei topliva v nagrevatel'nykh i termicheskikh pechakh [Method for controlling impulse fuel supply in heating and thermal furnaces]*. Kurnosov V.V., Pribytkov I.A., Tikhonova B.R. Declared 01.11.2013. Published 07.13.2014. Bulletin No. 21. (In Russian).
10. Kuznetsov Yu.S., Kachurina O.I. Oxidation-reduction properties of gas phases. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Chernaya metallurgiya*. 2018. No. 1, pp. 69–79. (In Russian).
11. Bazaikin V.I., Bazaikina O.L., Oskolkova T.N., Temyantsev M.V. Mathematical modeling of thermal processes in the surface treatment of metal products with highly concentrated energy flows. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Chernaya metallurgiya*. 2017. No. 5, pp. 398–409. (In Russian).

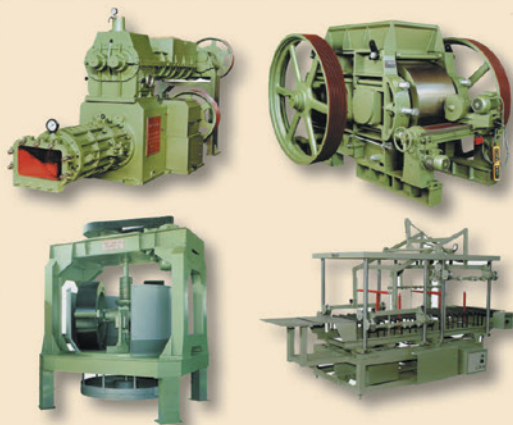


**mak-san**  
MAKİNA SANAYİ VE TİCARET ANONİM ŞİRKETİ

# ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КИРПИЧА ЕВРОПЕЙСКОГО КАЧЕСТВА



ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ  
В РОССИИ И СНГ  
Группа компаний  
«РОССТРОМ»



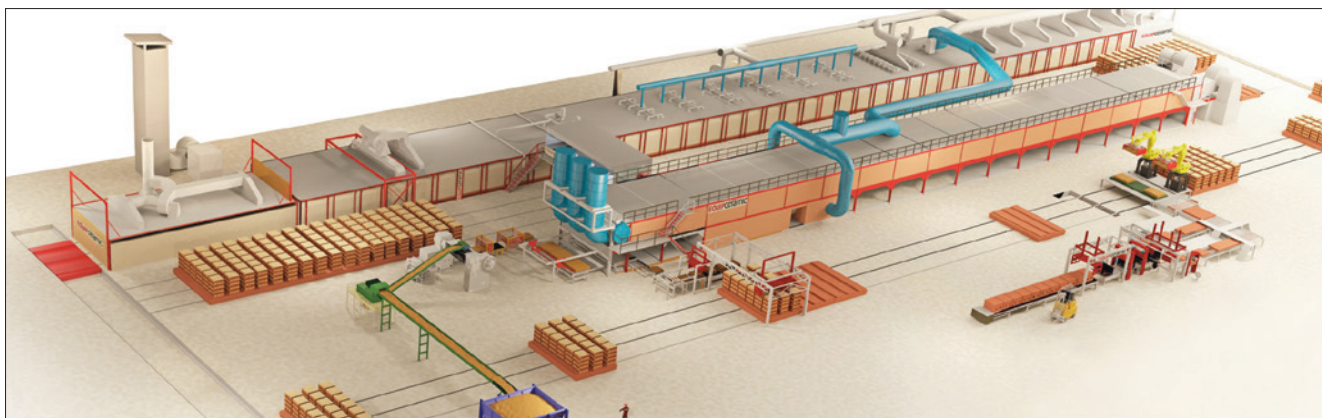
ГК РОССТРОМ, как эксклюзивный представитель компании «МАК-SAN» (Турция), предлагает к поставке оборудование и запасные части для производства керамического кирпича.

- Оборудование массоподготовки (питатели, глинорыхлители, дезинтеграторы, камневыделительные вальцы, вальцы тонкого помола с гидropriжимом валков, бегуны, смесители, глинорастиратели) производительностью от 30 до 70 т/ч.
- Оборудование для формования – вакуумные экструдеры с диаметром цилиндра от 450 мм до 650 мм, допустимым давлением от 2,5 до 4 МПа и производительностью от 30 до 90 т/ч.
- Линии резки и укладки кирпича-сырца с вертикальным резом и фаскообразованием с 3-х сторон для туннельных и камерных сушил производительностью до 10 тыс. кирпича НФ в час.
- Автоматы садки кирпича для туннельных и кольцевых печей.
- Автоматы разгрузки и пакетирования кирпича.
- Нестандартизированное оборудование (передаточные тележки для печей и сушил, сушильные и обжиговые вагонетки, автоматические захваты и др.).
- Запасные и быстроизнашивающиеся части к оборудованию для производства кирпича (СМК и импортного) – шнека, рубашки, лопатки, шестерни, вал-шестерни, шкивы.

Автоматизация туннельных, камерных сушил, туннельных и кольцевых печей на базе программируемых контроллеров.

454138, Челябинск,  
ул. Комсомольский проспект, д. 39,  
корпус Б, офис 141  
Тел: (351) 280-37-43,  
тел/факс: (351) 280-37-44;  
e-mail: rosstrom@rambler.ru

Реклама



## ЭКИПСЕРАМИК

ЗА КАЖДЫМ КАЧЕСТВЕННЫМ ИЗДЕЛИЕМ СТОИТ УСПЕШНЫЙ ПРОЕКТ



КИРПИЧНЫЕ И  
ЧЕРЕПИЧНЫЕ  
ЗАВОДЫ «ПОД КЛЮЧ»

Реклама



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)

# Измельчение сухим способом – отправная точка производства высококачественной фасадной керамики

Испанская компания АО «Тальерес Фелипе Вердес, С. А.» (Verdés) является одним из наиболее известных и уважаемых в мире производителей машин и оборудования для производства стеновой и кровельной керамики и одной из немногих компаний, которая многие десятилетия производит оборудование как для влажного, пластического, так и для сухого способа подготовки сырья. Вот уже более 100 лет вся деятельность компании Verdés целиком и полностью посвящена разработке, производству, запуску в эксплуатацию, гарантийному и постгарантийному техническому обслуживанию оборудования приемных отделений, отделений массоподготовки и формовки на кирпичных заводах по всему миру.

## Что требует рынок?

В 2017 г. для большинства кирпичных заводов в развитых в керамическом отношении регионах России обычный лицевой кирпич перестал быть изделием с высокой добавленной стоимостью. Более того, на данный момент в некоторых регионах стоимость лицевого кирпича формата 1 НФ приближается к стоимости обычного строительного щелевого кирпича. В то же самое время на строительных площадках СНГ наблюдается увеличение предложения на импортные высококачественные облицовочные керамические изделия.

Современный потребитель предъявляет высокие требования к качеству облицовочных керамических изделий. Прежде всего это эстетические требования, которые можно охарактеризовать следующими факторами:

1. Внешний вид изделия, т. е. совокупность факторов, которые производят первое впечатление на заказчика.

2. Однородность цвета изделия.

3. Качество поверхности изделия и ее структура.

4. Отсутствие трещин на поверхности изделия.

Важнейшую роль играют высокие технические характеристики выпускаемых клинкерных изделий, такие как:

1. Марка изделий по прочности.

2. Водопоглощение.

3. Марка изделий по морозостойкости.

Неоспоримым фактом является то, что производство высококачественной фасадной и кровельной керамики возможно только с использованием оборудования для исключительно тонкого помола.

В этой связи компания Verdés обращает внимание российских производителей керамики на перспективность рынка изделий с реальной высокой добавленной стоимостью, в частности на облицовочную фасадную плитку различных форматов, вентилируемые фасады, терракотовые панели.

## Борьба с карбонатными включениями

Весьма распространенной составляющей для отечественного глинистого сырья являются карбонаты кальция и магния. Карбонаты распределены в глине в виде мелких либо крупных зерен или камней. Содержание карбоната кальция в глине может достигать 25%, но при этом для использования таких глин в производстве требуется только их тонкодисперсное измельчение. Известь в мелко раздробленном

состоянии лучше реагирует при обжиге с глинистыми минералами, после чего теряет способность гидратироваться.

Для полного устранения влияния карбонатов на качество поверхности производимых керамических изделий 90% частиц всего помолотого глинистого сырья должны в итоге иметь размер менее 200 мкм. Только в таком случае на поверхности изделия в 100% случаев не будет никаких видимых проявлений наличия карбонатов. Таких результатов можно достичь только путем применения технического решения на основе маятниковой мельницы.

Менее затратным с точки зрения инвестиций техническим решением на основе сухого метода измельчения, однако, более широко используемым на производствах керамических изделий с высокой добавленной стоимостью, является решение с использованием молотковых дробилок.

## Сравнение пластического способа подготовки сырья и сухого помола

Тонкого помола можно достигнуть как сухим, так и влажным способом. Каждый из этих способов имеет ряд особенностей.

Так называемый «влажный размол» (пластический способ подготовки) подразумевает использование каскада валцов, завершающегося валцами супертонкого помола с гидравлическим прижимом с реальным рабочим зазором 0,6–0,7 мм.

«Сухой размол» (сухой способ подготовки) производится посредством молотковых дробилок (помол с тониной до 0,2–0,7 мм) либо маятниковых мельниц (помол с тониной менее чем 200 мкм). Безусловно такой способ переработки может быть сопряжен с дополнительными затратами на энергоносители в случае необходимости предварительной досушки сырья. Однако достаточно большое количество предприятий в России уже имеют сушильные барабаны, в том числе кирпичные заводы, работающие по методу полусухого прессования.

Компания Verdés производит оборудование как для сухого способа, так и для пластического способа подготовки сырья.

Сухое измельчение сырья в сравнении с пластическим способом подготовки, помимо обеспечения значительно более высокого качества помола, в первую очередь выделяется более низкой (на 30%) стоимостью машин отделения массоподготовки и формовки. Также существенно ниже (на 40%) стоимость строительной части, как затраты на сам корпус, так и на фундаментные работы, а также затраты

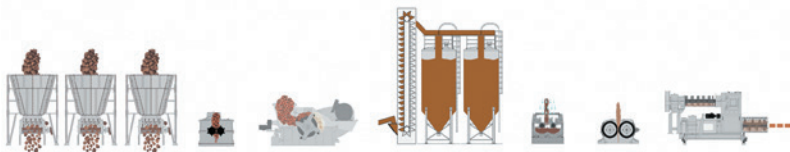


Молотковая дробилка

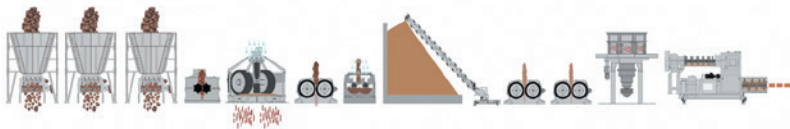


Маятниковая мельница

**Сухой способ подготовки сырья**



**Пластический способ подготовки сырья**



на возведение шихтозапасника (который при сухом способе не требуется вообще).

Более чем на треть снижается количество конвейеров. Затраты на электрооборудование, шеф-монтаж и пусконаладочные работы сопоставимы.

Существенный объем металлических конструкций необходим для монтажа оборудования для сухой переработки, в том числе и по причине обязательного наличия аспирационной системы и накопительных бункеров.

При работе с достаточно влажными глинами необходима досушка сырья.

Затрачиваемое в течение года время на техническое обслуживание линии с молотковыми дробилками в 5 (!) раз ниже, чем время, затрачиваемое на обслуживание линии с каскадом валцов.

Рабочими частями молотковых дробилок являются молотки и решетки (колосники); время на их замену несопоставимо меньше времени, затрачиваемого на замену бандажей валцов и особенно на регулярную их проточку. При сухом способе помола нет необходимости в дорогостоящих бандажах для валцов, т. е. затраты на покупку запасных частей ниже.

Установленная мощность электродвигателей при сухом способе помола на 18% ниже, чем при пластическом с валцами. Как следствие, ниже и затраты на электроэнергию.

**Оборудование для тонкого и супертонкого измельчения сырья методом сухого помола**

Для сухого способа подготовки компания Verdés производит два различных вида оборудования: маятниковые мельницы и молотковые дробилки.

Значительная часть предприятий в Испании, а также в некоторых странах Средиземноморья, перерабатывающих сырье сухим способом, использует молотковые дробилки производства Verdés. Керамическую продукцию этих производителей вы можете встретить в том числе и на российском рынке.

Ключевые преимущества дробилок Verdés:

1. Равномерность подачи сырья в зону помола с помощью частотно-регулируемых шнековых питателей.

2. Подогрев рабочей зоны, позволяющий работать с сырьем более высокой влажности – до 12–14% (в зависимости от свойств конкретного сырья).



Валцы супертонкого помола «Оптима R»

85% прошедшего через молотковую дробилку сырья имеет фракцию не более 500 мкм, а 72% – не более 250 мкм. Это абсолютно недостижимые цифры для пластического способа подготовки сырья с использованием каскада валцов.

Диапазон производительности молотковых дробилок Verdés лежит в пределах от 15 до 100 т/ч.

Маятниковые мельницы Verdés обеспечивают измельчение менее чем до 35 мкм.

Преимуществом маятниковой мельницы является возможность обеспечить одновременное измельчение, динамическую классификацию и, при необходимости, досушку материала на одном и том же этапе переработки.

Имеется возможность применения различных по конструкции систем, как открытого, так и замкнутого цикла.

На каждом из маятников мельницы установлены ролики, которые при вращении перетирают массу о размольное кольцо. Давление роликов на кольцо создается за счет вращения с большой скоростью крестовины, к которой крепятся маятники. Далее измельченный материал воздушным потоком переносится в динамический классификатор, расположенный в верхней части установки. В классификаторе происходит сортировка фракций в зависимости от заданного размера. Недостаточно мелкие частицы возвращаются обратно в помольную камеру мельницы для повторного помола. Частицы измельчаемого сырья постоянно находятся в воздушном потоке, что позволяет сократить теплотраты на досушку материала.

Компания Verdés производит маятниковые мельницы как с тремя, так и с пятью маятниками.

Регулируемый угол наклона скребков позволяет обеспечить подачу измельчаемого материала на различную высоту рабочей поверхности каждого из маятников по отдельности с целью обеспечения их равномерного износа и продления ресурса работы.

Маятники изготовлены из высокохромистого сплава. По согласованию с заказчиком возможно применение других материалов повышенной износостойкости.

Еще 10 лет назад покупатель на отечественном рынке керамической продукции не предъявлял настолько высоких требований к качеству фасадных изделий. Поэтому большинство производителей стеновой керамики до сих пор используют пластический способ подготовки сырья с каскадом валцов.

Компания Verdés производит всю линейку оборудования для масоподготовки, в том числе валцы супертонкого помола с гидравлическим прижимом «Оптима». Валцы способны работать на зазоре 0,6 мм в широком диапазоне производительности. Ширина валков составляет от 600 до 1400 мм в зависимости от модели.

**Заключение**

Ключевыми преимуществами сухого способа подготовки являются: – меньшие инвестиции на начальном этапе (в оборудование и строительную часть);

– меньшие затраты на техническое обслуживание;

– более низкое потребление электроэнергии;

– в то же самое время обеспечивается действительно тонкий помол, недостижимый с помощью валцов, а следовательно, обеспечивается высочайшее качество лицевой поверхности изделия;

– обеспечиваются более высокие механические характеристики изделий.

Сухой способ помола – это не просто эффективная альтернатива пластическому методу подготовки сырья. В ближайшей перспективе это практически единственно возможный в России путь производства керамических изделий с высокой добавленной стоимостью, особенно когда речь заходит о выпуске высококачественной фасадной и кровельной керамики.



Представительство  
АО «ТАЛЬЕРЕС ФЕЛИПЕ ВЕРДЕС, С. А.»

Российская Федерация, 119021, г. Москва,  
ул. Льва Толстого, д. 5/1, строение 2, офис В-710 (7-й этаж)  
+7 495 544 77 92; +7 916 554 64 88; +7 926 084 67 84.

russia@verdes.com; http://verdes.ru

Я.В. ЛАЗАРЕВА, инженер (yana-cherevkova@yandex.ru), К.А. ЛАПУНОВА, канд. техн. наук (keramik\_kira@mail.ru), М.Е. ОРЛОВА, инженер (marina.nekrasova.96@list.ru), А.В. КОТЛЯР, инженер (toss871@yandex.ru)

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

## Взаимосвязь водопоглощения и водонепроницаемости керамической черепицы из аргиллитоподобных глин

Приведены результаты экспериментов по определению взаимосвязи между водонепроницаемостью и водопоглощением керамической черепицы, получаемой на основе аргиллитоподобных глин, имеющих широкое распространение на Юге России. Показано, что с уменьшением водопоглощения водонепроницаемость черепицы закономерно уменьшается. Установлено, что при 5% водопоглощения черепицу можно считать гарантированно водонепроницаемой. Этот показатель не зависит от толщины черепицы. Доказано, что снизить водопоглощение и повысить предел прочности при изгибе черепицы на основе аргиллитоподобных глин возможно за счет более тонкого измельчения исходного сырья или повышения температуры обжига. Дано обоснование, что получение керамического камня с высокой прочностью и низким водопоглощением позволяет производить черепицу с меньшей толщиной и массой, а также с меньшей вероятностью биологической коррозии.

**Ключевые слова:** черепица, аргиллитоподобные глины, прочность, водопоглощение, водонепроницаемость, обжиг, измельчение.

**Для цитирования:** Лазарева Я.В., Лапунова К.А., Орлова М.Е., Котляр А.В. Взаимосвязь водопоглощения и водонепроницаемости керамической черепицы из аргиллитоподобных глин // *Строительные материалы*. 2018. № 5. С. 36–39.

Y.V. LAZAREVA, Engineer (yana-cherevkova@yandex.ru), K.A. LAPUNOVA, Candidate of Sciences (Engineering) (keramik\_kira@mail.ru), M.E. ORLOVA Engineer (marina.nekrasova.96@list.ru), A.V. KOTLYAR, Engineer (toss871@yandex.ru)  
The Don State Technical University (1, Gagarin Square, 344000, Rostov-on-Don, Russian Federation)

### Relationship of Water Absorption and Water Resistance of a Ceramic Tile from Argillith-Like Clays

The results of experiments to determine the relationship between water tightness and water absorption of ceramic tiles obtained because of argillith-like clays, which are widespread in southern Russia, are pre-sented. It is shown that with decreasing water absorption the water permeability of the shard is regularly reduced. It is established that with 5% water absorption, the tile can be considered guaranteed waterproof. This figure does not depend on the thickness of the shingles. It is proved that it is possible to reduce water absorption and increase the ultimate strength due to shingles based on argillith-like clays, due to finer grinding of the feedstock or an increase in the firing temperature. The justification is given that the production of a ceramic shard with high strength and low water absorption makes it possible to produce tiles with a smaller thickness and weight, as well as lesser probability of bio-logical corrosion.

**Keywords:** tiles, argillith-like clays, strength, water absorption, water tightness, firing, grinding.

**For citation:** Lazareva Y.V., Lapunova K.A., Orlova M.E., Kotlyar A.V. Relationship of water absorption and water resistance of a ceramic tile from argillith-like clays. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2018. No. 5, pp. 36–39. (In Russian).

Керамическая черепица во всем мире является самым востребованным и распространенным кровельным материалом в гражданском строительстве. Благодаря своим свойствам она используется в строительстве уже около 4 тыс. лет. Черепица очень долговечный материал даже столетняя, она продолжает выполнять свои функции. Как правило, срок службы черепицы равняется сроку службы самого строения. Кровельные конструкции с усиленной стропильной системой и грамотно выполненная технология монтажа керамической черепицы позволяли эксплуатировать черепичные крыши веками без применения дополнительных защитных материалов и ремонтов. Керамическая черепица в сравнении с другими материалами имеет множество преимуществ: долговечность и надежность, пожаробезопасность и огнестойкость, привлекательные эстетические свойства. Она устойчива к ультрафиолетовому излучению, химически агрессивным дождям, ветру, перепадам температуры. Обладает низкой теплопроводностью и способностью поглощать шум, не накапливать статическое напряжение.

В нашей стране в силу субъективных и объективных причин со второй половины XX в. керамическая черепица практически не производилась и соответственно использовалась в строительстве крайне ограниченно. Интерес к ней заново проявился лишь в начале XXI в. [1–3]. В настоящее время наблюдается постоянный возрастающий спрос на керамическую черепицу. Даже несмотря на экономический кризис 2014 г., рост

продаж керамической черепицы не останавливался. Подтверждением этого является введение нового ГОСТа на керамическую черепицу.

В настоящее время керамическая черепица позиционируется как элитный кровельный материал. Во многом это обусловлено ее относительно высокой стоимостью. Квадратный метр обычной черепицы стоит 800–1000 р., черепицы глазурированной, ангобированной, с различными декоративными эффектами – в 2–3 раза дороже. Высокая стоимость связана с тем, что практически вся керамическая черепица завозится из-за рубежа. Это является серьезным сдерживающим фактором ее широкого применения. По нашим расчетам, при производстве в России стоимость черепицы могла бы быть в 2–3 раза меньше.

Основными тенденциями при производстве и применении керамической черепицы в настоящее время являются:

- большое количество вариантов ее декорирования глазурированием, ангобированием, объемным окрашиванием и т. д. Это увеличивает разнообразие, ассортимент и позволяет придать уникальность и неповторимость каждому отдельному зданию;
- стремление к увеличению прочности обожженного материала (камня);
- стремление к снижению водопоглощения изделий и соответственно водонепроницаемости.

Увеличение прочности обожженного материала (керамического камня) и снижение водопоглощения позво-

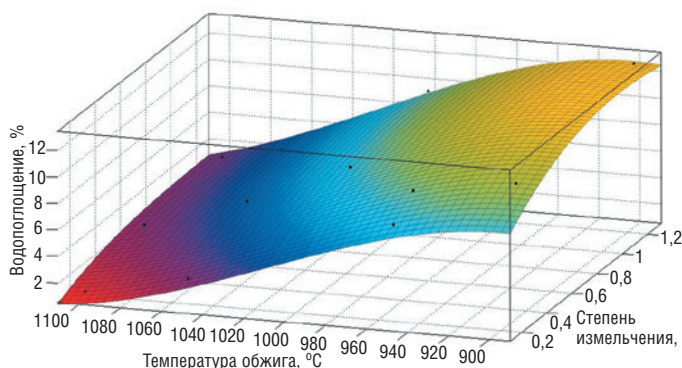


Рис. 1. Влияние температуры обжига и степени измельчения на водопоглощение

ляют уменьшить толщину изделий и соответственно их массу [2, 4, 5]. Это является общей тенденцией многих производителей. Достижение высокой прочности и низкого водопоглощения становится возможным только при сильном спекании керамического камня. Испытания, проведенные нами, показали, что водопоглощение черепицы ведущих производителей Европы – BRAAS, Terreal, TONDACH AG, Creaton, ERLUS колеблется в интервале 2–6%, а масса 1 м<sup>2</sup> кровельного покрытия составляет 35–50 кг. При этом, согласно ГОСТ Р 56688–2015 «Черепица керамическая. Технические условия», масса 1 м<sup>2</sup> из пазовой или S-образной черепицы в насыщенном водой состоянии должна быть не более 54 кг, из черепицы «монах-монашка» – не более 74 кг. Низкое водопоглощение позволяет гарантировать некоторым производителям морозостойкость черепицы до 1000 циклов. Также, как правило, прочность черепицы превышает показатели, требуемые по ГОСТ Р 56688–2015, – 6–12 МПа в зависимости от вида черепицы.

Организация производства керамической черепицы с такими показателями в нашей стране вызывает трудности, связанные прежде всего с ограниченными запасами спекающихся глин – способных после обжига давать керамический камень с водопоглощением менее 5% и высокими прочностными показателями. Также для черепицы очень важным показателем, учитывая ее форму и условия обжига, являются деформации, которые при обжиге должны быть минимальными. Подбор сырьевых масс для получения нужных характеристик является не простой технологической задачей с учетом экономических факторов.

Исследования, проводимые нами в последние годы совместно с региональными геологическими организациями, позволили выявить новое перспективное сырье для производства керамической черепицы – аргиллитоподобные глины и их разновидности [6–8]. Данные породы обладают специфическими свойствами и химико-минералогическим составом. Для них характерна плохая размокаемость в воде, повышенное в сравнении с суглинками содержание оксида калия и алюминия, наличие слюд и гидрослюд различных морфологических типов, повышенный предел прочности при изгибе обожженного материала, четкая зависимость свойств изделий от взаимосвязи тем-

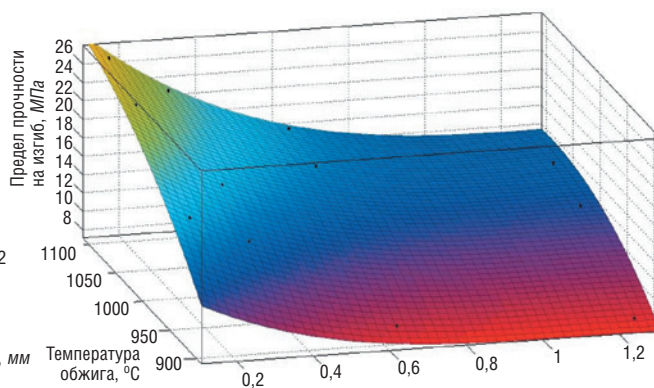


Рис. 2. Влияние температуры обжига и степени измельчения на предел прочности при изгибе

пературы обжига и степени измельчения сырья [9, 10]. На рис. 1 и 2 в качестве примера приведены зависимости водопоглощения и предела прочности при изгибе для аргиллитоподобной глины Южно-Черевковского месторождения.

Как видно, обожженный материал на основе аргиллитоподобных глин обладает высоким пределом прочности при изгибе, что позволяет производить черепицу с меньшей толщиной и относительно низким водопоглощением. Показатели по водопоглощению менее 6% достигаются в зависимости от степени измельчения при температурах обжига 980–1060°C. Однако ГОСТ Р 56688–2015 «Черепица керамическая. Технические условия» не предусматривает требований по водопоглощению, а только указывает, что черепица должна быть водонепроницаемой. Причем изменился метод определения водонепроницаемости.

В нормативных документах прошлых лет для определения водонепроницаемости на образце устанавливали трубку с внутренним диаметром 25 мм и высотой 150 мм, заполняли водой, и если по истечении трех часов на нижней поверхности образца отсутствовали капли воды, черепица считалась водонепроницаемой. По ГОСТ Р 56688–2015 для определения водонепроницаемости черепицу укладывают на опоры лицевой поверх-

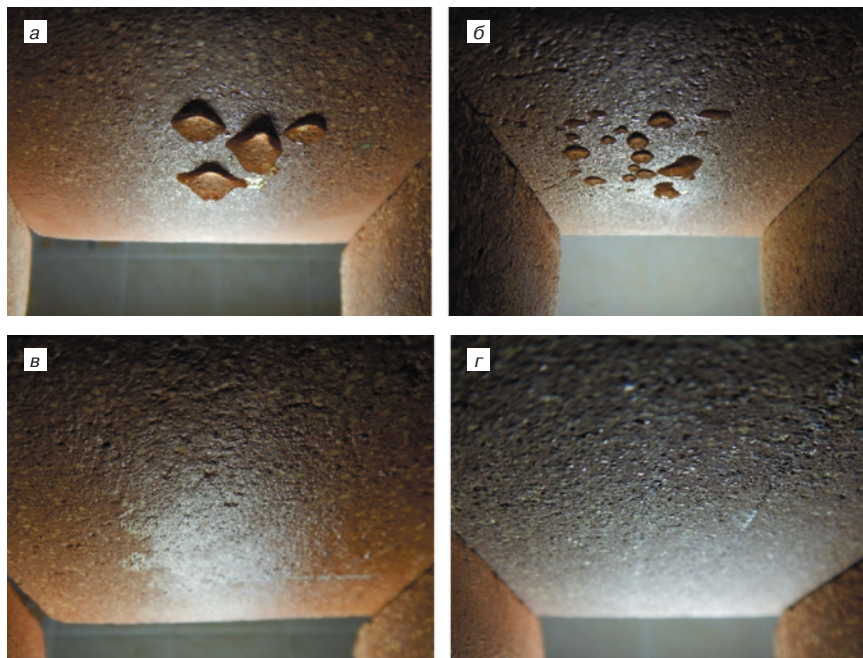


Рис. 3. Характер водонепроницаемости: а – с высокой водонепроницаемостью; б – со средней водонепроницаемостью; в – с низкой водонепроницаемостью; г – неводонепроницаемая



№ п/п	Водопоглощение, %	Параметры получения образцов		Характер водонепроницаемости
		Степень измельчения, мм	Температура обжига, °С	
1	>10	0–1,25 0–0,63 0–0,315	900–950	Капли крупные, появляются через 0,5–1,5 ч после начала проведения испытаний
	6–10	0–1,25 0–0,63 0–0,315	950–1000	Капли мелкие, появляются через 3–6 ч после начала проведения испытаний
3	3–6	0–1,25	1050–1100	Поверхность образца через 4 ч влажная, местами с тонкой пленкой влаги
4	< 3	0–1,25 0–0,63 0–0,315 0–0,16	1050–1150	На поверхности образцов нет влаги, однако при водопоглощении 2–3% ощущается, что образец влажный

ностью вверх и устанавливают на ней специальную разъемную рамку с размерами по длине и ширине на 10 мм меньше габаритных размеров образца. Зазоры между рамкой и кромками черепицы, а также крепежные отверстия герметизируют, при этом нижняя сторона черепицы должна быть хорошо видна. Рамку заполняют водой так, чтобы уровень воды находился на расстоянии не менее чем 10 мм над самым высоким рельефом черепицы, и выдерживают в течение 4 ч. Во время испытания постоянно поддерживают первоначальный уровень воды в рамке. По истечении 4 ч осматривают нижнюю поверхность черепицы и устанавливают наличие или отсутствие на ней капель воды.

**Список литературы**

1. Терехов В.А. Перспективы развития производства и применения керамической черепицы в России // *Строительные материалы*. 2002. № 12. С. 32–36.
2. Котляр В.Д., Лапунова К.А., Лазарева Я.В., Усепян И.М. Основные тенденции и перспективные виды сырья при производстве керамической черепицы // *Строительные материалы*. 2015. № 12. С. 28–31.
3. Салахов А.М., Туктарова Г.Р., Мочалов А.Ю., Салахова Р.А. Керамическая черепица в России была и должна быть // *Строительные материалы*. 2007. № 9. С. 18–19.
4. Лазарева Я.В., Котляр В.Д., Лапунова К.А., Ерёменко Г.Н. Основные направления развития дизайна и технологии производства керамической черепицы // *Дизайн. Материалы. Технология*. 2016. № 3 (43). С. 78–82.
5. Орлова М.Е., Лапунова К.А. Перспективные виды сырья для производства декорированной керамической черепицы. Наука сегодня: вызовы и решения: Материалы международной научно-практической конференции: В 2 ч. Вологда: ООО «Маркер», 2018. Ч. 1. С. 46–48.
6. Еременко Г.Н., Лапунова К.А., Лазарева Я.В. Керамическая черепица на основе аргиллитоподобных глин // *Инженерно-строительный вестник Прикаспия*. 2015. № 4 (14). С. 41–46.

При подборе сырьевых масс и технологических параметров для производства черепицы определение водонепроницаемости на стандартных образцах не представляется возможным. Рациональнее изучить водопоглощение образцов с достижением определенных значений, а уже затем определять водонепроницаемость. В общем плане технологии керамики понятно, что чем меньше водопоглощение, тем меньше водонепроницаемость. Однако водонепроницаемость зависит от многих факторов – общей пористости, размеров и формы пор, толщины образцов и т. д. Нами была проведена серия экспериментов с целью установления взаимосвязи между водопоглощением и водонепроницаемостью образцов на основе аргиллитоподобных глин, полученных при различных технологических параметрах. Испытания проводились двумя способами, которые показали похожие результаты на образцах с размерами 150×150×18 мм.

Результаты экспериментов показаны в таблице.

По характеру водонепроницаемости все образцы условно разделили на четыре группы:

- с высокой водонепроницаемостью – водопоглощение более 10%;
- со средней водонепроницаемостью – водопоглощение 6–10%;
- с низкой водонепроницаемостью – водопоглощение 3–6%;
- неводонепроницаемая – водопоглощение 0–3% (рис. 3).

Анализ полученных результатов показал, что для достижения гарантированной водонепроницаемости водопоглощение черепицы на основе аргиллитоподобных глин не должно превышать 5%. Именно при таком водопоглощении можно строить утепленные крыши с минимальным уклоном и черепица не будет подвергаться биологической коррозии, будет иметь морозостойкость более 100 циклов, а при водопоглощении менее 3% – более 200 циклов. При водопоглощении 1–5% образцы имеют предел прочности при изгибе от 20 до 30 МПа, что позволяет производить черепицу на основе аргиллитоподобных глин тоньше обычной в 1,5 раза. Это снизит себестоимость и сделает ее более привлекательной для потребителя.

**References**

1. Terekhov V. A. The prospects of development of production and application of a ceramic tile in Russia. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2002. No. 12, pp. 32–36. (In Russian).
2. Kotlyar V. D., Lapunova K.A., Lazareva Ya.V., Usepyan I.M. The main tendencies and perspective types of raw materials by production of a ceramic tile. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 12, pp. 28–31. (In Russian).
3. Salakhov A.M., Tuktarova G. R., Mochalov A.Yu., Salakhova R.A. The ceramic tile in Russia was and there have to be. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2007. No. 9, pp. 18–19. (In Russian).
4. Lazareva Ya.V., Kotlyar V. D., Lapunova K.A., Eryomenko G.N. Main directions of development of design and technology of production of a ceramic tile. *Dizayn. Materialy. Tekhnologiya*. 2016. No. 3 (43), pp. 78–82. (In Russian).
5. Orlova M.E., Lapunova K.A. Perspective types of raw materials for production of the decorated ceramic tile. *Science today: calls and decisions: Materials of the international scientific and practical conference*. Vologda. 2018. Part 1, pp. 46–48. (In Russian).
6. Eremenko G.N., Lapunova K.A., Lazareva Y.V. A ceramic tile on a basis of the argillitopodobnykh of clays. *Inzhenerno-stroitel'nyi vestnik Prikaspiya*. 2015. No. 4 (14), pp. 41–46. (In Russian).

7. 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.
8. Талпа Б.В., Котляр А.В. Минерально-сырьевая база литифицированных глинистых пород Юга России для производства строительной керамики // *Строительные материалы*. 2015. № 4. С. 31–33.
9. Котляр А.В. Технологические свойства аргиллитоподобных глин при производстве клинкерного кирпича // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2016. № 2 (55). С. 164–175.
10. Лапунова К.А., Орлова М.Е., Лазарева Я.В., Васин Д.С. Технология производства высокопрочной керамической черепицы на основе аргиллитоподобных глин. Теория и практика повышения эффективности строительных материалов: Материалы XII Международной научной конференции молодых ученых. Пенза: ПГУАС, 2017. С. 104–108.
7. Kotlyar V. D., Kozlov A.V., Kotlyar A.V., Teryokhina Yu.V. Features the kamnevidnykh of clay breeds of East Donbass as raw materials for production of wall ceramics. *Vestnik MGSU*. 2014. No. 10, pp. 95–105. (In Russian).
8. Talpa B.V., Kotlyar A.V. Mineral resources of litifitsirobathing clay breeds of the South of Russia for production of construction ceramics. *Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]*. 2015. No. 4, pp. 31–33. (In Russian).
9. Kotlyar A.V. Technological properties of claystone-like clays in clinker production. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2016. No. 2 (55), pp. 164–175. (In Russian).
10. Lapunova K.A., Orlova M.E., Lazareva Y.V., Vasin D.S. The production technology of a high-strength ceramic tile on a basis the claystone-like of clays. *Theory and practice of increase in efficiency of construction materials. Materials XII of the International scientific conference of young scientists*. Penza. 2017, pp. 104–108. (In Russian).

Журнал «Строительные материалы»® индексируют:



RUSSIAN SCIENCE CITATION INDEX (RSCI)  
supported by  
**WEB OF SCIENCE™**

## 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 исследования 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 ЛИНГЛ важным и основным моментом. Силами нашего сервисного филиала „ООО Лингл 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 способствуют сохранению длительных партнерских отношений - для сохранения этих ценностей мы работаем для Вас уже более 80 лет!

LINGL - качество „Сделано в Германии“



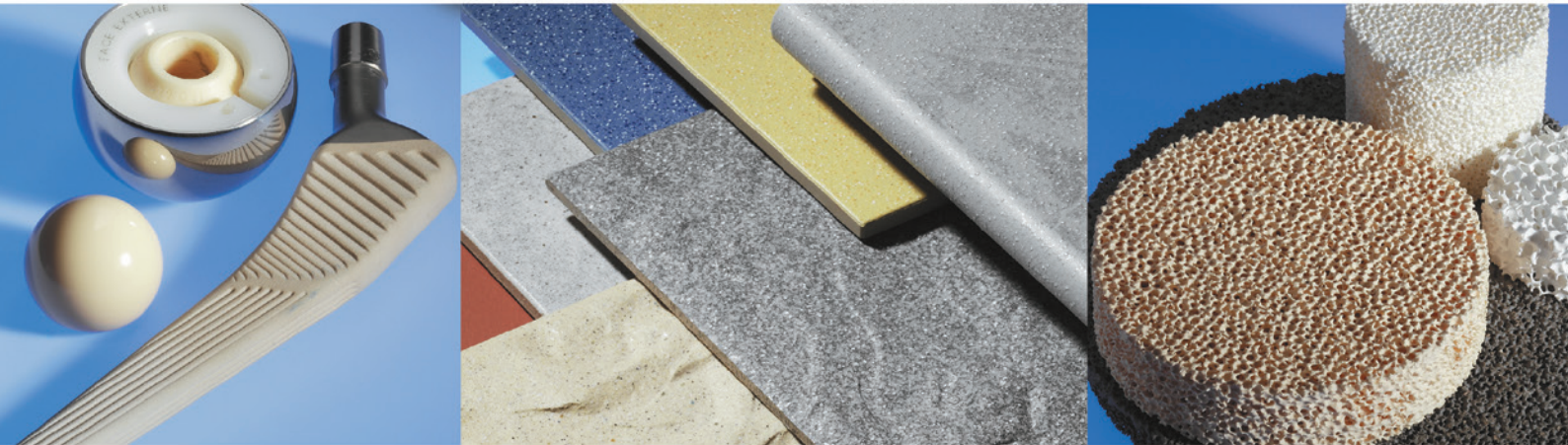
Представительство ЛИНГЛ в России:  
Глеб Юшин · gleb.yushin@lingl.ru  
Тел.: +7 812 309 5611 · Моб.: +7 911 812 2237

Представительство фирмы „ЛИНГЛ“ в России и странах СНГ 196247, Россия, г.Санкт-Петербург - Ленинский проспект, дом 160 офис 513 - тел.:+7 812 309 5611 - моб. тел. +7 911 812 2237 - mail: lingl.russia@gmail.com

www.lingl.com

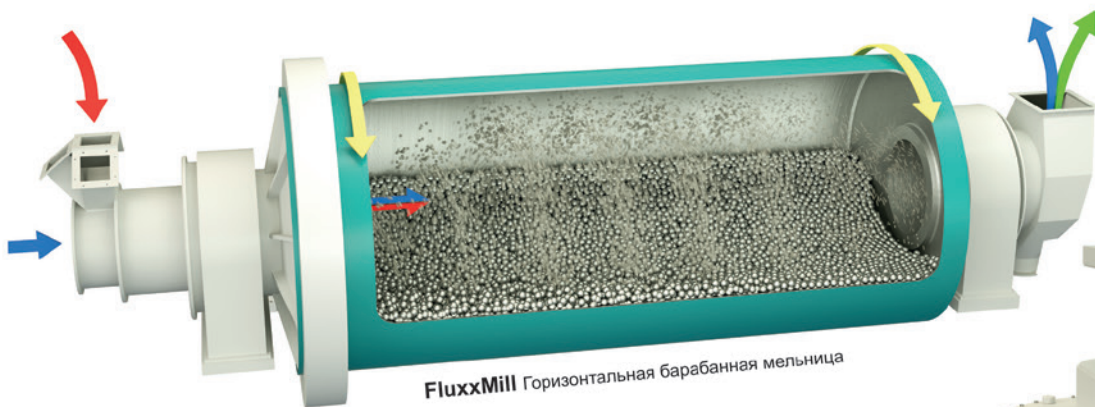


**EIRICH**



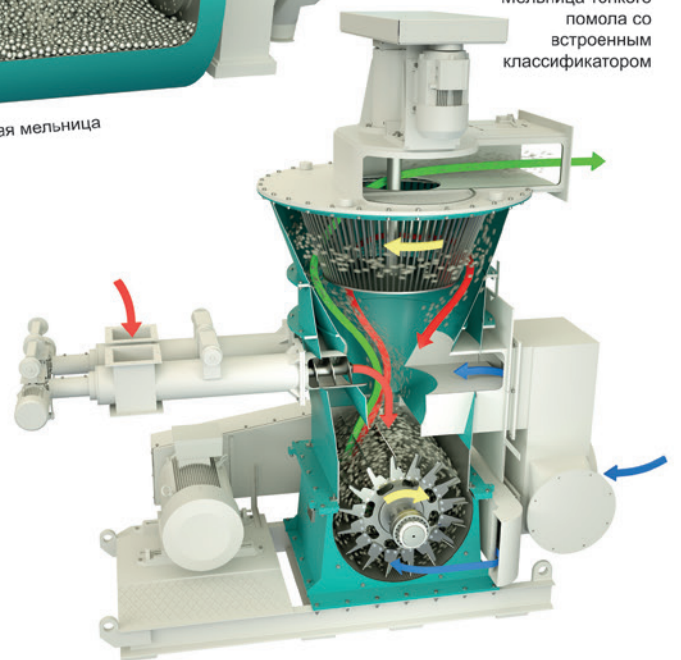
**прессмассы - грануляты - пластичные массы - шликеры**

**Передовая технология для обработки материала  
в керамической промышленности**



**FluxMill** Горизонтальная барабанная мельница

**TurboGrinder**  
Мельница тонкого  
помола со  
встроенным  
классификатором



**Новинка:  
С расширенным  
ассортиментом  
размольной  
техники**

реклама

**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

**ООО Айрих Машинентехник**  
ул. Стартовая 20, офис 302  
49041, Днепропетровск, Украина  
Телефон: (056) 794 31 45; Факс: (056) 794 31 46  
E-mail: info@eirich.ua



The Pioneer in Material Processing®  
Новатор в приготовлении смесей

УДК 693.24:69.035.4

С.В. ФЕДОСОВ<sup>1</sup>, д-р техн. наук, академик РААСН, президент (prezident@ivgpu.com);  
С.А. МАЛБИЕВ<sup>2</sup>, канд. техн. наук, главный специалист (nata.khomch@yandex.ru)

<sup>1</sup> Ивановский государственный политехнический университет (153037, г. Иваново, ул. 8 Марта, 20)

<sup>2</sup> ООО ПСК «Евразия-Групп» (129343, г. Москва, Патриаршие пруды, Ермолаевский пер., 5, стр. 1)

## Нормирование возведения подземных конструкций зданий и сооружений из каменных материалов

Рассматривается применение каменной кладки в соответствии с действующей нормативно-технической документацией в подземных конструкциях зданий и сооружений: подвальных и цокольных этажах, смотровых колодцах, бассейнах, саунах и других помещениях с нестационарным температурно-влажностным режимом, а также в полах производственных зданий. Приводятся примеры результатов технического обследования различных зданий и сооружений из кирпичной кладки с дефектами и повреждениями в виде трещин, высолов, коррозионных процессов. Основное внимание уделено конструкциям фундаментов, стен подвалов, канализационным и другим колодцам. Приводится техническая нормативная информация о перечне допускаемых помещений в подвальных этажах: бойлерные, насосные, компрессорные, машинные отделения лифтов, автостоянки, санузлы, душевые, постирочные, лечебные бассейны, кладовые овощей, помещения для оборудования системы пожаротушения, сауны (бани сухого жара), тепловые пункты, дистилляционные, моечные, прачечные, помещения водолечения, приготовления растворов, горячие боксы радиохимических лабораторий, помещения для земноводных животных и рыб, используемых в экспериментах. Предлагается внести изменения в соответствующую нормативно-техническую документацию по дальнейшему ограничению или полному запрету применения указанных строительных материалов для любых зданий и сооружений, расположенных ниже отметки поверхности земли.

**Ключевые слова:** кирпич, кладка, подвал, фундамент, колодец.

**Для цитирования:** Федосов С.В., Малбиев С.А. Нормирование возведения подземных конструкций зданий и сооружений из каменных материалов // *Строительные материалы*. 2018. № 4. С. 41–45.

S.V. FEDOSOV<sup>1</sup>, Doctor of Sciences (Engineering), Academician of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (RAACS), President (prezident@ivgpu.com); S.A. MALBIEV<sup>2</sup>, Candidate of Sciences (Engineering), Chief Specialist (nata.khomch@yandex.ru)

<sup>1</sup> Ivanovo State Polytechnic University (20, 8 Marta Street, 153037, Ivanovo, Russian Federation)

<sup>2</sup> PCC Eurasia LLC (5, bldg.1, Patriarshiye Ponds, Ermolayevsky pereulok, 129343, Moscow, Russian Federation)

### Regulation of Construction of Underground Structures of Buildings and Facilities from Stone Materials

The use of stone masonry in underground structures of buildings and facilities (cellars and ground floors, inspection manholes, pools, saunas, and other spaces with non-stationary temperature-humidity conditions as well as in the floors of industrial buildings) in accordance with the current regulatory and technical documentation is considered. Examples of the technical inspection of different buildings and structures made of brick masonry with defects and damages in the form of cracks, salt stains, corrosion processes are presented. The main attention is paid to the structures of foundations, cellar walls, sewer and other manholes. The technical regulatory information on the list of admissible premises in the basement floors is presented. It includes boilers, pump, compressor rooms, lift machine rooms, parking areas, bathrooms, shower cabins, laundry rooms, therapeutic pools, vegetables store-rooms, room for equipment of fire extinguishing system, saunas (dry heat baths), heating units, distillation rooms, washing rooms, laundries, hydrotherapy rooms, rooms for preparation of solutions, hot boxes of radiochemical laboratories, rooms for amphibious animal and fishes used in experiments. It is proposed to amend the relevant regulatory and technical documentation to further restrict or ban the use of these building materials for any buildings and structures located below the level of the earth surface.

**Keywords:** brick, cellar, foundation, manhole.

**For citation:** Fedosov S.V., Malbiev S.A. Regulation of construction of underground structures of buildings and facilities from stone materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2018. No. 4, pp. 41–45. (In Russian).

Нормативный документ по каменным и армокаменным конструкциям предусматривает применение кирпича керамического пластического формования (в том числе клинкерного) для фундаментов, цоколей и подземных частей стен при значениях морозостойкости F100, F50 и F25 с соответствующим предполагаемым сроком эксплуатации конструкций 100, 50 и 25 лет (п. 3 табл. 1 СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции»).

ГОСТ 530–2012 «Кирпич и камень керамические» (п. 9.65) также допускает применение клинкерного кирпича полнотелого керамического пластического формования при проектировании фундаментов, стен подвалов и цоколей (кроме бетонных материалов и природных камней). Там же регламентируется применение даже силикатных блоков прочностью 20 МПа и более и морозостойкостью F100 и выше для возведения фундаментов и стен подвалов в зданиях III уровня ответственности при соблюдении определенных технических требований:

- наличие не менее двух слоев горизонтальной и вертикальной оклеечной гидроизоляции;
- заполнение раствором вертикальных швов кладки;

- применение теплоизоляции при возведении стен подвалов;
- отсутствие кислых грунтовых вод и агрессивных сульфатосодержащих грунтов и грунтовых вод;
- применение тяжелых растворов марки M100 и выше для выполнения кладки фундаментов.

Согласно определению ГОСТ 530–2012 [1] п. 3.8 кирпич клинкерный — изделие, имеющее высокую прочность и низкое водопоглощение, обеспечивающее эксплуатационные характеристики кладки в сильно агрессивной среде и выполняющее функции декоративного материала. Кирпич полусухого прессования имеет гладкие грани и значительно меньше дефектов, чем кирпич пластического формования, но в то же время он менее морозостоек.

Известно, что метод пластического формования кирпича — это классический способ получения изделия, основанный на формовании кирпича-сырца с влажностью 15–25% и дальнейшими процессами сушки и обжига. Основной недостаток пластического формования — сушка уже отформованного готового изделия, причем процесс сушки должен происходить медленно, от нескольких дней

до нескольких недель для получения продукции с высокими техническими характеристиками. Вторым недостатком — исходное сырье (глину) необходимо качественно переработать, что требует значительных затрат электроэнергии.

Метод полусухого формования [2–7] предусматривает предварительную подсушку глины в сушильном барабане в течение 10–15 мин, после чего глина измельчается специальным смесителем в порошок с фракцией 0,5–5 мм и формируется в готовое изделие с помощью пресса. Поскольку формирование происходит при влажности порошка 8–10%, отформованный кирпич не требует сушки и подается сразу после формовки в печь для обжига. Преимущества полусухого прессования перед пластическим формованием следующие:

- технологическое оборудование стоит в несколько раз дешевле;
- отсутствует отделение для сушки, поэтому размеры завода могут быть меньше, снижаются затраты на его строительство;
- не требуется ввод в глину добавок для улучшения сушильных свойств;
- в целом себестоимость готовой продукции в два раза ниже.

Однако потребителю (застройщику) бывает безразлична технология получения кирпича. Особенно это проявляется в индивидуальном жилищном домостроении. В соответствии со ст. 48 Градостроительного кодекса РФ (п. 3) «осуществление подготовки проектной документации не требуется для отдельно стоящих жилых домов с количеством этажей не более чем три при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте». Согласно п. 2 ст. 49 того же кодекса «госэкспертиза не проводится в отношении проектной документации для жилых домов с количеством этажей не более чем три; для отдельно стоящих объектов капитального строительства с количеством этажей не более чем два, общая площадь которых составляет не более чем 1500 м<sup>2</sup>, а также в некоторых других случаях (капитальный ремонт, реконструкция и др.)». Таким образом, при отсутствии проектной документации или госэкспертизы не исключена вероятность применения кирпича, не соответствующего действующей нормативно-технической документации.

Применение силикатного и пустотелого керамического кирпича, керамического кирпича полусухого прессования для наружных стен подвалов, цоколей, фундаментов не допускается (п. 9.1 СП 15.13330.2012). Применение трехслойной кладки с эффективным утеплителем для наружных стен подвалов также не допускается (п. 9.1.2 СП 15.13330.2012).

По терминологии СП 43.13330.2012 «Сооружения промышленных предприятий» подвалы относятся к подземным сооружениям, в частности, если полностью расположены ниже отметки поверхности земли, так как оконные проемы в них отсутствуют. В соответствии с указаниями (п. 5.2.5 СП 43.13330.2012) «стены подвалов производственных помещений проектируются, как правило, из несущих железобетонных панелей или из бетонных блоков. При устройстве подвалов в сложных гидрогеологических условиях строительной площадки их конструкции выполняются из монолитного железобетона». При этом никаких указаний по возможному применению кирпича в подвальных помещениях нет.

Температурно-влажностный режим эксплуатации подвальных помещений значительно отличается от надземных этажей по инсоляции, технологическому воздействию, агрессивности среды и др. Так, например, в приложении Д СП 118.13330.2016 «Общественные здания и сооружения» указан перечень допускаемых помещений в подвальных этажах:

- бойлерные, насосные, компрессорные, машинные отделения лифтов;
- автостоянки;
- санузлы, душевые, постирочные, лечебные бассейны;
- кладовые овощей и др.

Не допускается размещение встроенных саун в подвалах под помещениями и смежно с ними, в которых находится более 100 человек (п. 6.84 СП 118.13330.2016).

В СП 31-105–2002 «Проектирование и строительство энергоэффективных одноквартирных жилых домов» указано, что фундаменты на естественном основании следует устраивать из монолитного бетона, сборных бетонных блоков или каменной кладки (п. 5.1.2), а стены подвалов устраивают из монолитного бетона, сборных бетонных блоков или каменной (кирпичной) кладки (п. 5.4.3).

Большинство подвальных помещений подвержено воздействию в разной степени химически агрессивных сред [8–10]. Даже для подземных железобетонных конструкций, вскрытие и ремонт которых в процессе эксплуатации практически невозможны, требуется применять защитные материалы, обеспечивающие надежность на весь период эксплуатации (ГОСТ 27751–2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения»; п. 5.6.4 СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии»), что неэффективно и маловероятно.

Конструкции полов и стенового ограждения находятся почти в одинаковых условиях эксплуатации. Защита бетонных и железобетонных конструкций полов подвальных помещений по грунту должна учитывать кроме механических нагрузок (стирающее действие машин и пешеходов, ударные нагрузки от оборудования) степень агрессивного воздействия среды на материал и тепловых воздействий (п. 5.6.15 СП 28.13330.2017).

СП 28.13330.2017 (п. 7.2) также не допускает применения силикатных и пустотелых керамических кирпичей, бетонных блоков с пустотами, керамических кирпичей полусухого прессования для наружных стен подвалов, цоколей, фундаментов. Этим же пунктом допускается применение полнотелых силикатных блоков прочностью 20 МПа и более и морозостойкостью F75 и выше для возведения фундаментов и стен подвалов в зданиях высотой не более пяти этажей, а также для временных сооружений и объектов со сроком эксплуатации до 25 лет при соблюдении требований СП 15.13330.2012.

Наличие коррозионного износа, связанного с местным воздействием агрессивных факторов (влажность, температура, вибрация и др.), предусмотрено даже для бетонных конструкций наружных стен помещений, расположенных ниже нулевой отметки (п. 5.3.1.11 ГОСТ 31937–2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния»). Кирпичные стены подвальных помещений тем более подвержены таким воздействиям.

В подвальных помещениях многоквартирных жилых зданий допускается размещать прачечные самообслуживания производительностью до 75 кг в смену (п. 4.10 СП 54.13330.2016 «Здания жилые многоквартирные»).

Стоянки автомобилей могут размещаться ниже уровня земли в подвальных этажах (п. 4.9 СП 113.13330.2016 «Стоянки автомобилей»), что характеризуется наличием химически агрессивной среды от выхлопных газов работающих двигателей.

Перечисленные выше подвальные помещения санузлов, душевых, лечебных бассейнов, прачечных самообслуживания, стоянок автомобилей и др. отличаются повышенной влажностью, температурой и химически агрессивной средой.

Кирпичная кладка слабо сопротивляется перечисленным воздействиям. В соответствии с указаниями (п. 7.3 СП 28.13330.2017) степень агрессивного воздействия жидкой среды при наличии испаряющей поверхности при воздействии растворов, содержащих хлориды (хлорирование воды бассейнов), регламентируется от слабоагрессивной до сильноагрессивной. Степень агрессивной воздействия выхлопных газов автомобилей на конструк-

ции из керамического и силикатного кирпича указана в табл. У.1 (СП 28.13330.2017). В соответствии с п. 7.7 (СП 28.13330.2017) швы каменной кладки в помещениях (без указания подземных или надземных) с агрессивной средой должны быть расшиты. Поверхность каменных и армокаменных конструкций, эксплуатирующихся в условиях воздействия агрессивных сред, должна быть защищена от коррозии лакокрасочными материалами (по штукатурному слою или непосредственно по кладке) в соответствии с требованиями табл. Ф.1 (СП 28.13330.2017). Но, как показывает практика обследования, такая защита кирпичной кладки малоэффективна.

Для конструкций из кирпича керамического пластического формования и кирпича керамического полусухого прессования степень агрессивного воздействия газовых сред строительными нормами не предусмотрена.

Нормативно-технической документацией установлена различная степень биоповреждения конструкций из кирпича (без указания разновидностей) от I до IV включительно с характеристиками повреждения от плесневых налетов на поверхности отделочного материала до отслоения штукатурного слоя, разрушения отделочных слоев. При IV степени биоповреждению подвержено более 50–60% кирпичных конструкций здания или сооружения, что требует их демонтажа (табл. Ш.1, Ш.2, Ш.5 СП 28.13330.2017). Причем мероприятия по ремонту и антикоррозионной защите указано назначать после выполнения обследования технического состояния и установления причин биоповреждений, что связано с дополнительными затратами.

В подвальных помещениях общественных зданий административного назначения не допускается размещать встроенные бани сухого жара (сауны), если в них находится более 100 человек (п. 6.3.9 СП 117.13330.2011 «Общественные здания административного назначения»).

Этот же нормативный документ (прил. Г СП 117.13330.2011) допускает размещать в подземных и цокольных этажах следующие помещения:

- машинное отделение лифтов, автостоянки, помещения для оборудования системы пожаротушения;
- санузлы, душевые при саунах, сауны (бани сухого жара).

В подвальных этажах зданий медицинских организаций допускается размещение следующих помещений (табл. 6.2 СП 158.13330.2014 «Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования»):

- тепловые пункты, насосные, компрессорные, дистилляционные;
- душевые, санузлы, моченные, прачечные, лечебные бассейны, помещения водолечения;
- приготовления растворов, горячие боксы радиохимических лабораторий;
- помещения для земноводных животных и рыб, используемых в экспериментах (п. 6.11.1.8 СП 158.13330.2014).

На уровне воды по периметру бассейна проектируется переливной желоб (п. 6.10.1.30 СП 158.13330.2014), что может создать дополнительную влажность в помещении.

Колодцы для канализационных, водопроводных и газопроводных сетей изготавливают из бетонных и железобетонных конструкций (ГОСТ 8020–2016 «Конструкции бетонные и железобетонные для колодцев канализационных, водопроводных и газопроводных сетей. Технические условия»), а также из полимерных материалов (ГОСТ 32972–2014 «Колодцы полимерные канализационные»). Возведение колодцев из кирпичной кладки этой строительной нормативно-технической документацией не предусмотрено.

Нормативный документ СП 160.1325800.2014 «Здания и комплексы многофункциональные. Правила проектирования», п. 10.11, допускает устройство трансформаторных подстанций в цокольном или первом подземных этажах.

Нормативный документ СП 88.1325800.2014 «Защитные сооружения гражданской обороны. Актуализированная редакция СНиП II-11-77\*», п. 8.5, предусматривает расчет убежищ из каменных материалов, причем укрытие может быть расположено в подвальном этаже (табл. 9.6 СП 88.1325800.2014).

Нормативный документ СП 249.1325800.2016 «Коммуникации подземные. Проектирование и строительство закрытым и открытым способами», п. 6.3.5.4, предусматривает размещение в гостиницах бассейнов для оздоровительного плавания, а также бань сухого жара (сауны) в комплексе с бассейном (п. 6.3.5.5 СП 249.1325800.2016). Для складских, хозяйственных и бытовых помещений допускается использовать цокольные и подвальные помещения (п. 6.3.7.8 СП 249.1325800.2016). В указанных помещениях возможны воздействия влаги, низкой температуры, агрессивной среды, биологических и других неблагоприятных факторов (п. 6.4.3 СП 249.1325800.2016). В п. 4.3 СП 249.1325800.2016 указано, что подземные коммуникации могут выполняться из керамики (т. е. в том числе из кирпича) и других материалов, однако в п. 6.1.1 СП 249.1325800.2016 ссылка на нормативный документ СП 15.13330.2012 отсутствует.

Для плавательных бассейнов не допускается применения не только силикатного, пустотелого кирпича, но и легких и ячеистых бетонов и других влагоемких материалов (п. 7.3 СП 31-113–2004 «Бассейны для плавания»). При этом залы ванн и залы подготовительных занятий должны иметь прямое естественное освещение (п. 8.1 СП 31-113–2004), что исключает их размещение в подвальных помещениях либо требует устройства зенитных фонарей. Указания по применению кирпича пластического прессования, клинкерного и полусухого формования отсутствуют. Помещения бассейнов предусмотрено проветривать (п. 7.16 СП 31-113–2004). А ГОСТ 32670–2014 «Услуги бытовые. Услуги бань и душевых. Общие технические условия», п. 6.12, наоборот, допускает помещения парильных, ванн и душевые кабины в банях предусматривать без естественного освещения, что подразумевает их размещение в подвальных этажах, расположенных полностью ниже отметки поверхности земли.

В зданиях холодильников (СП 109.13330, п. 5.10) наружные и внутренние стены выполняются из глиняного обыкновенного сплошного кирпича пластического прессования марки не ниже М100 на тяжелом растворе марки не ниже М50, кроме допускаемого силикатного, а также бетона и железобетона. Для защиты грунтов основания от морозного пучения предусмотрено устройство подвалов с положительной температурой внутреннего воздуха, а также проветриваемого или вентилируемого подполья (СП 109.13330, п. 8.1.1). Материал стен подземных помещений не указан.

В зданиях общеобразовательных организаций (СП 251.1325800, п. 7.2.11.3) в подвальных и цокольных этажах допускается размещать хозяйственные и подсобные помещения, а в зданиях дошкольных образовательных организаций (СП 252.1325800, п. 7.1.8) в подземных и цокольных этажах допускается размещать только вспомогательные помещения, а также дополнительные помещения бассейна в цокольных этажах. Материалы стен также не указаны.

Свод правил СП 40-102–2000 «Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов» (п. 6.8) допускает применять кирпичные колодцы.

Свод правил СП 92.13330 «Склады сухих минеральных удобрений и химических средств защиты растений» (п. 6.30) предусматривает размещение складских помещений категории В в подвальных и цокольных этажах. В СП 93.13330 «Защитные сооружения гражданской обороны в подземных горных выработках» отсутствуют рекомендации по стеновым материалам.



Рис. 1. Дефекты и повреждения кирпичной кладки подвального помещения нежилого здания

В СП 29.13330.2011 «Полы», п. 4.5, даже предусмотрены полы из кирпича в помещениях со средней и большой интенсивностью воздействия на пол жидкостей. Просветы между контрольной двухметровой рейкой и проверяемой поверхностью полов не должны превышать для покрытий из кирпича (всех видов) на растворе 4 мм, а из кирпича по прослойке из песка – 6 мм (п. 5.18).

Анализ приведенной нормативно-технической документации показывает, что во многих подвальных и цокольных этажах различных зданий, а также сооружениях допускается использование каменных строительных материалов в помещениях с повышенной влажностью и температурой, наличием химически агрессивной среды и других неблагоприятных факторов.

Как показывает опыт обследования технического состояния кирпичной кладки цокольных и подвальных помещений различных зданий, а также сооружений, в большинстве конструкций защитные слои утрачены или повреждены значительно разрушению.

Подвальные и цокольные помещения зданий, а также подземные сооружения отличаются пониженным температурным и повышенным влажностным режимом эксплуатации. Повреждения от температурно-влажностных воздействий проявляются в образовании системы вертикальных и горизонтальных трещин, в отслоении кирпича лещадками, образовании конденсата с выходом на наружную поверхность стены и даже в образовании наледей в неотапливаемых помещениях в зимнее время.

Повреждения от химических воздействий возникают в результате агрессивности сред (например, хлорирования воды бассейнов, складирования химической продукции и др.), проявляются в виде химической и электрохимической коррозии кирпича, раствора, металлических деталей, разрушения защитных покрытий и являются наиболее опасными, так как вызывают наибольшие разрушения.

Наиболее часто обнаруживаются при обследовании повреждения кирпичной кладки высолы – локальные подтеки белого цвета, свидетельствующие о вымывании ги-

дрооксида кальция мягкими водами в связи с повышенной влажностью среды эксплуатации из тела кирпича (коррозия камня первого вида по Москвину) [11–13].

Приведем некоторые примеры применения кирпичной кладки для конструкций, заглубленных в грунт.

При обследовании технического состояния несущих и ограждающих строительных конструкций нежилого здания выявлено следующее.

Стены подвального помещения выполнены из нестандартных глиняных обожженных кирпичей размерами 200–240×95–105×65 мм на известковом растворе. Внутри подвального помещения, в котором расположен тепловой узел, возведен столб из кирпичной кладки размером поперечного сечения 380×380 мм (из стандартных кирпичей размером 250×120×65 мм). На поверхности наружных стен обнаружены следы продуктов коррозии и многочисленные высолы (рис. 1).

Двухэтажный индивидуальный жилой дом, возведенный на берегу Волги в г. Плес, выполнен полностью из керамического кирпича, включая подвальное помещение. В связи с развитием морозного пучения грунта в кирпичной кладке заглубленных в грунт наружных стен выявлены многочисленные трещины шириной раскрытия до 8 мм.

При обследовании строительных конструкций бывшей насосной станции КНС было выявлено четыре технологических углубления для устройства трубопроводных систем с разными отметками пола: -1,6; -3,1; -2,6 и -1,7 м. Фундаменты углублений выполнены ленточными из бетонных блоков и кладки из керамического кирпича разной высоты. Гидроизоляция отсутствует, кирпичная кладка находится в увлажненном состоянии со следами высолов (рис. 2).

Как видно из приведенных примеров, затраты на ремонтные работы по восстановлению технических показателей кирпичной кладки значительные. Аналогичные средства требуются для защиты каменных конструкций от увлажнения, биологической коррозии и химически агрессивной среды.



Рис. 2. Дефекты и повреждения кирпичной кладки технологического углубления бывшей насосной станции

Так, например, для обработки поверхностей красного и силикатного кирпича, керамических и бетонных камней и др. при их периодическом увлажнении водой, образования конденсата применяют гидрофобизацию (п. 15.1 СП 72.13330.2016 «Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии»), которая одновременно предотвращает образование высолов на кирпичной кладке (п. 15.3 СП 72.13330.2016).

От высолов кирпичной кладки для исключения возможности вымывания солей из материалов стен рекомендуется обработать очищенную поверхность стены гидрофобизаторами «Типром» марок К, У, М. Гидрофобизация придает стенам антибактериальные и антигрибковые свойства.

Для гидроизоляции кирпичных конструкций рекомендуется система «Пенетрон», предназначенная также для бетонных и железобетонных конструкций. Предварительно поверхность кирпичной стены следует оштукатурить цементно-песчаным раствором марки не ниже М150 толщиной не менее 40 мм по установленной сетке

#### Список литературы

1. Дуденкова Г.Я. Введение в действие гост 530–2012 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия» // *Строительные материалы*. 2013. № 4. С. 4–7.
2. Шлегель И.Ф. Проблемы полусухого прессования кирпича // *Строительные материалы*. 2005. № 2. С. 18–19.
3. Сайбулатов С.С. Производственный опыт улучшения качества керамического кирпича полусухого прессования // *Строительные материалы*. 2001. № 12. С. 16–17.
4. Котляр В.Д., Терехина Ю.В., Небежко Ю.И. Перспективы развития производства керамического кирпича полусухого прессования // *Строительные материалы*. 2011. № 2. С. 6–7.
5. Шлегель И.Ф. Некоторые аспекты полусухого прессования кирпича // *Строительные материалы*. 2012. № 11. С. 6–8.
6. Наумов А.А., Юндин А.Н. Морозостойкий керамический кирпич полусухого прессования из глинистого сырья шахтинского завода // *Инженерный вестник Дона*. 2012. № 3 (21). С. 638–643.
7. Наумов А.А. К вопросу повышения качества керамического кирпича полусухого прессования. В сб. «Строительство и архитектура-2017». 2017. 28–30 ноября. Ростов н/Д. С. 196–199.
8. Каретникова О.А., Киселева С.Ю., Кleshchunov Я.Я. К вопросу обследования технического состояния перекрытий над подвалами неэксплуатируемых жилых зданий, подверженных подтоплению // *Образование и наука в современных условиях*. 2015. № 4 (5). С. 193–195.
9. Захаров А.В., Ерохин Ю.В., Галахова О.Л. Карбонатно-сульфатные образования в подвале нового здания Института геологии и геохимии УРО РАН // *Минералогия техногенеза*. 2017. № 18. С. 82–87.
10. Лукинский О.А. Как спасти затопленный подвал // *Жилищное строительство*. 2012. № 8. С. 44–47.
11. Беленцов Ю.А. Высолы на поверхностях растворных швов кирпичной кладки // *Строительные материалы*. 2008. № 4. С. 60–61.
12. Бессонов И.В., Баранов В.С., Баранов В.В., Князева В.П., Ельчищева Т.Ф. Причины появления и способы устранения высолов на кирпичных стенах зданий // *Жилищное строительство*. 2014. № 7. С. 39–43.
13. Абдрахимов В.З., Ковков И.В. Исследования высолов на керамическом композиционном материале // *Вестник МГСУ*. 2012. № 1. С. 83–87.

с ячейкой 50×50 мм или 100×100 мм с зазором между кирпичом и сеткой не менее 15 мм.

Локальные участки разрушения кирпичной кладки глубиной до 40 мм оштукатуривают цементно-песчаным раствором КНАУФ-Зокельпутц с последующей обработкой поверхности гидрофобизирующими составами. Для заделки трещин в кирпичной кладке предварительно выполняют разделку трещин с последующей зачеканкой, например тиксотропным составом Эмако S88С, и заполнением полимерно-цементным составом методом инъекции в соответствии с рекомендациями ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко.

В связи со значительными затратами и трудоемкостью работ по обеспечению надежности подземных конструкций из каменных материалов целесообразно внести изменения в соответствующую нормативно-техническую документацию по дальнейшему ограничению или полному запрету применения указанных строительных материалов для любых зданий и сооружений, расположенных ниже отметки поверхности земли.

#### References

1. Dudenkova G.Ya. Introduction of GOST 530–2012 «Ceramic brick and stone. General technical specifications». *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No.4, pp. 4–7. (In Russian).
2. Shlegel' I.F. Problems of semi-dry pressing of bricks. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2005. No. 2, pp. 18–19. (In Russian).
3. Saibulatov S.S. The production experience of improving the quality of semi-dry ceramic bricks. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2001. No. 12, pp. 16–17. (In Russian).
4. Kotlyar V.D., Terekhina Yu.V., Nebezko Yu.I. Perspectives of development of production of ceramic brick of semi-dry pressing. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 2, pp. 6–7. (In Russian).
5. Shlegel' I.F. Some aspects of semi-dry pressing of bricks. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 11, pp. 6–8. (In Russian).
6. Naumov A.A., Yundin A.N. Frost-resistant ceramic bricks of semi-dry pressing from clay raw materials of the Shakhty factory. *Inzhenernyi vestnik Dona*. 2012. No. 3 (21), pp. 638–643. (In Russian).
7. Naumov A.A. To the issue of improving the quality of ceramic bricks of semi-dry pressing. In the collection «Construction and Architecture-2017». 2017. 28–30 November. Rostov-on-Don, pp. 196–199. (In Russian).
8. Karetnikova O.A., Kiseleva S.Yu., Kleshchunov Ya.Ya. To the question of inspection of the technical condition of the ceilings over the cellars of non-exploited non-residential buildings subject to flooding. *Obrazovanie i nauka v sovremennykh usloviyakh*. 2015. No. 4 (5), pp. 193–195. (In Russian).
9. Zakharov A.V., Erokhin Yu.V., Galakhova O.L. Carbonate-sulfate formations in the basement of the new building of the Institute of Geology of Geochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. *Mineralogiya tekhnogeneza*. 2017. No. 18, pp. 82–87. (In Russian).
10. Lukinsky O.A. How to rescue the flooded cellar. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2012. No. 8, pp. 44–47. (In Russian).
11. Belentsov Yu.A. Efflorescence on surfaces of mortar joints of masonry. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2008. No. 4, pp. 60–61. (In Russian).
12. Bessonov I.V., Baranov V.S., Baranov V.V., Knyazeva V.P., Elchishcheva T.F. Reasons and eliminate efflorescence on the brick walls of buildings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 7, pp. 39–43. (In Russian).
13. Abdrakhimov V.Z., Kovkov I.V. Research efflorescence on a ceramic composite material. *Vestnik MGSU*. 2012. No. 1, pp. 83–87. (In Russian).



Теплая керамика – относительно новый и перспективный материал. Еще недавно считалось, что из нее можно строить только частные дома, небольшие коттеджи и усадьбы, но сегодня это уже не так: современные керамические блоки позволяют возводить пяти-, шести- и даже десятиэтажные офисы и многоквартирные здания.

# Теплая керамика BRAER для жилищного строительства в России

## Дом на 200 лет

В современных домах стены обычно возводят из двух слоев: несущей основы и внешней облицовки. Как добиться, чтобы эта конструкция прослужила максимально долго? Конечно, можно построить несущие элементы из бетона или газобетона и для красоты облицевать их кирпичом. Но велика вероятность, что в этом случае сам дом прослужит гораздо меньше, чем облицовка. Гораздо долговечнее двухслойная стена, в которой внешний слой возведен из облицовочного кирпича, а внутренняя несущая часть – из крупноформатного керамического блока.

Крупноформатные поризованные керамические блоки появились сравнительно недавно – около 30 лет назад. При их производстве в глину добавляют порообразователь – опилки, которые выгорают при обжиге. Внутри блока образуются поры, что улучшает его энергоэффективность. Блок получается менее плотным, чем кирпич (не 1400, а 800 кг/м<sup>3</sup>), и весит гораздо меньше. Самый большой крупноформатный блок компании BRAER, идентичный 14,3 шт. кирпича 1НФ, весит около 22 кг, а вес 14,3 шт. обычного полнотелого лицевого кирпича более 50 кг.

Исследования, проведенные ЦНИИСК им. Кучеренко совместно с компанией BRAER, показали, что долговечность двухслойной конструкции из облицовочного кирпича и крупноформатного керамического блока составляет 200 лет.

Поскольку поризованный блок имеет высокую энергоэффективность, в стенах не рекомендуется использовать утеплитель. Это также продлевает срок службы: утеплитель сохраняет свои свойства около 25 лет, в лучшем случае он прослужит 50 лет. Затем утеплитель нужно менять,

а для этого придется вести реконструкцию еще прочных и пригодных для использования кирпичных стен. Вместо облицовки кирпичом керамический блок можно штукатурить или устанавливать на него любые современные фасадные системы, но у штукатурки долговечность во много раз меньше, чем у облицовочного кирпича. Сайдинг и навесные фасады тоже прослужат гораздо меньше.

## Почему теплая керамика

В России из поризованных блоков в основном возводят коттеджи в один–три этажа, а более высокие здания – царство панельного и кирпично-монолитного домостроения.

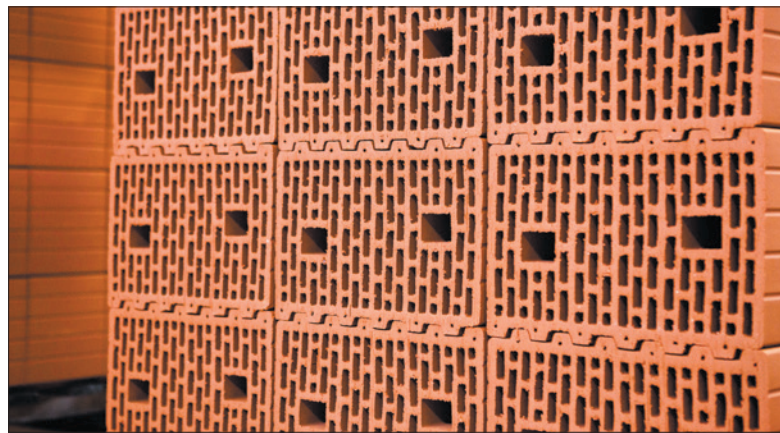


В высотном строительстве чаще применяют железобетонный каркас, хотя при всех преимуществах он имеет ряд недостатков. Один из них – теплопроводность. Бетон плотный, он легко охлаждается, особенно на стыках с другими материалами, где образуются так называемые мостики холода. В результате зимой приходится затрачивать немалые энергоресурсы на отопление. У дома из керамических блоков несущие стены теплые, а мостиков холода нет.

Важнейшим критерием качества жилья является его долговечность, а также суммарные эксплуатационные расходы, рассчитанные на весь период службы дома. В связи с этим дома должны строиться из материалов одинаковой долговечности.

Стена из керамических блоков не требует дополнительного утепления, и это придает ей изрядную долговечность. Утеплитель нужно менять каждые 20–30 лет, иначе он теряет свойства и стены дома становятся холоднее. Здание из поризованных блоков, согласно исследованию ЦНИИСК им. Кучеренко, прослужит 200 лет, причем без капитального ремонта. Такое здание сильно выигрывает в огнестойкости. Дом с утеплителем может сгореть за считанные минуты, если огонь будет быстро перекидываться по внешним стенам с одного этажа на другой, как это было в недавно сгоревшем социальном доме в Лондоне. Там в стенах был утеплитель, и из-за него пожар невозможно было локализовать на одном этаже.

Случаев, как в Лондоне, с теплой керамикой в принципе произойти не может: поризованный блок имеет класс горючести НГ – он не горит. Огнестойкость блока в часах – она определяет, сколько времени конструкция удерживает несущую



щую способность при экстремально высокой температуре – более двух часов. В реальности температура более щадящая, и времени для разрушения требуется гораздо больше.

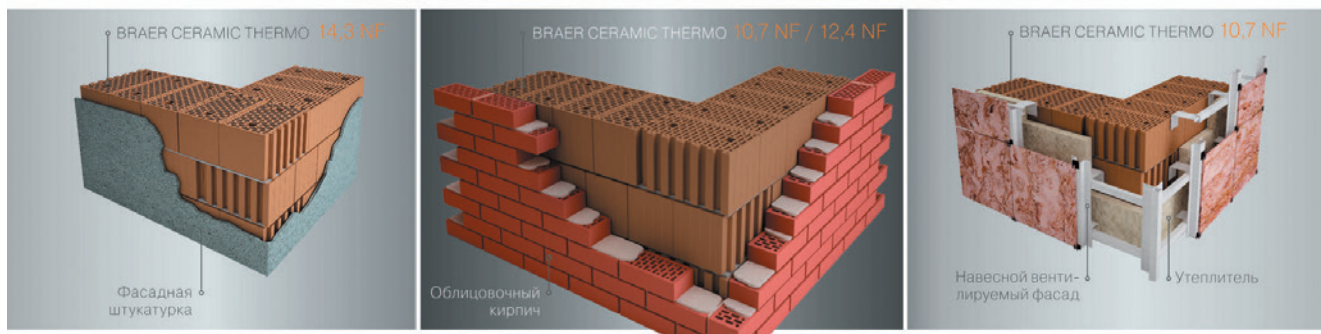
Наконец, дом из керамических блоков проще строить. Зданию из бетона нужны опалубка, мощные бетононасосы, высотные краны. Кирпичному дому ничего из этого не требуется. К тому же сам дом можно строить гораздо быстрее. Цикл строительства здания из бетона с опалубкой, железобетонным каркасом, заливкой – 28 сут. Кирпич можно класть быстро и последовательно, не дожидаясь, пока уже залитая бетоном секция простоит месяц.

Теплая керамика – надежный, долговечный и экологически чистый строительный материал, эффективный с точки зрения теплотехники и высокотехнологичный при строительстве.

Согласно Научно-Техническому отчету АО «НИЦ» «Строительство» подразделение ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

# ДОЛГОВЕЧНОСТЬ! 200 ЛЕТ!

## ВАРИАНТЫ СТЕН ИЗ КЕРАМИЧЕСКИХ БЛОКОВ BRAER



117186, Москва, ул. Нагорная, д. 18, к.4  
+7 495 645 71 20      td@braer.ru

[braer.ru](http://braer.ru)

## Влияние поверхностно-активных веществ на влажностную усадку бетонов

Влажностная усадка является важнейшим и проблемным свойством современных бетонов модифицированной структуры, снижающим их качество. В статье показано, что основной компонент модификатора структуры бетона – добавка-суперпластификатор способствует возрастанию усадочных явлений. Выявлены особенности структуры и состава применяемых в настоящее время добавок-пластификаторов. Исследованы четыре торговые марки добавок-суперпластификаторов, отличающиеся между собой составом и структурой макромолекул. Изучено влияние выбранных добавок-пластификаторов на процессы раннего структурообразования цементных систем (начиная с момента смешивания компонентов) на баланс внутренних (пленочных расклинивающих и капиллярных стягивающих) сил в системе в широком диапазоне водоцементных отношений. В дальнейшем исследовано влияние этих добавок на показатели усадки. Полученные результаты уже дают необходимые ориентиры для специалистов и потребителей этих добавок.

**Ключевые слова:** влажностная усадка, раннее структурообразование, цементная система, добавки-суперпластификаторы, бетоны.

**Для цитирования:** Шмитко Е.И., Белькова Н.А., Макушина Ю.В. Влияние поверхностно-активных веществ на влажностную усадку бетонов // *Строительные материалы*. 2018. № 4. С. 48–51.

E.I. SHMIT'KO, Doctor of Sciences (Engineering), N.A. BEL'KOVA, Candidate of Sciences (Engineering) (verlnata@mail.ru), Yu.V. MAKUSHINA, Engineer Voronezh Technical University University (84, 20-letiya Oktyabrya Street, 394006, Voronezh, Russian Federation)

### Influence of Surfactants on Humid Shrinkage of Concretes

The humid shrinkage is the most important and problematic property of contemporary concretes of modified structure reducing their quality. The article shows that the main component of the modifier of concrete structure – an additive-super-plasticizer stimulates the increase of shrinkage phenomena. Features of the structure and composition of additive-plasticizers used at present are revealed. Four trademarks of additive-super-plasticizers with different compositions and structures of macro-molecules are studied. The influence of selected additive-plasticizers on the processes of early structure formation of cement systems (beginning from the moment of components mixing), on the balance of internal (film splintering and capillary retracting) forces in the system in a wide range of water-cement ratios is studied. Further the influence of these additives on the shrinkage indicators is researched. The results obtained already provide the necessary guidelines for specialists and consumers of these additives.

**Keywords:** humid shrinkage, early structure formation, cement system, additive-super-plasticizers, concretes.

**For citation:** Shmit'ko E.I., Bel'kova N.A., Makushina Yu.V. Influence of surfactants on humid shrinkage of concretes. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2018. No. 4, pp. 48–51. (In Russian).

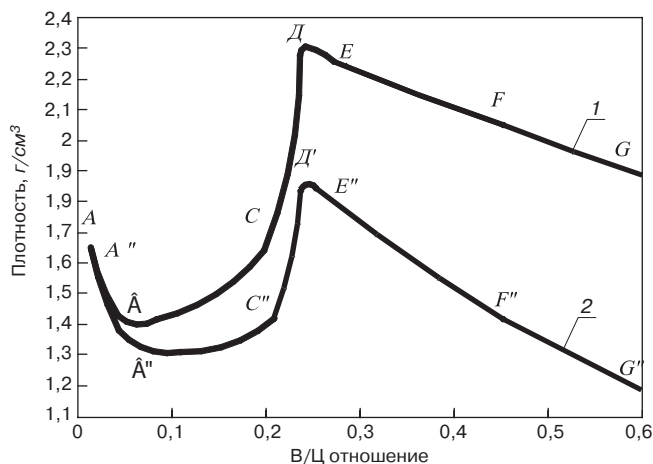
Модифицированные бетоны заняли прочные позиции в современном строительстве [1]. Разработано множество составов модификаторов структуры бетона вплоть до наноуровня [2–6]. При этом возможности каждого нового состава оцениваются прежде всего по показателям прочности, морозостойкости, водопоглощения. Показатель усадки также учитывается, но он, как правило, уходит на второй план [1]. Между тем предельно сухие периоды последних лет сопровождались на некоторых весьма ответственных строительных объектах массовым проявлением трещин, вызванных влажностной усадкой модифицированных бетонов.

Это подвигло коллектив авторов заняться более углубленно вопросами усадки бетонов, модифицированных поверхностно-активными веществами. Предварительные результаты, касающиеся влияния добавок на процессы раннего структурообразования, уже были опубликованы в [7]. В настоящей статье представлены первые результаты влияния добавок-модификаторов на усадочные деформации. При этом не затрагиваются весьма сложные вопросы структурообразования цементного камня, участия ПАВ в формировании основных его свойств, а внимание сконцентрировано на тех эффектах, которые приносят ПАВ в величину и динамику проявления влажностной усадки.

Особенность данного научного подхода состоит в том, что влияние ПАВ на формирующуюся структуру цементного камня рассматривается с момента соединения зерен цемента с водой. В качестве объекта первич-

ного анализа процессов раннего структурообразования выступает кривая плотности цементно-водной дисперсии (рис. 1), предложенная одним из авторов данной статьи [8].

Сущность кривой плотности проистекает из научной гипотезы, предложенной И.Н. Ахвердовым [9], согласно которой молекулы воды способны притягиваться к активным центрам на поверхности зерен цемента и



**Рис. 1.** Изменение плотности цементно-водной дисперсии в зависимости от содержания воды: 1 – кривая плотности цементно-водной дисперсии; 2 – кривая парциальной плотности твердой фазы

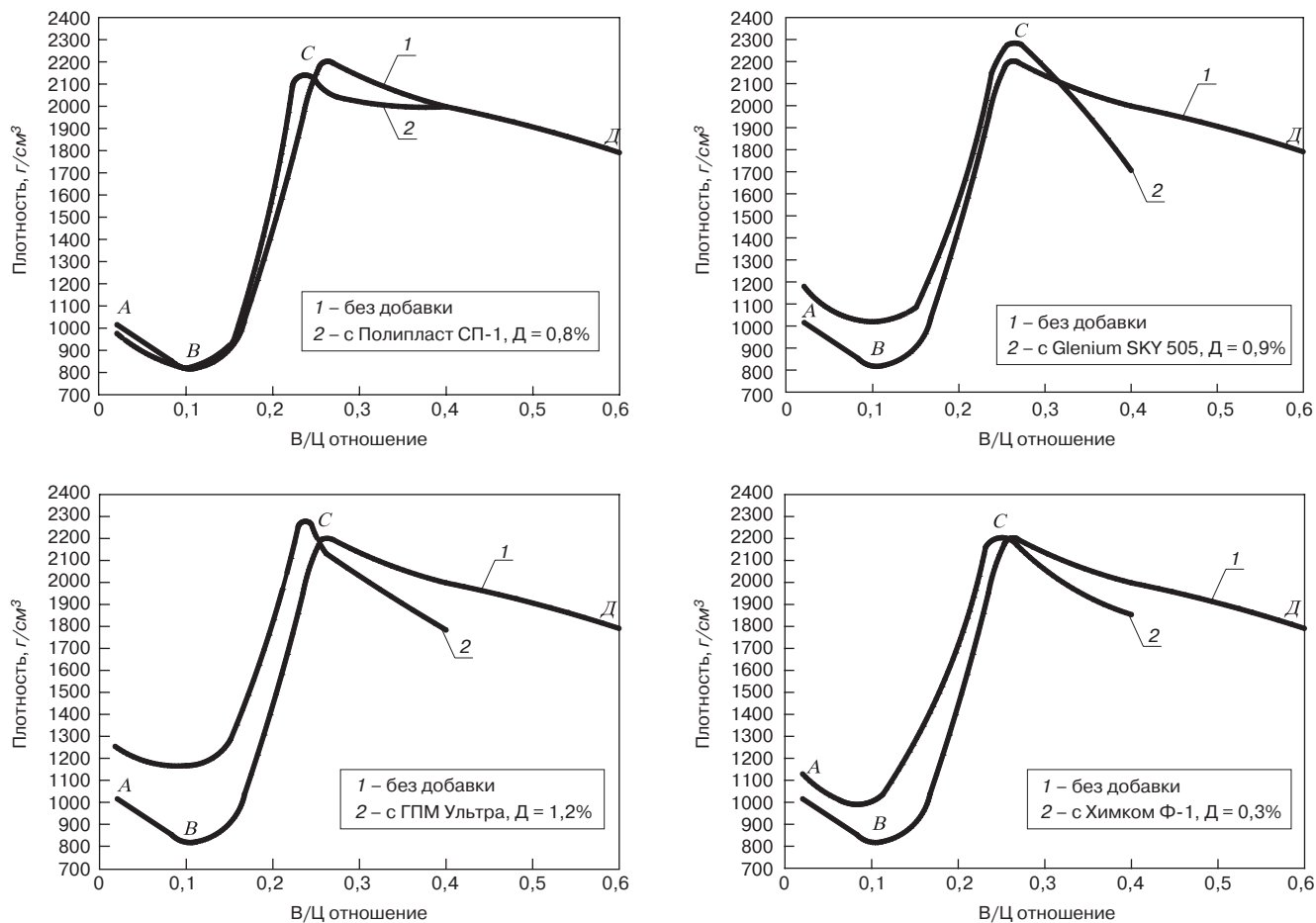


Рис. 2. Кривые плотности цементно-водной дисперсии в зависимости от содержания воды, вида и расхода добавки

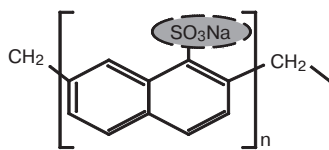


Рис. 3. Предполагаемая структура Полипласт СП-1

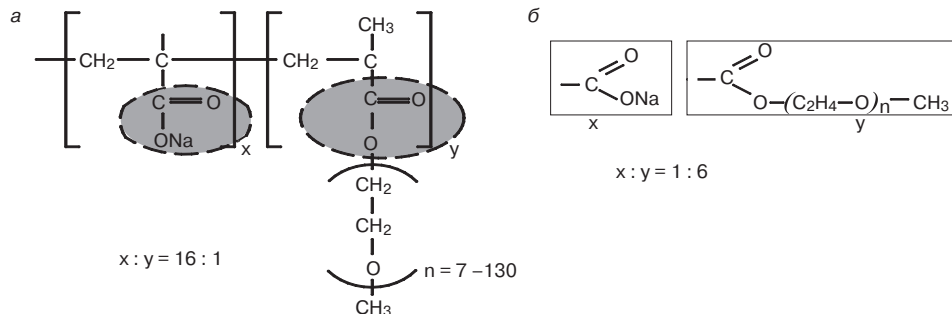


Рис. 4. Добавка СП Glenium SKY 505: а – структурная формула; б – типы активных радикалов

образовывать плотные поверхностные оболочки с жесткой структурой, препятствующие непосредственному контакту между собой цементных зерен. В диапазоне расхода воды от 0 до 6–8% с увеличением ее дозировки толщина образующихся оболочек из воды возрастает и соответственно плотность упаковки зерен цемента понижается. И лишь после превышения указанного диапазона по расходу воды она уже не может удерживаться поверхностными силами и переходит в капиллярное состояние со стягивающим эффектом, на величину которого влияние оказывают как избыточная поверхностная энергия твердого тела, так и уровень поверхностной энергии на границе жидкость – газ, т. е. в пределах вогнутых капиллярных менисков. Поэтому с увеличением степени капиллярности система самоуплотняется вплоть до дозировки воды 20–22%, после которой система полностью оводняется, капиллярный эффект исчезает.

Поверхностно-активные вещества способны существенно изменить кривую плотности за счет эффектов вытеснения активными радикалами ПАВ части воды из поверхностных пленок и способствовать их утончению или, наоборот, утолщению пленок за счет мобилизации дополнительных молекул воды, самостоятельной адсорбции молекул ПАВ на границе твердое – жидкость, образования смешанных слоев. Немаловажное значение может иметь эффект снижения или увеличения стягивающего капиллярного давления в результате изменения величины поверхностного натяжения на границе жидкость – газ [9]. Все это дает основание предполагать, что при добавлении ПАВ кривая плотности цементно-водной дисперсии претерпит существенные отличия в зависимости от состава ПАВ, их дозировки, временного интервала. О том, что это именно так, свидетельствуют кривые плотности, представленные на рис. 2.

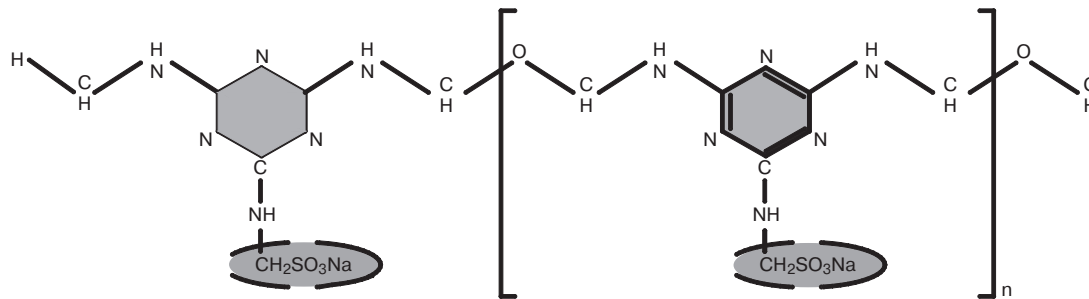


Рис. 5. Структурная формула СП Химком Ф-1

Для проведения исследований были выбраны четыре вида суперпластификаторов, широко применяемых в современном строительстве: Полипласт СП-1, Glenium SKY 505, ГПМ «Ультра», Химком Ф-1.

Для окончательных выводов важны характеристики используемых суперпластификаторов. Приводим основные из них.

**Полипласт СП-1** в соответствии с «Рекомендациями по применению суперпластификатора Полипласт СП-1» представляет собой смесь натриевых солей полиметиленафталинсульфокислот, т. е. отдельная молекулярная ячейка включает два бензольных кольца и активную группу  $O_3SNa$  (рис. 3), применяемый в строительстве термин «лигносульфонат».

**Glenium SKY 505** относится к группе поликарбоксилатных эфиров, т. е. ациклических соединений с разветвленной цепью углеродных атомов (рис. 4, а), с предельным (близким к 130) содержанием активных радикалов двух типов (рис. 4, б). Таким образом, от этой добавки можно ожидать самую высокую адсорбционную активность и самые тонкие пленки на поверхности зерен цемента.

**ГПМ «Ультра»:** состав и структура аналогичны СП Glenium SKY 505, отличия могут состоять лишь в длине цепи из активных групп (производители СП этих данных не приводят).

**Химком Ф-1** относится к циклическим ароматическим соединениям группы полимеламинсульфатов (рис. 5) с активной группой  $CH_2SO_3Na$ .

Таким образом, суперпластификаторы марок Glenium SKY 505 и ГПМ «Ультра» можно отнести к группе линейно-цепных углеводов, а СП марок Полипласт СП-1 и Химком Ф-1 – к линейно-циклическим углеводам с другой активной группой. Все это

не может не отразиться на раннем структурообразовании системы цемент – вода – ПАВ.

Теперь исходя из состава и структуры применяемых суперпластификаторов обратимся к кривым плотности, представленным на рис. 2.

Однозначно можно утверждать, что все использованные добавки снижают по сравнению с бездобавочной системой разуплотняющий эффект на участке кривой плотности АВ (малые дозировки воды). Основной причиной этого, по мнению авторов, является снижение поверхностной активности зерен цемента за счет адсорбции на этой поверхности молекул ПАВ: наибольший эффект вызван добавкой ГПМ «Ультра», наименьший – добавкой Полипласт СП-1. Такой результат согласуется с известными теоретическим положениями [10] о большей адсорбционной активности ПАВ с линейной структурой молекул.

Таким образом, по соотношению показателей плотности в окрестностях точки В на кривой плотности цементно-водной дисперсии уже представляется возможным прогнозировать влияние исследованных ПАВ на величину влажностной усадки бетона. Вместе с тем нельзя не учитывать того обстоятельства, что в реальных бетонных смесях количества воды намного выше. Поэтому основное внимание должно быть обращено на соотношение плотностей цементно-водных дисперсий в окрестностях точки С кривой плотности и на ее участке СД.

Точка С, судя по поведению бездобавочной системы цемент–вода, характеризуется наибольшим стягивающим капиллярным эффектом, величина которого зависит прямо пропорционально от степени физико-химической поверхностной активности зерен цемента и величины поверхностного натяжения на границе жид-

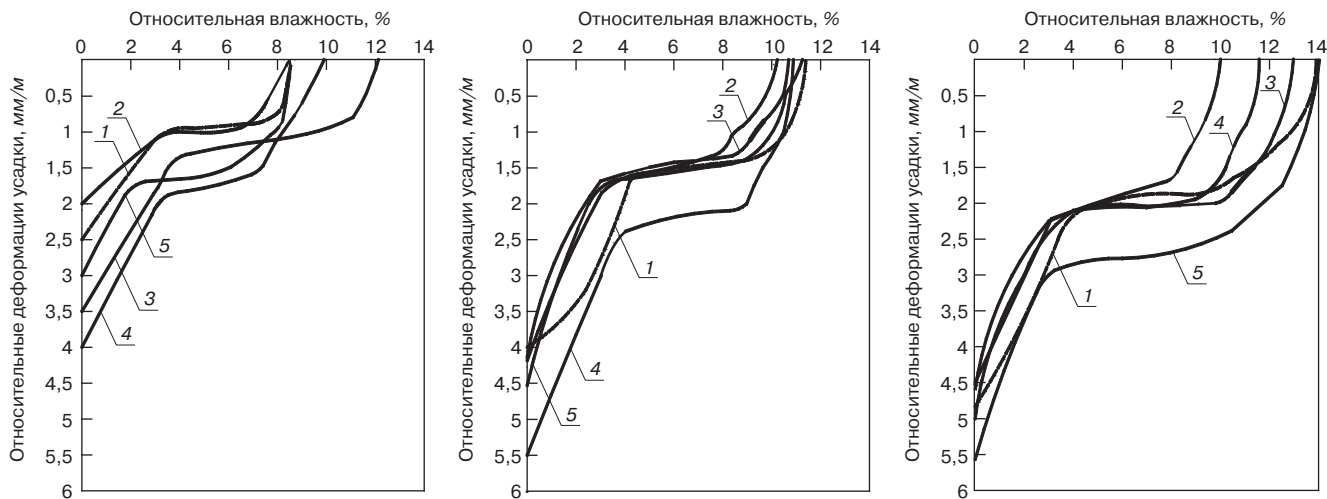


Рис. 6. Кривые влажностной усадки с различными видами добавок и В/Ц отношениями: а – В/Ц=0,25; б – В/Ц=0,3; в – В/Ц=0,4; 1 – эталон без добавки; 2 – система с добавкой ГПМ «Ультра»; 3 – система с добавкой Glenium SKY 505; 4 – система с добавкой Полипласт СП-1; 5 – система с добавкой Химком Ф-1

кость—газ. Здесь все добавки, кроме Полипласт СП-1, способствовали самоуплотнению системы, что можно объяснить снижением (против эталона) сил взаимного отталкивания частиц цемента [10].

Таким образом, исходя из полученных данных можно утверждать, что бетон с добавкой суперпластификатора Полипласт СП-1 при В/Ц отношении, близком к 0,25, будет иметь самую высокую общую усадку, так как «стартовая» плотность у него самая низкая, а по мере отвердевания его структура параллельно с влажностно-усадочными явлениями самоуплотняется (эффект контракции) за счет образования внутренних кристаллохимических связей.

Еще большие опасения в части возможного увеличения влажностной усадки бетонов, содержащих суперпластификаторы, относятся к бетонам с В/Ц отношениями, превышающими 0,25. Эти опасения обоснованы тем, что, например, при В/Ц=0,4 «стартовая» плотность незатвердевшей системы цемент—вода со всеми добавками оказалась намного ниже, чем в эталонных образцах. В первом приближении это можно объяснить диспергирующим эффектом, вызванным суперпластификаторами [10].

Прогнозы относительно влияния суперпластификаторов на величину влажностной усадки полностью подтвердились результатами испытаний затвердевших цементных образцов. Измерения выполнены на образцах в возрасте 28 сут при наиболее близких к производ-

ственным водоцементным отношениям, равным 0,25; 0,3; 0,4. Результаты представлены на рис. 6.

Наиболее отчетливо влияние видов суперпластификаторов установлено при В/Ц=0,25. Как и ожидалось, наименьшую усадку проявили образцы с добавкой ГПМ «Ультра», наибольшую — с добавкой Полипласт СП-1. При этом разница достигала двукратного размера. С увеличением расхода воды до В/Ц=0,3 величина усадки в образцах всех составов возросла почти в два раза. При этом самый высокий показатель проявили образцы с добавкой Полипласт СП-1. Остальные три добавки по сравнению с эталоном не улучшили исследуемый показатель, более того, их кривые усадки практически слились в одну, что вполне соответствует показателям плотности исходной системы.

При В/Ц=0,4 величина влажностной усадки еще больше возросла, четко обнаружилось характерные особенности, представленные относительно образцов с В/Ц=0,3.

Таким образом, на основании предварительных исследований можно заключить, что присутствие в бетоне суперпластификаторов может значительно повысить его влажностную усадку и склонность к трещинообразованию. Поэтому любая добавка изначально должна быть тщательно исследована в данном направлении с учетом факторов состава и структуры, В/Ц отношения, дозировки, временных интервалов, способов монолитизации конструкции и т. д.

#### Список литературы

1. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. М.: Технопроект, 1998. 768 с.
2. Чернышов Е.М., Славчева Г.С., Артамонова О.В. Наномодифицирование систем твердения в структуры строительных композитов: Монография. Воронеж: Научная книга, 2016. 132 с.
3. Славчева Г.С., Чегоданова С.Н. Влажностные деформации модифицированного цементного камня // *Строительные материалы*. 2008. № 5. С. 70–72.
4. Мороз М.Н., Калашников В.И., Суздальцев О.В., Янин В.С. Высокопрочные декоративно-отделочные поверхностно-гидрофобизированные бетоны // *Региональная архитектура и строительство*. 2014. № 1. С. 18–23.
5. Чернышов Е.М., Славчева Г.С. Управление эксплуатационной деформируемостью и трещиностойкостью макропористых (ячеистых) бетонов. Ч. 1. Контекст проблемы и вопросы теории // *Строительные материалы*. 2014. № 1–2. С. 105–112.
6. Славчева Г.С., Ким Л.В. Механизмы и закономерности изменения прочностных характеристик бетонов в связи с их температурно-влажностным состоянием // *Вестник инженерной школы Дальневосточного федерального университета*. 2015. № 1 (22). С. 63–70.
7. Шмит'ко Е.И., Верлина Н.А. Защита монолитных железобетонных конструкций производственных зданий от трещин усадочного характера // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. 2017. № 1 (367). С. 213–218.
8. Шмит'ко Е.И. Управление процессами твердения и структурообразования бетонов. Дисс... д-ра техн. наук. Воронеж, 1994. 252 с.
9. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона. М.: Стройиздат, 1981. 464 с.
10. Артеменко А.И. Органическая химия. М.: Высшая школа, 2002. 559 с.

#### References

1. Batrakov V.G. Modifitsirovannye betony. Teoriya i praktika [The modified concrete. Theory and practice]. Moscow: Tekhnoproekt. 1998. 768 p.
2. Chernyshov E.M., Slavcheva G.S., Artamonova O.V. Nanomodifitsirovanie sistem tverdeniya v strukture stroitel'nykh kompozitov. Monografiya. [Nanomodifying of systems of curing in structure of construction composites. Monograph]. Voronezh: Nauchnaya kniga. 2016. 132 p.
3. Slavcheva G.S., Chemojanova S.N. Moist deformations of the modified cement stone. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2008. No. 5, pp. 70–72. (In Russian).
4. Moroz M.N., Kalashnikov V.I., Suzdal'tsev O.V., Yanin V.S. High-strength decorative and finishing superficial and water fobizirovanny concrete. *Regional'naya arkhitektura i stroitel'stvo*. 2014. No. 1, pp. 18–23. (In Russian).
5. Chernyshov E.M., Slavcheva G.S. Control over operational deformability and crack resistance of macro-porous (cellular) concretes: context of problem and issues of theory. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 1–2, pp. 105–112. (In Russian).
6. Slavcheva G.S., Kim L.V. Mechanisms and regularities of change of strength characteristics of concrete in connection with their temperature and moist state. *Vestnik inzhenernoi shkoly dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta*. 2015. No. 1 (22), pp. 63–70. (In Russian).
7. Shmit'ko E.I., Verlina N.A. Protection of monolithic reinforced concrete structures of production buildings against cracks of shrinkable character. *Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti*. 2017. No. 1 (367), pp. 213–218. (In Russian).
8. Shmit'ko E.I. Management of processes of curing and structurization of concrete. Doct. Diss. (Engineering). Voronezh. 1994. 252 p. (In Russian).
9. Akhverdov I.N. Osnovy fiziki betona [Fundamentals of physics of concrete] Moscow: Stroyizdat. 1981. 464 p.
10. Artemenko A.I. Organicheskaya khimiya. [Organic chemistry] Moscow: Vysshaya shkola. 2002. 559 p.

В.Н. ВЕРНИГОРОВА, д-р хим. наук, С.М. САДЕНКО, канд. техн. наук (sadenko@mail.ru)

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28)

## Структура бетонной смеси и роль воды в ее физико-химическом преобразовании в бетон

Рассматривается структура бетонной смеси: подсистема  $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ ; основные и кислотные адсорбционные центры по Льюису; взаимодействие молекул воды с ними с переносом протона; гидролиз нестехиометрических неустойчивых силикатных минералов и образование наноструктуры в бетонной смеси, состоящей из дисперсных наногелей  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ; взаимодействие наноструктуры с водой с образованием промежуточных активных частиц  $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}^*$ ,  $\text{OH}^*$ , приводящих к схватыванию. Промежуточные активные частицы взаимодействуют с адсорбционными центрами  $\text{SiO}_2$  и между собой. Происходит рекомбинация молекул воды, но по закону сохранения заряды на поверхности наночастиц сохраняются, вследствие чего происходит схватывание. Образуются пересыщенные неустойчивые твердые растворы – гидросиликаты кальция, которые подвергаются спиновальному распаду с образованием нанокластеров гидросиликатов, очень активных в момент выделения, что и приводит к твердению. Показано, что схватывание и твердение есть размерный и химический эффект наночастиц, гидросиликатов кальция и других частиц, приводящих к схватыванию и твердению. Основным и начальным условием для реализации этих процессов является необратимая экзотермическая реакция разложения воды на радикалы  $\text{H}^*$ ,  $\text{OH}^*$  с компенсацией, равной 25 кДж/моль.

**Ключевые слова:** структура бетона, бетонная смесь, вода, адсорбция, катионные и анионные полиэдры, гидролиз минералов, наночастицы, гидросиликаты кальция.

**Для цитирования:** Вернигорова В.Н., Саденко С.М. Структура бетонной смеси и роль воды в ее физико-химическом преобразовании в бетон // *Строительные материалы*. 2018. № 4. С. 52–55.

V.N. VERNIGOROVA, Doctor of Sciences (Chemistry), S.M. SADENKO, Candidate of Sciences (Engineering) (sadenko@mail.ru)  
Penza State University of Architecture and Civil Engineering (28, Germana Titova Street, Penza, 440028, Russian Federation)

### Concrete Mix Structure and Role of Water in Its Physical-Chemical Transformation in Concrete

The concrete mix structure is considered: the subsystem  $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ , basic and acid adsorption centers by Lewis, interaction of water molecules with them with proton transfer, hydrolysis of non-stoichiometric, unstable silicate minerals and formation of the nano-structure in the concrete mix, consisting of their nano-gels  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ , interaction of the nano-structure with water with formation of intermediate active particles  $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}^*$ ,  $\text{OH}^*$  leading to the setting. Intermediate active particles interact with adsorption centers and between themselves. Recombination of water molecules takes place but by the law of preservation, charges on the surface of nano-particles are retained, as a result of which the setting occurs. Oversaturated unstable solid solutions (calcium hydrosilicates) are formed, they are subjected to the spinodal decomposition with the formation of nano-clusters of hydrosilicates very active at the moment of release which leads to hardening. It is shown that setting and hardening is the dimensional and chemical effect of nano-particles, calcium hydrosilicates and other particles leading to setting and hardening. The main and initial condition for realizing these processes is an irreversible exothermic reaction of water decomposition into radicals  $\text{H}^*$ ,  $\text{OH}^*$  with compensation equal to 25 kJ/mol.

**Keywords:** concrete structure, concrete mix, water, adsorption, cationic and anionic polyhedrons, hydrolysis of minerals, nano-particles, calcium hydrosilicates.

**For citation:** Vernigorova V.N., Sadenko S.M. Concrete mix structure and role of water in its physical-chemical transformation in concrete. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2018. No. 4, pp. 52–55. (In Russian).

В ранее проведенных исследованиях показано, что гидросиликаты кальция (ГСК)  $L_d$  имеют наноразмеры частиц в интервале от 0,5 до 100 нм [1]. В таких ГСК поверхность преобладает над объемом частиц. Такие же размеры имеют все частицы цементного камня [1–4]. Для процесса схватывания большую роль играют не только размеры наночастиц  $L_d$ , но и форма наночастиц, а также распределение их в объеме бетонной смеси. И размеры наночастиц, и их распределение зависят от многих факторов, главными из которых являются температура, химическая природа добавок, а также природа минералов портландцемента, взаимодействующих с водой. Бетонная смесь – дисперсная система состоит из нескольких подсистем, имеющих разную степень дисперсности. Такими подсистемами являются: грубодисперсная подсистема «крупный заполнитель – вода»; подсистема со средней степенью дисперсности «песок – вода» и высокодисперсная подсистема «минералы портландцемента – вода». На поверхности частиц крупного заполнителя и песка имеются адсорбционные центры на катионах  $\text{Ca}^{2+}$ , если заполнитель известняковый; атомы кремния  $\text{Si}^{4+}$ , если заполнитель – щебень и песок – это кислотные центры по Льюису [5]. На поверхности частиц и крупного заполнителя, и мелкого наполнителя присутствуют основные центры на атомах

кислорода  $\text{O}^{2-}$  и  $\text{O}^-$ . Вода – вещество амфотерное, поэтому может адсорбироваться как на кислотных, так и на основных центрах поверхности частиц заполнителя и наполнителя, при этом вокруг каждой частицы образуется двойной электрический слой. Однако вследствие сложной структуры бетонной смеси и множества протекающих в ней процессов двойные электрические слои являются неравновесными и нестационарными. В портландцементе силикатные минералы составляют около 87%. Модели атомных структур силикатов, в том числе и кремнезема, строятся с помощью координационных полиэдров (тетраэдров, октаэдров и др.). В полиэдрах различаются центральный положительно заряженный ион металла или неметалла и окружающие его отрицательно заряженные ионы (в силикатах и кремнеземе это кислород), располагающиеся в вершинах полиэдров. Лиганды представляются в виде точечных зарядов, и их роль сводится к созданию кристаллического поля. Создаваемый электрическим полем потенциал вызывает расщепление энергетических уровней центрального иона. В кристаллах расщепляются только энергетические уровни ионов незаполненными d- и f-оболочками. У атома кремния имеется незаполненный 3d-подуровень. Главной характеристикой кристаллического поля, вызывающего расщепление уровней d- и f-электронов,

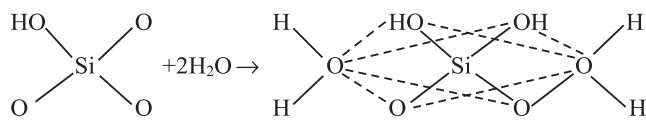
является его симметрия, соответствующая симметрии расположения лигандов. Тип лигандов и расстояние между ними и центральным ионом определяют силу или напряженность кристаллического поля. Симметрия, отвечающая правильному тетраэдру или октаэдру, наблюдается редко. Обычно тетраэдры и октаэдры в большей или меньшей степени искажены.

Структура силикатов состоит из следующих катионных и анионных полиэдров:

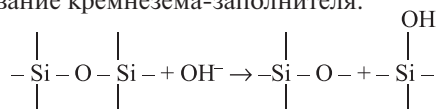
- октаэдрические –  $MgO_6$ ,  $FeO_6$ ,  $AlO_6$  и другие близкие к ним  $CaO_6$ ,  $CaO_7$ ;
- многовершинники –  $KO_{7,8,9}$  и другие близкие к ним  $CaO_{7,8,9}$ ;
- тетраэдрические –  $LiO_4$ ,  $BeO_4$  и др.

Анионные полиэдры –  $SiO_4$  и  $AlO_4$ . Кислород в силикатах различается на мостиковый ( $Si-O-Si$ ) и немостиковый ( $-Si-O-Ca-$ ),  $Si-O-H$ ,  $Si-O-Na$  и др.). Энергетическое состояние этих кислородов различно.

При смешивании портландцемента, крупного заполнителя и песка с водой начинается процесс адсорбции полярных молекул воды на координационно-ненасыщенных поверхностных атомах кремния по донорно-акцепторному механизму. При этом происходит деформация тетраэдров  $[SiO_4]^{4-}$ , вследствие чего изменяется кристаллическое поле, которое расщепляет незаполненный 3d-подуровень атома кремния и вследствие  $sp^3d^2$ -гибридизации координационное число его становится равным 6. Происходит перестройка структуры кремнезема, деформированный тетраэдр перестраивается в октаэдр:



Тетраэдрическая структура более плотная, чем октаэдрическая. В результате такой перестройки структуры увеличивается поверхность и поверхностная энергия. Образование рыхлой октаэдрической структуры кремнезема заполнителя приводит к его расширению. В такую рыхлую октаэдрическую структуру диффундируют ионы  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$  и образуют комплексные соединения типа  $NaCaSi_2aq$ , если содержание  $CaO$  достаточно для его образования. Распределение  $Ca(OH)_2$ ,  $K_2O$ ,  $Na_2O$  по фракциям портландцемента неоднородно, как неоднородно это распределение и в цементном камне. Вместе с катионами  $Na^+$  и  $K^+$  диффундируют и ионы гидроксидов  $OH^-$ , которые адсорбируются на координационно-ненасыщенных атомах кремния; рвутся кремнекислородные мостики и происходит дальнейшее диспергирование кремнезема-заполнителя:



Большую роль при этом играет степень заполнения поверхности адсорбированными молекулами воды. В области малых заполнений на поверхности адсорбирована вода по донорно-акцепторному механизму, что приводит к расширению структуры, хотя и небольшому. В области больших заполнений на поверхности вода адсорбируется по механизму образования водородных связей и происходит сжатие структуры кремнезема-заполнителя.

Поверхность любого твердого тела представляет собой переходный поверхностный слой определенной, хотя и малой толщины. При взаимодействии с водой претерпевает изменения прежде всего переходный поверхностный слой. Взаимодействие молекул воды с частицами крупного заполнителя и мелкого наполнителя – песка происходит на координационно-ненасыщенных центрах переходного поверхностного слоя, яв-

ляется физико-химическим и приводит либо к расширению, либо к сжатию структуры с помощью водородных связей, что способствует ее упрочнению. Однако в бетонной смеси четыре основных минерала портландцемента:  $\beta-C_2S$ ,  $C_3S$ ,  $C_3A$ ,  $C_4AF$  имеют другую химическую природу, они являются дефектными нестехиометрическими соединениями, образованными сравнительно сильным основанием  $Ca(OH)_2$  и слабыми кислотами  $H_2SiO_3$ ,  $H_2AlO_3$ ,  $H_2FeO_3$ . Самой слабой из них является  $H_2AlO_3$ . Под действием полярных молекул воды перечисленные минералы разлагаются, так как любые неорганические соединения, образованные кислотой и основанием неравной силы, неустойчивы в полярной водной среде. Разложение неустойчивых минералов является одним из способов получения нанопорошков. В результате гидролиза образуются в нанодисперсном состоянии  $CaO \cdot nH_2O$ ,  $SiO_2 \cdot nH_2O$ ,  $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ ,  $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ . В момент выделения наночастицы перечисленных соединений обладают чрезвычайно высокой химической активностью, образуется суспензия. Суспензия – это совокупность наноадсорбентов, химическая активность которых зависит от силы кислоты и основания. Самой слабой кислотой является  $H_2AlO_3$ , поэтому гидролизу в первую очередь подвергается минерал  $3CaO \cdot Al_2O_3$ . В результате гидролиза значительно увеличивается поверхность раздела и поверхностная энергия, увеличивается концентрация координационно-ненасыщенных адсорбционных центров Льюиса.

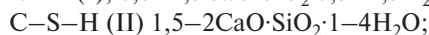
Большое значение имеет заряд центрального иона в анионных полиэдрах. Анионные поверхностные координационно-ненасыщенные адсорбционные центры на атомах кремния  $Si$  имеют заряд  $+4$ , поэтому наиболее притяжение молекулы воды будут иметь к этим адсорбционным центрам. Однако связь поверхностного атома кремния с тремя атомами кислорода в объеме наночастицы прочнее, чем донорно-акцепторная связь этого атома с молекулой воды, вследствие чего полученное поверхностное соединение разрушается с образованием радикалов  $\dot{H}$  и  $\dot{OH}$ .

Однако по какому бы механизму ни адсорбировалась вода на гелевых наночастицах продуктов гидролиза минералов портландцемента, происходит диссоциация воды на ионы  $H^+$  и  $OH^-$ . В статье [6] показано, что теплота адсорбции ионов водорода на атомах кислорода равна  $+2156,88$  кДж/моль, а сродство к электрону иона  $H^+$  составляет  $+1308,34$  кДж/моль. Теплота адсорбции ионов гидроксидов  $OH^-$  на поверхности частиц  $CaO$  составляет  $+472,34$  кДж/моль; сродство к электрону радикала  $OH$  составляет  $+163,1$  кДж/моль. Приведенные цифры позволяют считать, что в бетонной смеси протекает хемосорбция молекул воды на координационно-ненасыщенных адсорбционных центрах с образованием поверхностных координационных химических соединений. Поскольку наночастицы содержат кислотные и основные центры разной силы, возникающие хемосорбционные связи очень многообразны. Некоторые авторы [7] рассматривают химические соединения и схематически изображают их в виде поверхностных радикалов. Образование поверхностных координационных химических соединений может происходить без существенной деформации поверхности наноадсорбента и адсорбирующихся молекул воды; с частичной деформацией молекул воды и поверхности и с разрушением адсорбирующихся молекул воды [7, 8]. Если химическая связь адсорбированной молекулы воды с поверхностью наночастицы прочнее, чем химическая связь поверхностного атома с объемом наночастицы, то образовавшееся химическое соединение десорбируется, захватывая поверхностные атомы. При этом поверхностный слой разрушается, деформируется. Если химическое сродство адсорбированной молекулы или атомов



Ca<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, H<sup>+</sup>, OH<sup>-</sup> и др. не компенсируется на поверхности, то возможна нормальная диффузия их в объеме наночастиц геля SiO<sub>2</sub>. Нормальная диффузия приводит к дальнейшему химическому взаимодействию. Этому способствуют дефекты структуры геля SiO<sub>2</sub>, которые втягивают молекулы воды и ионы в объем геля SiO<sub>2</sub>. Если химическая связь адсорбированного атома или молекулы с поверхностью твердого тела меньше по силе химической связи поверхностного атома с объемом твердого тела, то происходит десорбция адсорбированного атома или молекулы как без существенной деформации, так и с полным распадом адсорбированной молекулы на активные частицы – радикалы Н и ОН, если адсорбирована была вода. Бетонная смесь имеет сложную структуру, является неоднородной и по составу и по структуре, поэтому в бетонной смеси имеют место все перечисленные выше поверхностные координационные химические соединения.

Известно, что гидросиликаты кальция (ГСК) являются нестехиохимическими соединениями, некоторые являются твердыми растворами, например:



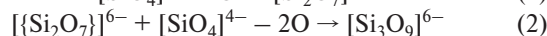
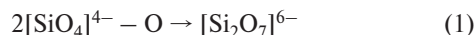
где 0,8–1,5CaO; 0,5–2,5H<sub>2</sub>O; 1,5–2CaO; 1–4H<sub>2</sub>O; 0,8–1,33CaO; 0,5–2H<sub>2</sub>O области гомогенны.

Приведенные формулы представляют собой пересыщенные твердые растворы CaO и H<sub>2</sub>O в растворителе SiO<sub>2</sub>. Области гомогенности указывают на то, что и Ca<sup>2+</sup> и H<sub>2</sub>O распределены в SiO<sub>2</sub> статистически. Области гомогенности – это области валентных насыщений. Образование перечисленных твердых растворов начинается с хемосорбции катионов кальция и молекул воды адсорбционными центрами прежде всего на атомах кремния. Так как адсорбция воды по донорно-акцепторному механизму приводит к расширению структуры геля SiO<sub>2</sub>, дефектность гелевой структуры SiO<sub>2</sub> и образующаяся более рыхлая октаэдрическая структура способствуют сорбции (поглощению объемом) катионов Ca<sup>2+</sup> и H<sub>2</sub>O и других ионов. Пересыщенные твердые растворы неустойчивы, поэтому они распадаются; распад бездиффузионный, т. е. спиноподобный, протекающий во всем объеме бетонной смеси. Распад твердых растворов приводит к образованию наноразмерных осколков структуры, которые активно взаимодействуют с другими компонентами бетонной смеси, упрочняя ее. Молекулы воды адсорбируются не только на кислотных центрах, но и на основных – O<sup>2-</sup> и O<sup>-</sup> центрах. При этом образуются водородные связи. Способность воды образовывать два типа химических связей с адсорбционными центрами высокодисперсных неустойчивых соединений, прежде всего с соединениями силикатов β-C<sub>2</sub>S и C<sub>3</sub>S, является условием производства бетона – многокомпонентного полидисперсного материала.

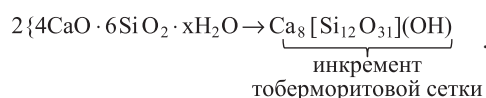
На кислотных центрах с меньшим эффективным зарядом диссоциация молекул воды протекает на ионы H<sup>+</sup> и OH<sup>-</sup>. Реакция рекомбинации ионов H<sup>+</sup> и OH<sup>-</sup> приводит к образованию воды, а реакция рекомбинации свободных радикалов Н и ОН приводит к возникновению короткоживущих центров на атомах кремния и кислорода.

Эти радикальные центры вступают в дальнейшее взаимодействие с молекулами воды, и образование свободных радикалов продолжается. Если наночастица SiO<sub>2</sub>, имеющая на своей поверхности катион- и анион-радикалы кремния и кислорода, встречается с другой частицей и между ними расстаяние равно межатомно, то между этими центрами образуется химическая

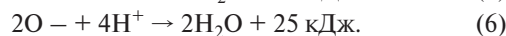
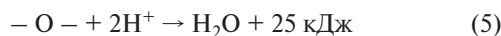
связь и происходит химическое взаимодействие между частицами SiO<sub>2</sub>, подобное взаимодействию между ионами или молекулами в растворе. Частицы срастаются в единое целое, образуя гигантскую открытую химически активную кристаллическую систему. Радикалы Н и ОН вызывают схватывание, а ионы H<sup>+</sup> и OH<sup>-</sup> принимают участие в фазовых превращениях. Минералы β-2CaO·SiO<sub>2</sub> и 3CaO·SiO<sub>2</sub> имеют ортосиликатную структуру, радикал структуры – тетраэдр [SiO<sub>4</sub>]<sup>4-</sup>. Радикал тоберморитовой сетки – [Si<sub>12</sub>O<sub>31</sub>]<sup>14-</sup> – может быть получен путем усложнения тетраэдра [SiO<sub>4</sub>]<sup>4-</sup>. Академик Белов показал, что усложнение кремний-кислородных тетраэдров происходит в следующей последовательности:



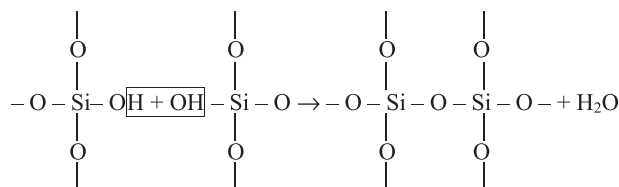
где [Si<sub>12</sub>O<sub>31</sub>]<sup>14-</sup> – инкремент ксонотлитовой ленты. Два радикала ксонотлитовой ленты дают радикал тоберморитовой сетки:



Усложнение кремнекислородного мотива возможно только при удалении из их структуры атомов кислорода. Конденсация кремнекислородных тетраэдров в щелочной среде невозможна. Для этого необходимы только ионы водорода H<sup>+</sup>, источником которых является вода: реакции рекомбинации:



Диссоциация воды требует энергии 485,86 кДж/моль, а средняя энергия связи Н–О составляет 460 кДж/моль, поэтому при реакции рекомбинации выделяется 25 кДж/моль. Гидроксилы двух близко расположенных отдельных тетраэдров взаимодействуют друг с другом с образованием пары тетраэдров, связанных между собой атомом кислорода и молекулы воды:



И диссоциация воды, и распад ее молекул на радикалы предопределены протеканием процесса компенсации затраченной дополнительной энергией 25 кДж/моль, выделяемой при рекомбинации молекул воды. Процессы протекают самопроизвольно [9].

Свободные атомы Н и свободные радикалы ОН переходят в объем геля SiO<sub>2</sub> и вызывают в нем реакционную цепь. Образовавшиеся радикальные активные центры вступают в дальнейшее химическое взаимодействие с молекулами воды без энергии активации. Происходит периодическая генерация свободных атомов Н и свободных радикалов ОН<sup>-</sup>. Это позволяет считать, что в основе образования гидросиликатов кальция и других гидратированных соединений лежит цепной радикальный процесс [1].

Большую роль для обеспечения прочности бетона играет распределение наночастиц ГСК и других гидратированных минералов в структуре бетона. Установлено распределение наночастиц ГСК L<sub>d</sub> без добавок при температуре 30°C [1]. При этом показано, что частицы ГСК распределяются в структуре бетона в виде тонкой ламели. Японские ученые Мацуяма Хироёси, Мацуи Кунио

и Симицу Тадаси получили тоберморит в виде тонкой пленки [10, 11]. Такой тоберморит обладает плотностью, равной от 0,14 до 1 г/см<sup>3</sup>, и высокой прочностью.

Радикальные ламели ГСК обладают максимально возможной реакционной способностью, поэтому они взаимодействуют с любыми компонентами бетонной смеси, с крупными частицами заполнителя, поверхность которых радикальна. И тогда схватывание есть химический эффект радикальных наночастиц ГСК.

#### Выводы.

На основе изложенного можно заключить, что вода в бетонной смеси выполняет следующие функции:

- 1) адсорбата;
- 2) растворителя;
- 3) химического реагента; взаимодействуя с минералами портландцемента, прежде всего нестехиометрическими силикатными, разлагает их на наногель SiO<sub>2</sub> и Ca(OH)<sub>2</sub>;
- 4) способность молекул воды образовывать два типа химических связей, а значит, два типа активных химических частиц: свободных радикалов Н и ОН и ионов Н<sup>+</sup> и ОН<sup>-</sup>, без участия которых невозможны процессы схватывания и фазового превращения ортосиликатной структуры β-C<sub>2</sub>S и C<sub>3</sub>S в слоистую координационную;
- 5) пусковым крючком этих процессов является необратимая экзотермическая реакция разложения воды на радикалы Н и ОН с компенсацией, равной 25 кДж/моль.

#### Список литературы

1. Вернигорова В.Н. Физико-химические основы образования модифицированных гидросиликатов кальция в композиционных материалах на основе системы СаО–SiO<sub>2</sub>–Н<sub>2</sub>О. Пенза: Изд-во ЦНТИ, 2001. 367 с.
2. Везенцев А.И. Химия нанокластеров и нанокмпозитов. М.: Институт АИТи, 2011. 146 с.
3. Пул Г. Нанотехнологии. М.: Техносфера, 2006. 260 с.
4. Балабанов В.И. Нанотехнологии. Наука будущего. М.: Эксмо, 2008. 256 с.
5. Киселев В.Ф. Поверхностные явления в полупроводниках и диэлектриках. М.: Наука, 1970. 399 с.
6. Вернигорова В.Н., Саденко С.М. О нестационарности физико-химических процессов, протекающих в бетонной смеси // *Строительные материалы*. 2017. № 1–2. С. 86–89.
7. Пшежецкий С.Я. Поверхностные соединения в гетерогенном катализе // Сб. «Гетерогенный катализ в химической промышленности». М.: Госхимиздат, 1955. 158 с.
8. Воеводский В.В., Кондратьев В.Н. Радикалы в цепных реакциях // *Успехи химии*. 1950. Т. 19. Вып. 6. С. 673.

9. Гусев А.И. Физическая химия нестехиометрических тугоплавких соединений. М.: Наука, 1991. 286 с.
10. Патент на изобретение № 2253635. Отвержденная форма силиката кальция, имеющая высокую прочность / Мацуяма Хироёси, Мацуи Кунио, Симицу Тадаси. Заявл. 19.02.2001. Опубл. 29.08.2002.
11. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию / Пер. с яп. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. 134 с.

#### References

1. Vernigorova V.N. Fiziko-khimicheskie osnovy obrazovaniya modifitsirovannykh gidrosilikatov kal'tsiya v kompozitsionnykh materialakh na osnove sistemy СаО–SiO<sub>2</sub>–Н<sub>2</sub>О [Physicochemical foundations of the formation of modified calcium hydrosilicates in composite materials based on the system СаО–SiO<sub>2</sub>–Н<sub>2</sub>О.]. Penza: TsNTI Publishing. 2001. 367 p.
2. Vezentsev A.I. Khimiya nanoklasteroi i nanokompozitov [Chemistry of nanoclusters and nanocomposites]. Moscow: Institute AiTi. 2011. 146 p.
3. Pul G. Nanotekhnologii [Nanotechnology]. Moscow: Tekhnosfera. 2006. 260 p.
4. Balabanov V.I. Nanotekhnologii. Nauka budushchego [Nanotechnology. Science of the future]. Moscow: Eksmo. 2008. 256 p.
5. Kiselev V.F. Poverkhnostnye yavleniya v poluprovodnikakh i dielektrikakh [Surface phenomena in semiconductors and dielectrics]. Moscow: Nauka. 1970. 399 p.
6. Vernigorova V.N., Sadenko S.M. About nonstationarity of physical-chemical processes occurring in concrete mix. *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials]. 2017. No. 1–2, pp. 86–89. (In Russian).
7. Pshezhetskii S.Ya. Poverkhnostnye soedineniya v geterogennom katalize. Sb. «Geterogennyi kataliz v khimicheskoi promyshlennosti» [Surface compounds in heterogeneous catalysis. Collection "Heterogeneous catalysis in the chemical industry"]. Moscow: Goskhimizdat. 1955. 158 p.
8. Voevodskiy V.V., Kondrat'ev V.N. Radicals in chain reactions. *Uspekhi khimii*. 1950. Vol. 19. Iss. 6, p. 673. (In Russian).
9. Gusev A.I. Fizicheskaya khimiya nestekhiometricheskikh tugoplavkikh soedinenii [Physical chemistry of nonstoichiometric refractory compounds]. Moscow: Nauka. 1991. 286 p.
10. Patent for invention No. 2253635. Otverzhdennaya forma silikata kal'tsiya, imeyushchaya vysokuyu prochnost' [A solidified form of calcium silicate, having a high strength]. Matsuyama Khiroesi, Matsui Kunio, Simisu Tadasi. Declared 19.02.2001. Published 29.08.2002.
11. Kobayasi N. Vvedenie v nantokhnologiyu / Per. s yapon [Introduction to nanotechnology. Trans. with Japan]. Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy. 2005. 134 p.

### НОВАЯ КНИГА



## Технология гипсовых отделочных материалов и изделий

Федулов А.А., М: ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2018. 240 с.

В книге описано производство гипсовых отделочных материалов и изделий от добычи сырья до упаковки готовой продукции. Особое внимание автор уделяет подробному описанию технологических линий и отдельных единиц оборудования, установленных на передовых предприятиях гипсовой промышленности. В книге представлено большое количество иллюстраций всех технологических процессов, которые помогут глубже представить и понять технологические процессы производства того или иного изделия. Описание технологии каждого вида гипсовых изделий основывается на существующих производственных регламентах предприятий России, Германии и Дании, включая шахты, карьеры, которые автор посещал лично.

Книга предназначена студентам, изучающим производство строительных материалов и конструкций в качестве дополнительного материала по технологии современных гипсовых изделий, а также для инженеров-технологов заводов, производящих гипсовую продукцию в качестве справочного материала.

Заказать литературу можно через редакцию, направив заявку по e-mail: [mail@rifsm.ru](mailto:mail@rifsm.ru), или оформить заказ на сайте [www.rifsm.ru](http://www.rifsm.ru)

А.И. МАКЕЕВ, канд. техн. наук (makeev@vgasu.vrn.ru), Е.М. ЧЕРНЫШОВ, д-р техн. наук, академик РААСН Воронежский государственный технический университет (394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84)

## Отсевы дробления гранита как компонентный фактор формирования структуры бетона. Часть I. Постановка проблемы. Идентификация отсевов

Формулируется проблема рассмотрения отсевов камнедробления как компонентного фактора формирования макро-, микро- и наноструктуры конгломератных строительных композитов. На примере структурообразования традиционных и высокотехнологичных цементных бетонов дается обоснование механической, механохимической и физико-химической роли фракционных разностей отсевов дробления гранита. В этом контексте представляются данные по генезису отсевов и их структурно-значимым идентификационным характеристикам. При этом рассматриваются рядовой отсев, обогащенный отсев, выделенные из рядового отсева индивидуальные фракционные разности, выделенная сушкой из пульпы гидроудаления пылевидная часть отсева. Априори прогнозируется проявление роли видов отсевов в процессах формирования каркасной составляющей (из зерен макро- и мезофракций) и матричной составляющей (из зерен микро- и нанодроблений) отсева и продуктов гидратации цемента) структуры бетона.

**Ключевые слова:** компонентный фактор, отсев камнедробления, генезис отсева, идентификационные характеристики, структурообразующая роль.

**Для цитирования:** Макеев А.И., Чернышов Е.М. Отсевы дробления гранита как компонентный фактор формирования структуры бетона. Часть I. Постановка проблемы. Идентификация отсевов // *Строительные материалы*. 2018. № 4. С. 56–60.

A.I. MAKEEV, Candidate of Sciences (Engineering) (makeev@vgasu.vrn.ru), E.M. CHERNYSHOV, Doctor of Sciences (Engineering) Academician of RAACS Voronezh Technical University (84, 20-letiya Oktyabrya Street, 394006, Voronezh, Russian Federation)

### Granite Crushing Screenings as a Component Factor of Concrete Structure Formation.

#### Part 1. Problem Definition. Identification of Screenings as a Component Factor of Structure Formation

The problem of consideration of stone crushing screenings as a component factor of the formation of macro-, micro-, nano-structures of conglomerate building composites is formulated. On the example of structure formation of traditional and high-tech cement concretes, the substantiation of mechanical, mechanical-chemical and physical-chemical role of fraction differences of granite crushing screenings is made. In this context, data on the genesis of screenings and their structurally significant identification characteristics are presented. In addition, ordinary screening, enriched screening, individual fraction differences separated from the ordinary screening, a dust-like part of screening separated from the hydro-removed pulp by drying are considered. A priori, the projected manifestation of the role of types of screenings in the formation processes of the frame component (grains of macro- and meso-fractions) and the matrix component (grains of macro- nano-fractions of screening and products of concrete hydration) of the concrete structure..

**Keywords:** component factor, stone crushing screening, screening genesis, identification characteristics, structure formation role

**For citation:** Makeev A.I., Chernyshov E.M. Granite crushing screenings as a component factor of concrete structure formation. Part 1. Problem definition. Identification of screenings as a component factor of structure formation. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2018. No. 4, pp. 56–60. (In Russian).

При целевом получении фракций щебня из горных пород сложилось представление об отсевах камнедробления как отходах производства. Между тем отсевы можно и следует рассматривать в качестве самостоятельного, наряду с крупным заполнителем компонентного фактора управления формированием однородно/неоднородной конгломератной структуры бетонов.

Именно вопросу отсевов дробления гранита как компонентного фактора формирования структуры бетонов посвящена данная и последующие части статьи.

В обосновании факторов управления субстанциональными, геометрическими, субстанционально-геометрическими и статистическими критериальными характеристиками однородности/неоднородности (О/Н) макро- и микроструктуры плотных и поризованных бетонов [1] равноправное значение вместе с вопросами синтеза матрицы композитов имеют вопросы формирования систем сложения зернистых частиц различного размерного масштаба (крупного заполнителя, мелкого заполнителя, микрозаполнителя, наноаполнителя), выполняющих роль включений в матрице. В отношении практической реализации задач получения систем сложения зернистых частиц различного масштаба в структуре бетона как раз несомненный интерес представляет применение отсевов камнедробления полифракционного состава, которые несут в себе последствия трибо-технологических воздействий не только на их механиче-

ские, но и на механохимические характеристики и свойства. Вследствие этого формирование структуры бетонов с участием отсевов может определяться одновременно влиянием присутствующих в них макро- и микрофракций зернистых частиц, наделенных механической и механохимической активностью.

Такие отличительные особенности отсевов дробления должны быть поняты по механизму их проявления в процессах структурообразования конгломератных полимасштабных композитов и должны обоснованно учитываться и эффективно использоваться. Именно в такой постановке следует толковать ключевое словосочетание «компонентный фактор формирования структуры бетона».

В теории и практике раскрытия существа закономерностей проявления компонентного фактора не все однозначно ясно. По-прежнему требует развития и системного рассмотрения вопрос о закономерностях формирования структуры на макроуровне [2–4] (такие закономерности являются предметом механики зернистых сред); одновременно с этим много вопросов возникает в отношении процессов формирования структуры и на микроуровне [5–7], лимитируемых влиянием факторов физикохимии синтеза твердого состояния в системах с частицами коллоидного и наноразмерного диапазона.

Априори допускается, что применение отсевов камнедробления предопределяет и включает их параллельное влияние как компонентного фактора на формирование

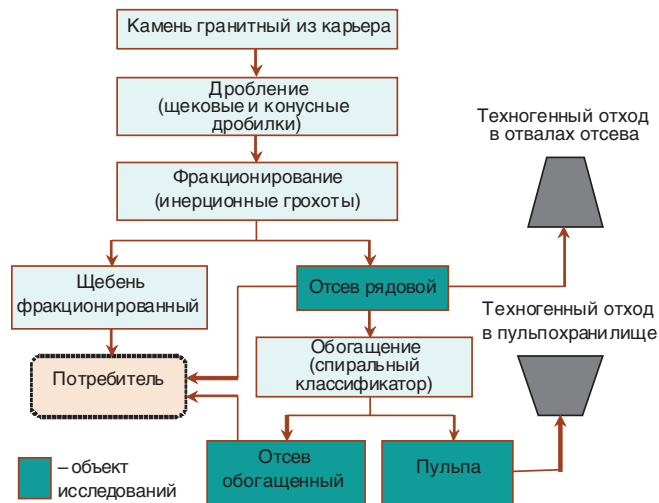


Рис. 1. Функциональная схема производства гранитного щебня и образования отходов камнедробления (отсевов и шлама) на ОАО «Павловск-Неруд»

макроструктуры (система сложения) и микроструктуры (система роста) бетона. Специфика широкодиапазонного (от макро- до нано-) фракционного состава частиц отсева и существа предполагаемого их влияния на структурообразование бетона определяет возможности получения из отсевов многовариантных решений по формированию систем сложения и синтезу систем роста в однородно/неоднородной структуре бетона. Речь, в принципе, может идти: во-первых, о монофракционных системах сложения с повышенной пустотностью и пониженной плотностью упаковки; во-вторых, о полифракционных системах с регулируемой пустотностью и плотностью упаковки; в-третьих, не исключается также возможность получения полифракционных систем сложения с включением в них микро- и наноразмерных частиц, содержащихся в немалом количестве в отсевах; в-четвертых, представляются особо интересными как самостоятельные системы сложения из микро- и наноразмерных частиц.

Эти обозначенные возможности получения многовариантных решений отвечают условиям приготовления широкой номенклатуры смесей, и прежде всего для мелкозернистых бетонов с плотной и поризованной (например, крупнопористой, ячеистой) структурой. Такие разновидности мелкозернистых бетонов составляют базовый их набор не только для традиционных, но и для высокотехнологичных изделий, прежде всего густоармированных и дисперсно-армированных с повышенной прочностью и трещиностойкостью, когда именно мелко- и мелкозернистые структуры материала оказываются наиболее эффективными.

Для всех таких вариаций необходимым становится теоретическое рассмотрение и экспериментальное получение данных о возможностях формирования оптимальной структуры, необходимым предварительным условием чего видится учет генезиса и идентификационных характеристик рассматриваемого специфического сырьевого компонента, каковым являются отсевы дробления гранита.

**Генезис отсева дробления гранита.** Технология дробления гранита для получения целевого разнофракционного заполнителя для бетонов сопровождается неизбежным образованием того или иного количества отсева (рис. 1).

Получение целевого продукта и неизбежное образование при этом отсева иллюстрируются схемой геометрических и субстанциональных превращений и изменений горной породы при механическом измельчении (рис. 2).

Механическое измельчение гранита (многофазного, гетерогенного, полиминерального, неоднородного материала) при дроблении имеет определенную аналогию с естественным его преобразованием — процессом разрушения и изменения под влиянием температуры, воздействия воды, кислорода, углекислоты, биологического действия организмов среды и т. п. Результатом естественных процессов оказывается образование таких отличных друг от друга природных материалов, как обломочные крупно- и мелкозернистые фракции, кварцевые и полевошпатовые пески, глины и др. Понятно, что процесс естественного выветривания, включающий в себя физические, химические и иные явления, существенно сложнее просто механического (взрывного, ударного и истирающего) разрушения и глубже по его последствиям. Тем не менее получение полифракционного состава частиц при механическом разрушении исходной породы, сепарация этого состава по размерам от макро- до микро- и нанодиапазона (рис. 2) могут также сопровождаться дифференциацией характеристик их состояния не только по размерам и форме, но, как установлено [8–10], и по химическому составу, по минералогии, по морфологии, степени активизированной дефектности и, естественно, по свойствам. Такая дифференциация наиболее глубоко касается частиц отсева гранита.

Существующие в материаловедении и технологии бетонов нормативные документы относят отсевы дробления к категории некондиционных продуктов, к чему вообще-то есть ряд оснований: прежде всего несоответствием зернового состава отсева существующим регламентациям; так называемое переизмельчение исходной горной породы и соответствующее этому предразрушение не только поверхностных слоев зерен, но и их внутренних объемов. Объяснение механизма последнего заключается в активировании взрывными и ударными воздействиями процессов дефектообразования в граните на всех его структурных уровнях [8]. По мере изменения «кусковатости» (горнорудный термин) зерен минеральная структура гранита приобретает признаки блочности, насыщается микротрещинами, дислокациями, даже претерпевает вторичную минерализацию.

Существующие в материаловедении и технологии бетонов нормативные документы относят отсевы дробления к категории некондиционных продуктов, к чему вообще-то есть ряд оснований: прежде всего несоответствием зернового состава отсева существующим регламентациям; так называемое переизмельчение исходной горной породы и соответствующее этому предразрушение не только поверхностных слоев зерен, но и их внутренних объемов. Объяснение механизма последнего заключается в активировании взрывными и ударными воздействиями процессов дефектообразования в граните на всех его структурных уровнях [8]. По мере изменения «кусковатости» (горнорудный термин) зерен минеральная структура гранита приобретает признаки блочности, насыщается микротрещинами, дислокациями, даже претерпевает вторичную минерализацию.

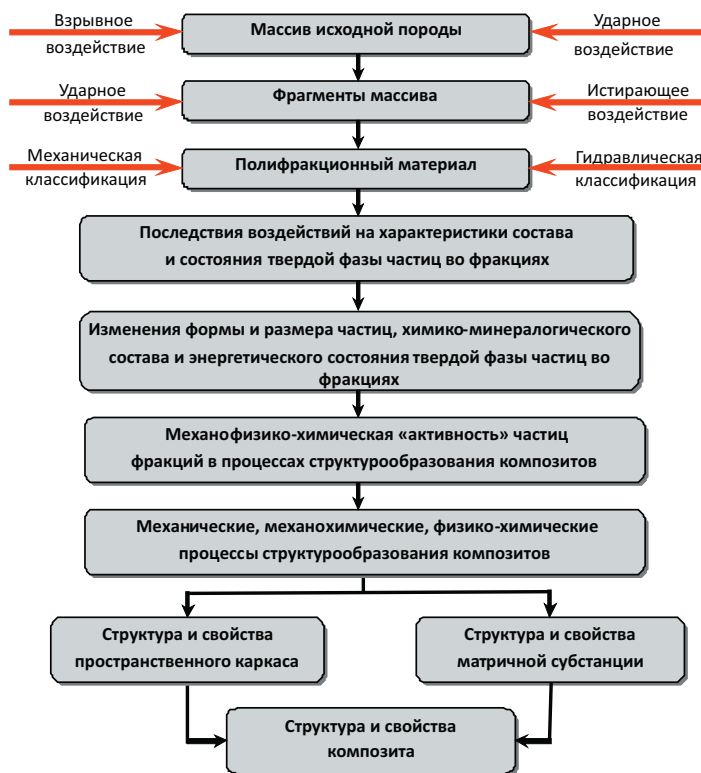


Рис. 2. Геометрические и субстанциональные превращения и изменения в горной породе при механическом ее измельчении

Таблица 1

Показатель	Ед. изм.	Значение показателя для разновидностей		
		Рядовой отсева	Обогащенный отсева	Твердая фаза пульпы
Плотность в зерне	г/см <sup>3</sup>	2,6	2,6	2,5
Насыпная плотность	кг/м <sup>3</sup>	1560	1420	1240
Пустотность	%	40	45	50
Модуль крупности	отн.	3,24	3,46	–
Удельная площадь поверхности	см <sup>2</sup> /г	200–250 (расчетом)	150–200 (расчетом)	1350–1400 (по ПСХ)

Фактически гранит в отсеве по субстанциональным его характеристикам становится модифицированным материалом из частиц, претерпевших принципиально значимые триботехнологические и механохимические изменения и превращения по сравнению с целевым продуктом переработки гранита, т. е. — с относительно более крупными частицами щебня.

Именно в этой связи обоснованно подчеркнуть, что отсева как один из продуктов производства заполнителя можно рассматривать в качестве самостоятельного сырьевого компонента, наделенного не только механической, но и механохимической, и, возможно, физико-химической активностью, реализуемой в процессах структурообразования бетона (рис. 2). Из-за присутствия в отсевах определенной доли микро- и наночастиц такая активность может затронуть и микронаночастицы структурообразования. Все указанное, как следствие, и будет предопределять механофизико-химическую роль разных фракций частиц отсева как в формировании структуры пространственного каркаса композита, так и в формировании структуры его матричной субстанции.

Таким образом, структурообразующая роль частиц отсева в технологии бетонов значительно основательнее, шире той, которую выполняют традиционные фракции гранитного щебня 5–10, 10–20, 20–40 мм и т. п.

Ясно, что более многоплановая структурообразующая роль частиц отсева связана с их идентификационными характеристиками, от которых зависит специфическое развитие процессов формирования структуры твердой фазы и порового пространства бетона.

**Идентификационные характеристики отсева дробления гранита.** Идентификационные характеристики отсева дробления гранита рассмотрены на примере продукции предприятия ОАО «Павловск-Неруд», которое производит гранитный щебень всех основных фракций и песок в виде рядового отсева дробления. С помощью гидроклассификации части рядового отсева на предприятии производится также обогащенный (освобожденный от пылевидных частиц) отсева в результате чего образуется пульпа гидроклассификации рядового отсева; пульпа в своем составе содержит в том числе самые тонкие (коллоидного и наноразмерного диапазона) фракции пылевидных частиц (рис. 1). Выход рядового отсева составляет, как правило, до 20% от горной массы, поступившей на линию изготовления щебня. Рядовой (назовем его исходный) отсева гранита включает частицы преимущественно размером менее 5 мм, вплоть до пылевидных. При этом в составе отсева может в значительном (до 25% от общей массы отсева) количестве присутствовать и фракция 5–10 мм.

Получение обогащенного отсева и пульпы гидроклассификации имеет сезонный характер.

С учетом генезиса отсева дробления гранита (рис. 2) в качестве объектов исследований принимались индивидуальные фракционные варианты: 1) рядовой отсева со всем диапазоном размера частиц менее 10 мм; 2) обогащенный отсева с размером частиц в диапазоне свыше 0,14 до 10 мм; 3) специально выделенные из рядового отсева индивидуальные фракционные разности свыше 5 до 10, свыше 2,5 до 5, свыше 1,25 до 2,5, свыше 0,63 до 1,25, свыше 0,315 до 0,63, свыше 0,14 до 0,315, менее 0,14 мм; 4) специально полученная (выделенная сушкой из пульпы гидроудаления) пылевидная часть отсева с размером частиц менее 0,14 мм.

В составе идентификационных характеристик отсева дробления гранита рассматривались те из них, которые заведомо оказывают прямое или опосредованное влияние на формирование структуры композита, т. е. на структуру его пространственного каркаса и структуру матрицы.

Получены оценки (табл. 1) плотности в зерне, насыпной плотности, пустотности, гранулометрического состава, модуля крупности, удельной площади поверхности для рядового отсева (что тоже — песок из отсева дробления по ГОСТ 31424–2010 «Материалы строительные нерудные из отсева дробления плотных горных пород при производстве щебня»), для обогащенного отсева (песок из отсева дробления обогащенный) и для микро-, наноразмерных частиц твердой фазы пульпы.

Для определения идентификационных характеристик в исследованиях названных выше фракционных вариантов и разностей применены методы пикнометрии, воздухопроницаемости, ситового анализа (стандарт сит для песка), седиментационного анализа (седиментометр Фигуровского), лазерной спектроскопии (лазерный дифрактометр NanoTec, модульный спектрометр рассеяния света Photocor Complex), рентгенофазового анализа (рентгеновский дифрактометр ДРОН-4), электронной микроскопии (электронный сканирующий микроскоп JEOL JSM-6380 LV).

Экспериментальные данные свидетельствуют о существенном различии критериальных характеристик разновидностей отсева.

Так, пылевидная часть отсева, представляющая микро- и наноразмерными частицами (размер частиц менее 0,315 мм), имеет относительно меньшую плотность в зерне (плотности субстанции частиц), и это коррелирует с наблюдаемым (рис. 3) изменением минералогического состава частиц твердой фазы по содержанию в ней кварца, биотита и полевых шпатов, фиксируемым при переходе от макро- к микро- и наноразмеру. На основании этих данных прогнозируется влияние установ-

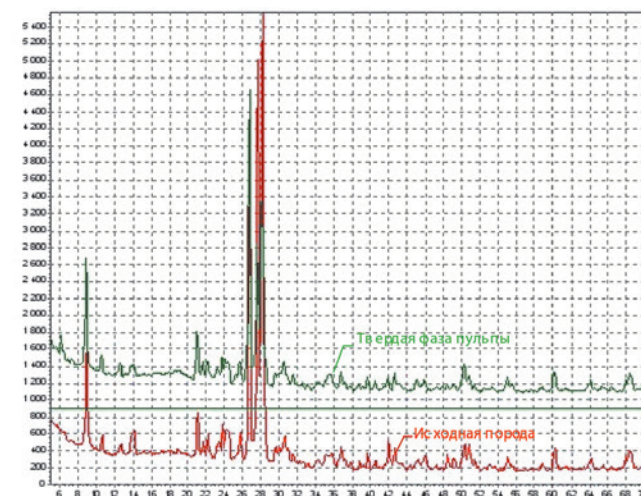
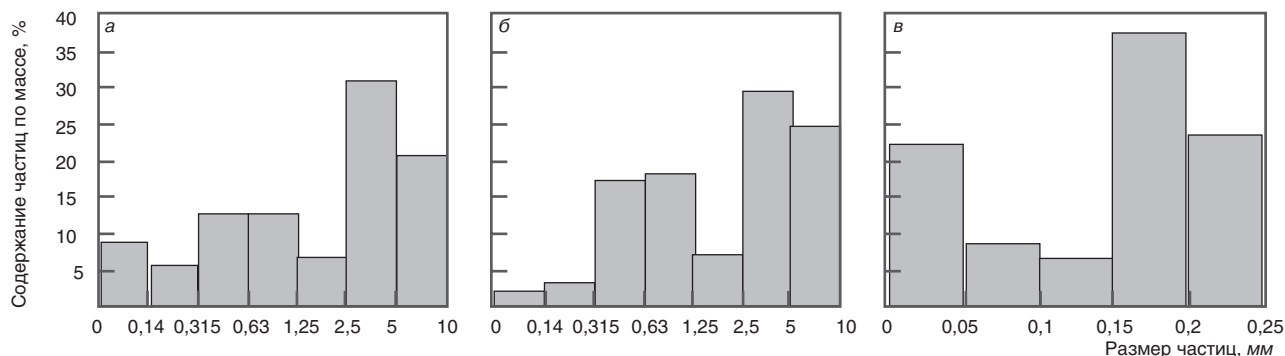


Рис. 3. Рентгеновская дифрактограмма исходной породы гранита и твердой фазы пульпы



**Рис. 4.** Фракционный состав – распределение по размерам частиц рядового отсева (а), обогащенного отсева (б) и твердой фазы пыли (в). **Примечание:** фракционный состав а и б – по рассеиву на ситах; в – по результатам седиментационного анализа на весах Фигуровского

ленного факта на состав и свойства цементного камня как состоящего из продуктов гидратации клинкерных минералов и микронаноразмерных частиц пылевидной составляющей отсева. Следует считать, что критерий субстанциональности в однородно/неоднородной композитной структуре бетона может меняться в зависимости от вариантов применения видов отсева и его дозировки в составе бетонной смеси.

По результатам идентификации отмечаются также отличия в характеристиках насыпной плотности, пустотности, удельной площади поверхности частиц (табл. 1). У рассмотренных вариантов отсева существенно различается удельная площадь поверхности системы сложения частиц – в диапазоне от 150–200 см<sup>2</sup>/г у обогащенного отсева до 1350–1400 см<sup>2</sup>/г у пылевидной фракции отсева; для рядового отсева она соответствует величине 200–250 см<sup>2</sup>/г из-за присутствия в нем пылевидной части.

Для частиц обогащенного отсева анализируемые показатели насыпной плотности и пустотности соответствуют величинам 1420 кг/м<sup>3</sup> и 45%. Из частиц пылевидной фракции, выделенной из отсева, как установлено, формируется менее плотноупакованная система сложения: значения насыпной плотности и пустотности равны 1240 кг/м<sup>3</sup> и 50%. В порядке объяснения причин этого факта уместно будет обратить внимание на возможное усиление проявления действия электростатических сил межчастичного отталкивания по мере перехода к наименьшему размеру частиц.

Наибольшая плотность упаковки зафиксирована у рядового отсева: насыпная плотность – 1560 кг/м<sup>3</sup>, пустотность – 40%. Для рядового отсева характерна в определенной мере непрерывная гранулометрия с относительно малой ее бимодальностью. У обогащенного отсева просматривается более выраженная бимодальность и прерывистость гранулометрии (рис. 4). Возрастание пустотности системы сложения зернистых частиц, оставшихся после обогащения отсева, понятно и объяснимо, поскольку взамен пылевидных фракций в системе сложения появляются межзерновые пустоты.

В зерновом составе рядового и обогащенного отсева (рис. 4) содержится до 20–25 массовых процентов фракции с размером частиц более 5 мм, которые можно отнести к разновидности мелкого щебня. На долю же фракций с размером частиц менее 5 мм может приходиться до 75–80% массы отсева.

Таким образом, и рядовой, и обогащенный отсев условно можно квалифицировать как смесь мелкого щебня и песчаной фракции. Целесообразно иметь в виду три компонента отсева: щебень с размером частиц свыше 5 мм, песчаную фракцию с размером частиц от 5 до 0,315 мм, тонкодисперсную составляющую с частицами мельче 0,315 мм. Первые два компонента отнесем к макро-, мезомасштабным, а третий – к микро-, наномасштабным составляющим при формировании структуры бетона.

Представляют интерес результаты экспериментов по оценке характеристик стандартных фракций рядового

отсева – их насыпной плотности, межзерновой пустотности, величины среднего диаметра и удельной площади поверхности частиц (табл. 2).

Средний диаметр частиц каждой отдельной фракции определен по формуле Ахвердова (Ахвердов И.Н. Основы физики бетона. М.: Стройиздат, 1981):

$$d_{cp} = \frac{2d_1d_2}{d_1 + d_2}, \quad (1)$$

а также по формуле С. Weymouth (Weymouth C. A study of fine aggregate in a freshly mixed mortar and concretes. ASTM. 38, 1932. № 2):

$$d_{cp} = \sqrt[3]{\frac{2d_1^2d_2^2}{d_1 + d_2}}, \quad (2)$$

где  $d_1$  и  $d_2$  – максимальный и минимальный размеры фракции, мм.

Удельная площадь поверхности частиц каждой отдельной взятой фракции  $F_{y\partial}$ , м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>, вычислена по формуле:

$$F_{y\partial} = 6V_{mf} / 0,001d_{cp}, \quad (3)$$

где  $V_{mf} = 1 - P_{M3}$  – доля твердой фазы частиц данной фракции в единице ее насыпного объема, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;  $P_{M3}$  – пустотность для данной фракции, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

К данным табл. 2 целесообразно добавить следующие пояснения.

В целом в монотонном характере изменения показателей у выделенных исследованных фракций обращают на себя внимание две границы, которые отвечают скачку величин насыпной плотности и межзерновой пустотности систем сложения зернистых частиц. Первая граница проявляется при размере 0,63 мм, вторая – при размере 0,14 мм. На первой границе межзерновая пустотность снижается, а насыпная плотность соответственно повышается. На второй границе наблюдается обратная картина: межзерновая пустотность повышается, а насыпная плотность соответственно снижается.

Примечательно, что после первой границы 0,63 мм по мере уменьшения размера частиц визуально фиксируется изменение их формы и относительное увеличение содержания лещадных и игловидных частиц. При этом в экспериментах отмечается снижение сыпучести, что можно объяснить возрастанием в этих системах величины внутреннего трения, вызванного фактором возрастания удельной площади поверхности и морфологическим фактором. Наличие второй границы 0,14 мм, скорее всего, соотносится (и это уже отмечалось для пылевидной части отсева) с усилением действия электростатических сил межчастичного отталкивания, когда уменьшается размер частиц и имеет место переход их совокупности в категорию микронаномасштабных систем.

Из данных относительно границ изменения идентификационных характеристик фракций отсева следует

Таблица 2

Показатель	Значение показателя для фракции, мм						
	5–10	2,5–5	1,25–2,5	0,63–1,25	0,315–0,63	0,14–0,315	Менее 0,14
Средний размер $d_{ср}$ , мм*	$\frac{6,67}{6,80}$	$\frac{3,34}{3,42}$	$\frac{1,67}{1,72}$	$\frac{0,84}{0,87}$	$\frac{0,42}{0,44}$	$\frac{0,19}{0,21}$	0,03**
Площадь поверхности частиц $F_{уд}$ , $\frac{м^2/м^3}{м^2/кг}$	$\frac{488}{0,35}$	$\frac{1002}{0,69}$	$\frac{1947}{1,38}$	$\frac{3871}{2,75}$	$\frac{8028}{5,50}$	$\frac{17968}{12,14}$	$\frac{104600}{76,91}$
Насыпная плотность $\rho_n$ , кг/м <sup>3</sup>	1410	1450	1410	1410	1460	1480	1360
Межзерновая пустотность $P_{мз}$ , %	45,8	44,2	45,8	45,8	43,8	43,1	47,7

**Примечания:** \* Расчетом: над чертой по формуле (1), под чертой по формуле (2). \*\*Определено экспериментом по методу лазерной спектрометрии.

вывод, что в системе сложения частиц разных фракций формируется характерный для них баланс сил взаимодействия, отличающийся по составу сил и их величине (имеются в виду силы сухого трения, механического зацепления, физического и электростатического межчастичного взаимодействия и др.). Примечательно, что внешне такое изменение баланса сил подтверждается наблюдаемым изменением сыпучести, а также специфическими звуковыми эффектами при взаимном сдвиге слоя частиц. Так, начиная с фракции 0,315–0,63 мм слышится характерный хрустящий (скрипящий) звук.

Таким образом, результаты исследований идентификационных характеристик отсевов дробления гранита подтверждают прохождение существенных геометрических и субстанциональных превращений и изменений состояния продукта измельчения горной породы. И это, несомненно, будет проявляться в процессах формирования каркасной составляющей (из зерен макро- и мезофракций) и матричной составляющей (из зерен микро- и наночастиц отсева и продуктов гидратации цемента) структуры композита.

#### Список литературы

- Чернышов Е.М., Дьяченко Е.И., Makeev A.I. Неоднородность структуры и сопротивление разрушению конгломератных строительных композитов: Вопросы материаловедческого обобщения и развития теории. Воронеж: Воронежский ГАСУ, 2012. 98 с.
- Баженов Ю.М., Чернышов Е.М., Коротких Д.Н. Конструирование структур современных бетонов: определяющие принципы и технологические платформы // *Строительные материалы*. 2014. № 3. С. 6–14.
- Калашников В.И. Промышленность нерудных строительных материалов и будущее бетонов // *Строительные материалы*. 2008. № 3. С. 20–22.
- Белов В.В., Образцов И.В., Куляев П.В. Методология проектирования оптимальных структур цементных бетонов // *Строительные материалы*. 2013. № 3. С. 17–21.
- Эффективные высокопрочные и обычные бетоны / Под общ. ред. В.И. Калашникова. Пенза: Приволжский дом знаний. 2015. 148 с.
- Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кардумян Г.С. Новые модифицированные бетоны. М.: Парадиз, 2010. 258 с.
- Чернышов Е.М., Артамонова О.В., Славчева Г.С. Наномодифицирование систем твердения в структуре строительных композитов. Воронеж: Научная книга, 2016. 132 с.
- Виноградов Ю.И., Хохлов С.В. К вопросу об образовании «отсева» при добыче гранитного щебня // *Взрывное дело*. 2015. № 113/70. С. 118–125.
- Makeev A.I. Глубокая переработка отсевов дробления гранитного щебня для их комплексного использования в производстве строительных материалов // *Научный журнал строительства и архитектуры*. 2010. № 1. С. 92–99.
- Makeev A.I. Научно-техническое обоснование технологии глубокой переработки отсевов дробления гранитного щебня // *Научный журнал строительства и архитектуры*. 2011. № 3. С. 56–67.

#### References

- Chernyshov E.M., Djachenko E.I., Makeev A.I. Neodnorodnost' struktury i soprotivlenie razrusheniyu konglomeratnykh stroitel'nykh kompozitov: voprosy materialovedcheskogo obobshcheniya i razvitiya teorii [Heterogeneity of the structure and resistance to the destruction of conglomerate building composites: the questions of material science generalization and development of the theory]. Voronezh: Voronezh State Technical University. 2012. 98 p.
- Bazhenov Yu.M., Chernyshov Ye.M., Korotkikh D.N. Designing the structures of modern concrete: defining principles and technological platforms. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 3, pp. 6–14. (In Russian).
- Kalashnikov V.I. Industry of non-metallic building materials and the future of concrete. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2008. No. 3, pp. 20–22. (In Russian).
- Belov V.V., Obratsov I.V., Kulyayev P.V. Methodology for de-signing optimal structures for cement concretes. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 3, pp. 17–21. (In Russian).
- Effektivnye vysokoprochnnye i obychnye betony. Pod obshch. red. V.I. Kalashnikova [Effective high-strength and ordinary concrete. Under the general editorship of V.I. Kalashnikov. Penza: Privolzhsky House of Knowledge]. Penza: Privolzhskiy Dom znaniy. 2015. 148 p.
- Kapriyelov S.S., Sheynfel'd A.V., Kardumyan G.S. Novyye modifitsirovannyye betony [New modified concrete]. Moscow: Paradiz. 2010. 258 p.
- Chernyshov E.M., Artamonova O.V., Slavcheva G.S. Nanomodifitsirovanie sistem tverdeniya v strukture stroitelnykh kompozitov [Nanomodification of curing systems in the structure of building composites]. Voronezh: Nauchnaya kniga. 2016. 132 p.
- Vinogradov Ju.I., Hohlov S.V. On the question of the formation of "drop-out" during production of crushed granite. *Vzryvnoye delo*. 2015. No. 113/70, pp. 118–125.
- Makeev A.I. Deep processing of crushing screenings of crushed granite for their integrated use in the production of building materials. *Nauchnyy zhurnal stroitel'stva i arkhitektury*. 2010. No. 1, pp. 92–99.
- Makeev A.I. Scientific and technical justification of the technology of deep processing of screenings of granite crushed stone crushing. *Nauchnyy zhurnal stroitel'stva i arkhitektury*. 2011. No. 3, pp. 56–67.

УДК 661.3

М.И. КОЖУХОВА<sup>1,2</sup>, канд. техн. наук (kozuhovamarina@yandex.ru);  
 К.Г. СОБОЛЕВ<sup>2</sup>, д-р философии (sobolev@uwmm.edu);  
 И.Л. ЧУЛКОВА<sup>3</sup>, д-р техн. наук, (chulkova\_il@sibadi.org);  
 В.В. СТРОКОВА<sup>1</sup>, д-р техн. наук (vvstrokova@gmail.com)

<sup>1</sup> Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46)

<sup>2</sup> Университет Висконсин-Милуоки (3200, Н. Крамер ул., Милуоки 53211, Висконсин, США)

<sup>3</sup> Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СИБАДИ) (644080, г. Омск, пр. Мира 5)

## Изучение характеристик стабильности силоксановых гидрофобизирующих водных эмульсий\*

При создании гидрофобизирующих эмульсий для поверхностной модификации бетона одним из параметров достижения их высокой адгезии к поверхности является стабильность эмульсионной структуры, при этом основная сложность возникает на стадии подбора наиболее оптимальных композиций составляющих компонентов. В работе, по результатам теоретического расчета гидрофильно-липофильного баланса (ГЛБ), произведена оценка стабильности водных эмульсий, содержащих поливиниловый спирт (ПВС) в качестве эмульгатора и кремнийорганический гидрофобный компонент. Согласно расчетам, произведенным методом Дэвиса, изучаемые материалы соответствуют требованиям для приготовления эмульсии с высокой стабильностью. При помощи метода Гриффина было установлено, что использование ПВС с минимальным молекулярным весом (до 15000) позволяет достичь максимальной стабильности приготовленной эмульсии типа «масло в воде». Выявлена тенденция снижения числа ГЛБ для ПВС эмульгатора с ростом его молекулярного веса, что обуславливает снижение стабильности и, соответственно, срок жизни конечной эмульсии. На основании анализа рассчитанных диапазонов  $\xi$ -потенциала для эмульсий, приготовленных разными способами, было установлено, что эмульсия со значениями  $\xi$ -потенциала в диапазоне  $< -35$  мВ и  $> 50$  мВ является наиболее стабильной.

**Ключевые слова:** водная эмульсия, гидрофобность, адгезия, стабильность эмульсии, гидрофильно-липофильный баланс (ГЛБ),  $\xi$ -потенциал, бетон.

**Для цитирования:** Кожухова М.И., Соболев К.Г., Чулкова И.Л., Строкова В.В. Изучение характеристик стабильности силоксановых гидрофобизирующих водных эмульсий // *Строительные материалы*. 2018. № 4. С. 61–64.

M.I. KOZHUKHOVA<sup>1,2</sup>, Candidate of Sciences (Engineering) (kozuhovamarina@yandex.ru); K.G. SOBOLEV<sup>1,2</sup>, PhD (sobolev@uwmm.edu);  
 I.L. CHULKOVA<sup>3</sup>, Doctor of Sciences (Engineering) (chulkova\_il@sibadi.org); V.V. STROKOVA<sup>1</sup>, Doctor of Sciences (Engineering) (vvstrokova@gmail.com)

<sup>1</sup> Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (46, Kostyukova Street, Belgorod, 308012, Russian Federation)

<sup>2</sup> University of Wisconsin-Milwaukee (3200, N. Kramer St., Milwaukee 53211, Wisconsin, USA)

<sup>3</sup> The Siberian Automobile and Highway University (5, Mira Avenue, Omsk, 644080, Russian Federation)

### Study on Stability of Water-Based Siloxane Hydrophobic Emulsions\*

Stability of emulsion structure has to be considered and well controlled during synthesis of hydrophobic water-based emulsions. Due to its critical impact on covering ability and adhesion of hydrophobic coating to the top layer of concrete surfaces. Therein, emulsion composition design, as well as proportion of selected raw materials, are the parameters responsible for the achievement of high emulsion stability. Theoretical computations of hydrophilic-lipophilic balance (HLB) were completed in this research to evaluate the stability of water-based emulsion with incorporated emulsifying polyvinyl alcohol (PVA) and silicone hydrophobic agents (SHA). Using Davies' method, which considers calculating a value based on the chemical groups of the molecule, PVA and SHA meet all requirements to produce highly stable emulsions. Griffin's method is based on calculating values for different regions of the molecule and demonstrates that the highest stability of "oil in water" emulsion can be achieved using low molecular weight PVA (up to 15000). As the molecular weight of PVA increases, the HLB drops, which results in reduction of emulsion stability and lifetime.  $\xi$ -potential ranges were calculated for the investigated emulsions, prepared using different approaches. The results showed that the emulsions with  $\xi$ -potential range of  $< -35$  mV and  $> 50$  mV have the highest stability of emulsion structure.

**Keywords:** water-based emulsion, hydrophobicity, adhesion, emulsion stability, hydrophilic-lipophilic balance (HLB), zeta potential, concrete.

**For citation:** Kozhukhova M.I., Sobolev K.G., Chulkova I.L., Stroкова V.V. Study on stability of water-based siloxane hydrophobic emulsions. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2018. No. 4, pp. 61–64. (In Russian).

Ориентируясь на стратегию инновационного развития строительной отрасли РФ, актуальным является разработка прогрессивных технологий производства цементобетона полифункционального назначения с повышенной долговечностью. При создании строительных композитов нового поколения с заданными функциональными свойствами необходим алгоритм, основанный на комплексном подходе управления процессом структурообразования на всех уровнях организации строительного композита, что сказывается на сроке службы материалов и изделий в условиях их эксплуатации [1–3]. Показатели долговечности цементобетонных, такие как стойкость при циклическом замораживании-

оттаивании, водной эрозии, а также сопротивление сульфатной, биологической, щелочной коррозии в основном зависят от абсорбционной способности и степени проницаемости жидких растворов в объем бетонной матрицы. Данному направлению соответствует разработка бетона с повышенными гидрофобными свойствами, представляющего значительный экономический, социальный и практический интерес РФ.

При реализации структурных изменений сложных многокомпонентных систем с учетом достижения необходимых физико-механических свойств важно учитывать свойства и закономерности, присущие основному базовому и связующему материалу [2]. При создании

\* Работа выполнена в рамках реализации Программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.

\* The work was carried out within the framework of the implementation of the Program for the Development of a Supporting University on the basis of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.



Физико-механические характеристики минеральных дисперсных компонентов

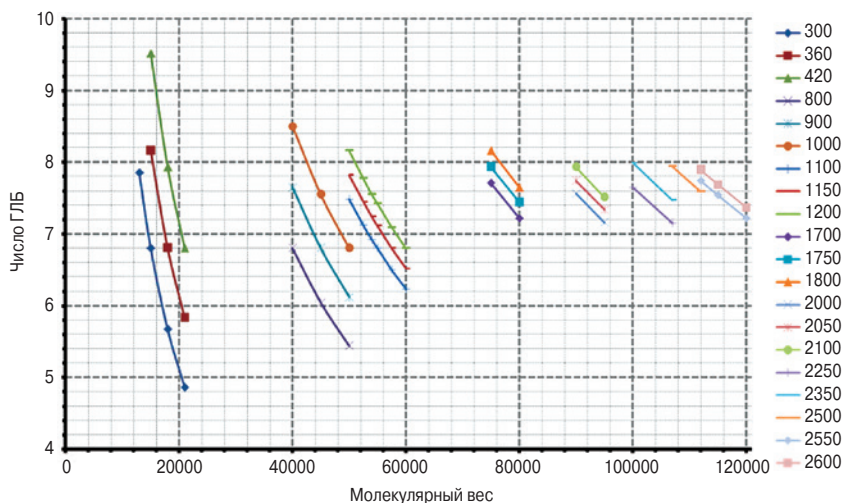
Показатель	Размер частиц согласно гранулометрическому анализу, мкм	Удельная поверхность (по методу БЭТ), м <sup>2</sup> /кг	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup>
Метакаолин	0,5–20	1190	325	2430
Микрокремнезем	0,1–0,15	2050	174	2300

Таблица 1

Таблица 2

Расчетные значения ГЛБ для исследуемых компонентов методом Дэвиса

Вид реагента	Структурная формула	Расчетное число ГЛБ
Полиметилгидросилоксан	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{---}(\text{O} - \text{Si} - \text{)---} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	9,25
Поливиниловый спирт	$\text{CH}_3 - \text{C} \begin{array}{l} \text{=} \text{O} \\ \diagdown \\ \text{H} \end{array}$	8,78



Числа ГЛБ, рассчитанные методом Гриффина, для ПВС с различным молекулярного веса и степенью полимеризации: 300–2600 – значения степени полимеризации ПВС [16]

бетона с повышенными гидрофобными свойствами необходимы эффективные методы, которые изменяют рельефно-морфологические особенности его поверхности на различных размерных уровнях. В тоже время, в исследованиях отечественных и зарубежных ученых отмечается эффективность использования высокодисперсных минеральных добавок, содержащих в гранулометрическом составе широкий диапазон нано-, субмикро- и микро-размерных частиц [4, 5]. Полидисперсность минеральных компонентов, преимущественно в нано- и субмикронном диапазоне, является фактором физико-химической активности частиц в структурообразующих процессах формирования многоуровневой поверхностной морфологии композита [6].

Ранее была доказана возможность получения гидрофобных бетонов с использованием поверхностной гидрофобизации [7], в том числе, с применением кремнийорганических гидрофобизирующих составов, содержащих полидисперсные минеральные частицы [8], и установлена закономерность дискретного распределе-

ния микро- и наноразмерных элементов на цементно-песчаной поверхности бетона [9, 10].

Однако немаловажной задачей при поверхностной гидрофобизации является достижение высокой укрывистости, и тем самым, требуемой адгезии в зоне контакта бетон – гидрофобное покрытие. Одним из параметров достижения вышеупомянутых параметров является стабильность структуры гидрофобной эмульсии. При работе с ПАВами возникают затруднения на стадии подбора рациональных композиций, поскольку ввиду специфики отдельного целевого назначения, требуемого применения разновидностей и модификаций ПАВ, даже в одной категории существует их широкое разнообразие. При разработке водных эмульсий, в первую очередь, оценивается корреляция поведения ПАВ и его растворимость в воде. Это особенно важно в случае применения одного или нескольких компонентов в процессе приготовления эмульсий типа масло в воде. Именно такие типы эмульсий широко используются при гидрофобной модификации цементобетонных и иных минеральных материалов строительного назначения [11].

При получении гидрофобной эмульсии в рамках работы использовались следующие сырьевые материалы: поливиниловый спирт ПВС применялся в качестве эмульгатора; полиметилгидросилоксан ПМГС (ГКЖ–94М) применялся как активный гидрофобизирующий компонент; в качестве субмикро- и микро-размерных наполнителей использовали метакаолин производства Burgess Optipozz (США) и микрокремнезем производства Elkem (США).

Были исследованы физико-механические характеристики метакаолина и микрокремнезема. Согласно полученным данным, у метакаолина основная масса частиц с высокой удельной поверхностью находится в пределах 0,5–20 мкм,

$$\text{ГЛБ} = 20 (\text{Mh}/\text{M}), \quad (1)$$

где Mh – молекулярная масса гидрофильной части молекулы; M – показатель, характеризующий молекулярную массу целой молекулы.

Метод групповых чисел Дэвиса, является наиболее целесообразным для оценки числа ГЛБ. Данный метод

\* Групповые числа для всех существующих гидрофильных и липофильных молекулярных групп экспериментально рассчитаны Дэвисом в работе [13] и являются справочными данными для расчетов ГЛБ.

Таблица 3

Показатели  $\xi$ -потенциала исследуемых эмульсий [16]

Способ приготовления эмульсии	Минеральный наполнитель	
	Метакаолин	Микрокремнезем
Способ 1	-28,93	-36,17
	45,02	40,53
	-54,12	-54,03
	-38,61	-38,68
	23,16	26,13
Способ 2	-48,76	-52,89
	56,07	-60,11
	52,16	55,27
	-38,46	-63,27
Способ 3	-32,55	-23,15
	-17,08	-10,15
	-13,56	-15,06
	-21,01	-7,36
	16,35	23,48
	5,03	-14,64

основан на расчете химических групп молекулы. Его преимущество состоит в том, что при расчете числа ГЛБ принимается во внимание влияние более сильных и более слабых гидрофильных групп. Расчет ГЛБ производился по формуле (2):

$$\text{ГЛБ} = 7 + m \cdot \text{Нн} - n \cdot \text{Нл}, \quad (2)$$

где  $m$  – число гидрофильных групп в молекуле; Нн, Нл – числа\* гидрофильной и липофильной групп молекулы;  $n$  – число липофильных групп в молекуле.

Расчет чисел ГЛБ был проведен для гидрофобизирующего компонента – полиметилгидросилоксан (ГКЖ–94М), а также для эмульгирующего компонента ПВС с разным значением молекулярного веса.

Числовые значения ГЛБ для исследуемых компонентов – ПВС и полиметилгидросилоксана, рассчитанные методом Дэвиса и Гриффина, приведены в табл. 2 и на рисунке соответственно.

Для исследуемых ПВС выявлена тенденция снижения числа ГЛБ с ростом молекулярного веса. Снижение числа ГЛБ заключается в том, что при повышении количества гидрофильных групп эффективность ПВС, как эмульгатора в эмульсии типа масло в воде, возрастает (см. рисунок) соответственно стабильность, а также, срок жизни конечной водной эмульсии повышается.

Исходя из полученных расчетных значений ГЛБ выявлено, что наиболее эффективными эмульгаторами могут являться ПВС с молекулярным весом в диапазоне 15000–60000. Согласно расчетам ГЛБ методом Дэвиса выявлено, что значения ГЛБ для выбранных материалов (эмульгатора и гидрофобизирующего компонента) соответствуют значениям, требуемым для приготовления стабильной эмульсии типа масло в воде.

В рамках данной работы для оценки стабильности гидрофобных эмульсий применялся метод определения значений  $\xi$ -потенциала. Измерения проводили с помощью лазерного анализатора Brookhaven Instruments Nanosizer&Zeta PALS2. Показатели  $\xi$ -потенциала определяли для водных гидрофобных эмульсий приготовленных тремя разными способами, описанными в ранних работах [14, 16]. Первый способ заключается в приготовлении гидрофобной эмульсии, не содержащей минерального компонента в системе. Второй способ предполагает введение минерального тонкодисперсного компонента (микрокремнезем или метакаолин) в систему таким образом, чтобы микрочастицы обволакивались в сферические глобулы силоксанового компонента, образовавшиеся в результате эмульсификации. В этом случае обеспечивается распределение частиц эмульгатора в узком размерном диапазоне, а также наиболее равномерное распределение гидрофобного силоксанового компонента в эмульсионной системе. Применение третьего способа основано на эмульсификации системы таким образом, чтобы частицы минерального компонента располагались внутри сферических образований гидрофобизатора.

На основании литературных данных [15], общий разделительный диапазон, при котором можно достичь высокую стабильность эмульсий типа масло в воде находится в пределах  $-30$  и  $+30$  мВ, где значения системы вне приведенного диапазона указывают на то, что эмульсия является стабильной.  $\xi$ -потенциал эмульсий, приготовленных первым способом показывает приблизительно одинаковую среднюю величину ( $<-33$  мВ и

$>34$  мВ) и объясняет, что такая эмульсия стабильна. Значения  $\xi$ -потенциала эмульсий, полученных вторым способом показали диапазон  $<-35$  мВ и  $>50$  мВ, что говорит о лучшей стабильности в сравнении с эмульсиями, полученными первым и третьим способами. Согласно значениям  $\xi$ -потенциала, эмульсии, приготовленные последним способом вне диапазона стабильности  $<-10$  мВ и  $>15$  мВ (табл. 3), что указывает на непригодность третьего способа для приготовления рассматриваемых водных гидрофобных эмульсий.

Таким образом, стабильность эмульсии является показателем достаточно хорошо сформированной эмульсионной структуры, что позволяет обеспечить ее необходимую укрупненность и адгезию как гидрофобного покрытия на поверхности бетона.

На основании данных теоретического расчета ГЛБ методом Гриффина установлено, что стабильность исследуемых водных гидрофобных эмульсий растет с понижением молекулярного веса поливинилового спирта (ПВС).

Выявлена тенденция снижения числа ГЛБ с ростом молекулярного веса ПВС, заключающаяся в том, что при повышении количества гидрофильных групп эффективность ПВС-эмульгатора в эмульсии типа масло в воде снижается.

По результатам расчета групповых чисел методом Дэвиса выбранные материалы: ПВС-эмульгатор и силоксановый компонент, соответствуют требованиям для приготовления стабильной эмульсии типа масло в воде.

Для обеспечения стабильности кремнийорганических гидрофобных эмульсий наиболее рациональным является способ приготовления, заключающийся в равномерном распределении тонкодисперсного минерального компонента в водном растворе эмульгатора с последующей эмульсификацией полученной суспензии и гидрофобизирующего компонента. Об этом свидетельствуют значения  $\xi$ -потенциала в рассматриваемой кремнийорганической гидрофобной композиции, находящиеся в оптимальных пределах ( $<-35$  мВ и  $>50$  мВ), что характеризует ее наиболее высокую стабильность, а соответственно, повышенный срок жизни в сравнении с двумя другими.

#### Список литературы

1. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении: монография. (2-е издание, дополненное). Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. 287 с.

#### References

1. Lesovik V.S. Geonika (geomimetika). Primery realizatsii v stroitel'nom materialovedenii: monografiya. (2-e izdanie, dopolnennoe) [Geonics (geomimetics). Implementation examples in construction material science.

2. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л., Толстой А.Д., Володченко А.А. Сродство структур как теоретическая основа проектирования композитов будущего // *Строительные материалы*. 2015. № 9. С. 18–22.
3. Свергузова С.В., Старостина И.В., Фомина Е.В., Порожняк Л.А., Денисова Л.В., Шайхiev И.Г. Получение декоративных штукатурных смесей на основе хвостов обогащения железистых кварцитов // *Вестник Казанского технологического университета*. 2016. Т. 19. № 23. С. 144–148.
4. Фомина Е.В., Кожухова Н.И., Пальшина Ю.В., Строкова В.В., Фомин А.Е. Влияние механоактивации на размерные параметры алюмосиликатных пород // *Строительные материалы*. 2014. № 10. С. 28–33.
5. Лебедев М.С., Фомина Е.В. Характеристики дисперсности алюмосиликатных минеральных наполнителей различного состава // *Технические науки – от теории к практике*. 2015. № 48–49. С. 126–140.
6. Войтович Е.В., Чулкова И.Л., Фомина Е.В., Череватова А.В. Повышение эффективности цементных вяжущих с активным минеральным нанодисперсным компонентом // *Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии*. 2015. № 5. С. 56–62.
7. Flores-Vivian I., Hejazi V., Kozhukhova M.I., Nosonovsky M., Sobolev K. Self-assembling particle-siloxane coatings for superhydrophobic concrete // *ACS Applied Materials & Interfaces*. 2014. Vol. 5. Iss. 24, pp. 13284–13294.
8. Кожухова М.И., Кнотко А.В., Соболев К.Г., Кожухова Н.И. Микроструктурные особенности формирования иерархической структуры на гидрофобизированной поверхности бетона // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2016. № 9. С. 6–3
9. Ramachandran R., Kozhukhova M.I., Sobolev K. and Nosonovsky M. Anti-icing superhydrophobic surfaces: controlling entropic molecular interactions to design novel icephobic concrete // *Entropy*. 2016. Vol. 18. Iss. 4, p. 132. doi:10.3390/e18040132.
10. Кожухова М.И., Чулкова И.Л., Хархардин А.Н., Соболев К. Оценка эффективности применения гидрофобных водных эмульсий с содержанием нано- и микроразмерных частиц для модификации мелкозернистого бетона // *Строительные материалы*. 2017. № 5. С. 92–97.
11. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. Изд-е 2-е перераб. и дополн. М.: Технопроект. 1998. 768 с.
12. William C. Griffin Calculation of HLB values of non-ionic surfactants. Atlas Powder Company. 1954.
13. Davies J.T. A quantitative kinetic theory of emulsion type I. Physical chemistry of emulsifying agents. *Gas/Liquid and Liquid/Liquid Interfaces. Proceedings of 2<sup>nd</sup> International Congress Surface Activity*. London. 1957, pp. 426–438.
14. Кожухова М.И., Флорес-Вивиян И., Рао С., Строкова В.В., Соболев К.Г. Комплексное силоксановое покрытие для супергидрофобизации бетонных поверхностей // *Строительные материалы*. 2014. № 3. С. 26–30.
15. Larsson M., Hill A. and Duffy H. Suspension stability: Why particle size, zeta potential and rheology are important // *Annual Transaction of the Nordic Rheology Society*. 2012. Vol. 20, pp. 209–214.
16. Кожухова М., Соболев К., Строкова В. Супергидрофобное антиобледенительное покрытие для бетона. Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. 2016. 145 с.
- Monography. (2<sup>nd</sup> Edition, updated)]. Belgorod: BSTU named after V.G. Shoukhov. 2016. 287 p.
2. Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.K., Chulkova I.L., Tolstoy A.D., Volodchenko A.A. Structural affinity as a theoretical basis to design neocomposites. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 9, pp. 18–22. (In Russian).
3. Sverguzova S.V., Starostina I.V., Fomina E.V., Porozhnyuk L.A., Denisova L.V., Shaikhiev I.G. Production of decorative plasters based on mine refuses from ferruginous quartzites. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2016. Vol. 19. No. 23, pp. 144–148. (In Russian).
4. Fomina E.V., Kozhukhova N.I., Palshina Yu.V., Strokov V.V., Fomin A.E. Effect of mechanical activation on dimensional parameters of aluminosilicate rocks. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 10, pp. 28–33. (In Russian).
5. Lebedev M.S., Fomina E.V. Dispersion characteristics of aluminosilicate mineral fillers with various composition. *Tekhnicheskije nauki – ot teorii k praktike*. 2015. No. 48–49, pp. 126–140. (In Russian).
6. Voitovich E.V., Chulkova I.L., Fomina E.V., Cherevatova A.V. Increase of efficiency cement binders with the active mineral nanodisperse component // *Vestnik Sibirskoy gosudarstvennoy avtomobil'no-dorozhnoy akademii*. 2015. No. 5, pp. 56–62. (In Russian).
7. Flores-Vivian I., Hejazi V., Kozhukhova M.I., Nosonovsky M., Sobolev K. Self-assembling particle-siloxane coatings for superhydrophobic concrete. *ACS Applied Materials & Interfaces*. 2014. Vol. 5. Iss. 24, pp. 13284–13294.
8. Kozhukhova M.I., Knotko A.V., Sobolev K.G., Kozhukhova N.I. Microstructural features of hierarchical structure formation on hydrophobic concrete surface. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*. 2016. No. 9, pp. 6–9. (In Russian).
9. Ramachandran R., Kozhukhova M.I., Sobolev K. and Nosonovsky M. Anti-icing superhydrophobic surfaces: controlling entropic molecular interactions to design novel icephobic concrete // *Entropy*. 2016. Vol. 18. Iss. 4, p. 132. doi:10.3390/e18040132.
10. Kozhukhova M.I., Chulkova I.L., Kharkhardin A.N., Sobolev K. Estimation of application efficiency of hydrophobic water-based emulsions containing nano- and micro-sized particles for modification of fine grained concrete. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 5, pp. 92–97. (In Russian).
11. Batrakov V.G. Modifitsirovannye betony. Teoriya i praktika. Izd-e 2-e pererab. i dopoln [Modified concrete. Theory and practice. The 2<sup>nd</sup> Edition revised and expanded]. Moscow: Tekhnoproekt. 1998. 768 p.
12. William C. Griffin Calculation of HLB values of non-ionic surfactants. Atlas Powder Company. 1954.
13. Davies J.T. A quantitative kinetic theory of emulsion type I. Physical chemistry of emulsifying agents. *Gas/Liquid and Liquid/Liquid Interfaces. Proceedings of 2<sup>nd</sup> International Congress Surface Activity*. London. 1957, pp. 426–438.
14. Kozhukhova M.I., Flores-Vivian I., Rao S., Strokov V.V., Sobolev K.G. Complex siloxane coating for superhydrophobicity of concrete surfaces. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 3, pp. 26–30. (In Russian).
15. Larsson M., Hill A. and Duffy H. Suspension stability: Why particle size, zeta potential and rheology are important. *Annual Transaction of the Nordic Rheology Society*. 2012. Vol. 20, pp. 209–214.
16. Kozhukhova M., Sobolev K., Strokov V. Supergidrophobnoe antiobledenitel'noe pokryitie dlya betona [Superhydrophobic and icephobic coating for concrete. Monography.]. Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, Germany. 2016. 145 p.

УДК 699.86

В.С. СЕМЁНОВ<sup>1</sup>, канд. техн. наук; К.А. ТЕР-ЗАКАРЯН<sup>2</sup>, управляющий директор;  
А.Д. ЖУКОВ<sup>1</sup>, канд. техн. наук (lj211@yandex.ru), Ю.В. САЗОНОВА<sup>1</sup>, бакалавр

<sup>1</sup> Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

<sup>2</sup> ООО «ТЕПОФол» (140170, Московская обл., г. Бронницы, ул. Московская, 88)

## Особенности реализации изоляционных систем в условиях Крайнего Севера

Изложены особенности реализации изоляционных систем в экстремальных климатических условиях, в том числе в условиях значительных отрицательных и знакопеременных температур при высоких скоростях ветра и др. Отмечается, что адаптация строительных систем к подобным условиям эксплуатации предъявляет и к теплоизоляционным материалам особые требования по стойкости к механическим и климатическим воздействиям, паропроницаемости, а также к стабильности свойств на весь период эксплуатации. Результаты исследований эксплуатационной стойкости несшитого пенополиэтилена, подтвердившие инертность материала к влажностным и температурным воздействиям в интервале от -60 до 80°C, позволили рекомендовать изделия на его основе (маты и рулоны) в качестве изоляции для объектов Заполярья. В частности, был реализован проект изоляции жилого модуля двухзвенного гусеничного транспортера. Проведенные в ходе арктической экспедиции 2017 г. в республике Саха (Якутия) испытания показали, что теплоизоляция на основе несшитого пенополиэтилена позволяет обеспечивать в течение двух месяцев жизнеспособность жилого модуля при температуре окружающего воздуха от -45°C при сильном ветре с порывами до 30 м/с.

**Ключевые слова:** вспененный полиэтилен, климатические испытания, системы изоляции, сварка полимеров, арктическая экспедиция.

**Для цитирования:** Семёнов В.С., Тер-Закарян К.А., Жуков А.Д., Сазонова Ю.В. Особенности реализации изоляционных систем в условиях Крайнего Севера // *Строительные материалы*. 2018. № 4. С. 65–69.

V.S. SEMENOV<sup>1</sup>, Candidate of Sciences (Engineering); K.A. TER-ZAKARYAN<sup>2</sup>, Managing Director;  
A.D. ZHUKOV<sup>1</sup>, Candidate of Sciences (Engineering), (lj211@yandex.ru), Yu.V. SAZONOVA<sup>1</sup>, Bachelor

<sup>1</sup> Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (26, Yaroslavskoye Highway, 129337, Moscow, Russian Federation)

<sup>2</sup> ООО "ТЕПОФОЛ" (88, Moskovskaya Street, Bronnitsy, Moscow Oblast, 140170, Russian Federation)

### Features of Realization of Insulation Systems under Conditions of the Far North

Features of the realization of insulation systems under the extreme climatic conditions, including the conditions of significant negative and freeze-thaw temperatures, high wind speeds etc. are outlined. It is noted that the adaptation of building systems to such conditions of operation imposes special requirements and to heat insulation materials concerning their resistance to mechanical and climatic impacts as well as to the stability of properties for the whole operation period. Results of the study of operational durability of non-cross-linked polyethylene foam, which confirmed the inertness of the material to humidity and temperature impacts within the interval from -60 up to 80°C, made it possible to recommend the products on its base (mats and rolls) as insulation for objects of the Arctic Circle. In particular, the project of insulation of the residential module of the two-link tracked transporter was realized. Tests conducted during the Arctic expedition in 2017 in the Republic of Saha (Yakutia) show that the heat insulation on the basis of non-cross-linked polyethylene foam makes it possible to provide the sustainability of the living module during two months at an ambient temperature of -45°C in strong winds with gusts up to 30 m/s.

**Keywords:** expanded polyethylene, climatic tests, insulation system, welding of polymers, Arctic expedition.

**For citation:** Semenov V.S., Ter-Zakaryan K.A., Zhukov A.D., Sazonova Yu.V. Features of realization of insulation systems under conditions of the Far North. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2018. No. 4, pp. 65–69. (In Russian).

Развитие Заполярья является одним из приоритетов современной экономической деятельности, в том числе и строительства. Реализация изоляционных систем для условий низкой температуры предполагает, во-первых, исследования, направленные на оценку пригодности теплоизоляционных материалов, хорошо зарекомендовавших себя при строительстве в традиционных условиях [1, 2]; во-вторых, разработку специальных проектных решений с учетом климатических условий этого региона [3, 4].

Главным отличием строительных систем, реализуемых в условиях Заполярья, является наличие наружной плотной оболочки — металлических листов, формирующих внешнюю обшивку объекта. Натурные испытания показали, что при использовании изделий из паропроницаемых материалов для теплоизоляции объектов с металлическим наружным кожухом в условиях температуры в интервале от -60 до -20°C невозможно получить изоляционную оболочку со стабильными свойствами [5, 6]. Прежде всего высокая влажность в помещении и отрицательная температура снаружи приводят к конденсации паров влаги в теплоизоляционном слое и на металле, увлажнению теплоизоляции и, как следствие,

к стеканию конденсата на пол жилого модуля. Также увлажнение теплоизоляции снижает ее тепловую эффективность и термическое сопротивление теплоизоляционной оболочки. Наличие швов и стыков плитных изделий обуславливает формирование дополнительных мостиков холода.

В случае, когда изоляционная оболочка подвергается вибрационным воздействиям от работы двигателя, движения автомобиля как по дорогам, так и по бездорожью, возникают дополнительные нагрузки на теплоизоляцию, что усугубляет вышеупомянутые риски и может привести к сползанию теплоизоляционного материала в изоляционной системе.

Таким образом, теплоизоляционный материал для систем изоляции объектов рассматриваемой категории должен соответствовать следующим требованиям: иметь низкую теплопроводность и паропроницаемость, высокую вибростойкость (в частных случаях) и способствовать формированию изоляционной оболочки с минимальным количеством швов. Этим критериям в наибольшей степени соответствует несшитый пенополиэтилен (НПЭ).

Несшитый пенополиэтилен является относительно новым теплоизоляционным материалом, пришедшим

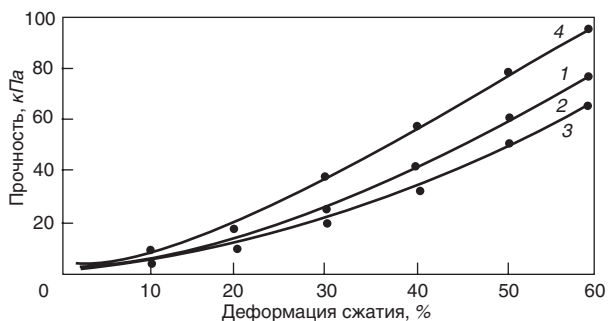


Рис. 1. Деформационные кривые образцов ППЭ: 1 – контрольные образцы; 2 – образцы, испытанные после климатического воздействия по режиму 1; 3 – образцы, испытанные после климатического воздействия по режиму 2; 4 – образцы в замороженном состоянии при -60°C

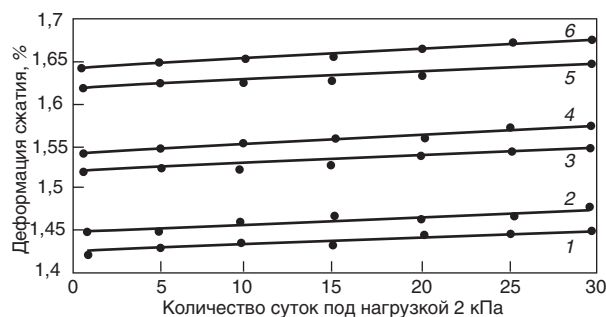


Рис. 2. Деформация сжатия под постоянной нагрузкой 2 кПа в зависимости от количества суток нагружения: 1, 2 – контрольные образцы; 3, 4 – образцы, испытанные после климатического воздействия по режиму 1; 5, 6 – образцы, испытанные после климатического воздействия по режиму 2; 1, 3, 5 – фольгированные образцы; 2, 4, 6 – образцы без фольги

на отечественный рынок 20 лет назад. НПЭ получают путем плавления полиэтилена, смешивания массы расплава с вспенивающим агентом (изобутаном), вспениванием расплава и его последующей экструзией. Плотность изделий (рулонов или матов) составляет 23–30 кг/м<sup>3</sup>; теплопроводность при 25±5°C – 0,039 Вт/(м·К); теплопроводность после 100 циклов замораживания-оттаивания – 0,042 Вт/(м·К); коэффициент паропроницаемости – 0,0001 мг/(м·ч·Па) [5, 6].

К достоинствам НПЭ относят низкую среднюю плотность и теплопроводность, высокую эластичность, достаточные прочностные характеристики, устойчивость к агрессивным средам и стойкость к вибрационным воздействиям. Пенополиэтилен и полиэтилен применяются в различных областях, в том числе и в медицине, что свидетельствует о его безвредности. Особенности материала являются горючесть и недостаточная стойкость к УФ-облучению (солнечной радиации), что необходимо учитывать при проектировании систем с применением этого материала.

Целью исследований стала оценка пригодности нешифтованного пенополиэтилена как теплоизоляционного материала, используемого в системах, работающих при низкой и знакопеременной температуре. Объектом исследования являлся НПЭ с металлизированным (фольгированным) покрытием и без фольгированного покрытия [7, 8]. Эксперимент осуществлялся по методике, разработанной на кафедре строительных материалов и материаловедения НИУ МГСУ. Образцы подвергались климатическим воздействиям по различным режимам, после чего определялись их физико-механические характеристики (ГОСТ 17177–94 «Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний»), в том числе их деформационные кривые, а далее исследовалась их ползучесть под нагрузкой (ГОСТ EN 1606–2011 «Изделия теплоизоляционные, применяемые в строительстве. Метод определения ползучести при сжатии»).

Климатические испытания осуществлялись по двум режимам: 1 – в температурном интервале от -20 до 40°C;



**Новые технологии**  
**Современная теплоизоляция**



**Утеплитель Тепофол®**    **толщиной до 150 мм**

**Надежный**  
безвредный с неограниченным сроком службы

**Уникальный**  
в рулонах с замковым соединением образует единое теплоизоляционное полотно

**Простой и Удобный**  
легко утеплять и контролировать работу

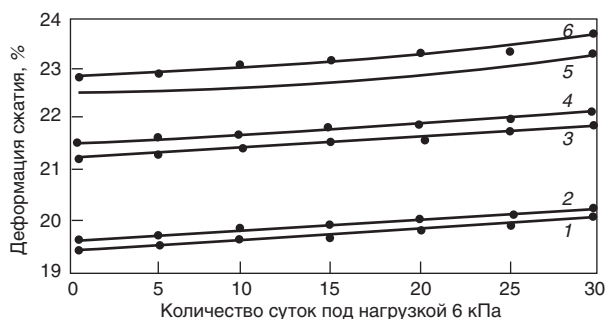
Производственная компания ТЕПОФОЛ

**8 (495) 517 3300**  
**8 800 700 3048**

105318 Москва, ул. Щербаковская, д. 3  
info@tepofol.ru



**Тepofol.ru**



**Рис. 3.** Деформация сжатия под постоянной нагрузкой 6 кПа в зависимости от количества суток нагружения: 1, 2 – контрольные образцы; 3, 4 – образцы, испытанные после климатического воздействия по режиму 1; 5, 6 – образцы, испытанные после климатического воздействия по режиму 2; 1, 3, 5 – фольгированные образцы; 2, 4, 6 – образцы без фольги

2 – в температурном интервале от  $-60$  до  $40^{\circ}\text{C}$ . Количество циклов ( $z$ ) во всех случаях было равно 60.

Деформационные характеристики НПЭ представлены на рис. 1. Эксперимент показал, что деформационные кривые контрольных образцов и образцов, подвергнутых щадящему климатическому воздействию (режим 1), практически совпадают (расхождение в результатах не превышает ошибки эксперимента – 4%). В замороженном при  $-60^{\circ}\text{C}$  состоянии прочность пенополиэтилена выше, чем у контрольных образцов, что обусловлено изменением вязкости полимера. При этом материал стадии хрупкого разрушения не достигает.

В результате экспериментов установлено, что повреждения образцов отсутствуют. Снижение прочностных характеристик образцов пенополиэтилена после климатических испытаний не превышает 4–6%. Материал может быть рекомендован в качестве теплоизоляции объектов, эксплуатируемых в условиях температуры до  $-60^{\circ}\text{C}$  [7, 8].

Деформации полиэтилена (материала основы) в интервале температуры от  $40$  до  $-60^{\circ}\text{C}$  не превышают 0,3% и не превосходят статистическую погрешность эксперимента. Деформации сжатия вспененного полиэтилена при охлаждении до  $-60^{\circ}\text{C}$  связаны с изменением состояния паровоздушной смеси в ячейках пенополиэтилена [9–11].

При оптимальных погодных условиях (температуре  $15$ – $20^{\circ}\text{C}$  и нормальном атмосферном давлении) давление в ячейках равно атмосферному, влажность воздуха тоже равна атмосферной, а плотность воздуха составляет  $1,22$ – $1,23$  кг/м<sup>3</sup>. Паровоздушная смесь в замкнутых ячейках пенополиэтилена находится в равновесии с атмосферным воздухом.

При охлаждении до  $-60^{\circ}\text{C}$  плотность воздуха в ячейках вспененного полиэтилена повышается до  $1,6$ – $1,65$  кг/м<sup>3</sup>, при этом происходит конденсация паров воды и превращение их в иней (лед). Плотность воздуха в замкнутых ячейках пенополиэтилена повышается в 1,3 раза и в ячейках создается разрежение. Давление в ячейках становится ниже атмосферного, что и предполагает линейное сжатие пенополиэтилена до 3–5%. Пенополиэтилен обладает низкой паропрооницаемостью, поэтому релаксация деформаций сжатия происходит постепенно, по мере выравнивания давления воздуха в ячейках с давлением атмосферного воздуха.

Испытания на ползучесть под нагрузкой, рекомендованной ГОСТ EN 1606–2011, показали, что эффект ползучести (деформаций сжатия при постоянной нагрузке меньше 2 кПа) не зафиксирован ни для контрольных образцов, ни для образцов после климатического воздействия. Это позволило считать представленные образцы вспененного полиэтилена стойкими как к климатическим воздействиям, так и к механическому



**Рис. 4.** Схема выполнения замкового соединения

нагрузению, не превосходящему половину прочности при сжатии при 10% деформации в естественных условиях эксплуатации.

Чтобы оценить изменение ползучести образцов пенополиэтилена в более жестких условиях, поставлен дополнительный эксперимент. Было принято решение проводить испытания образцов при нагрузках больших, чем рекомендованные ГОСТ EN 1606–2011, от 2 до 6 кПа. Результаты (рис. 2, 3) показывают, что эффект ползучести имеет место при значительных нагрузках, которые не характерны для условий эксплуатации изделий из вспененного полиэтилена.

По результатам климатических испытаний, а также исследований свойств НПЭ и особенностей работы пенополиэтилена в условиях отрицательной температуры до  $-60^{\circ}\text{C}$  разработаны рекомендации по укладке этого материала в конструкции.

Для крепления полотен материала между собой предусматривается замковое соединение, предназначенное для бесшовной сварки замковой системы рулонного утеплителя, которое сочетается с механической фиксацией рулонов пенополиэтилена по периметру изолируемой поверхности.

Замковая система на стыке двух рулонов сваривается между собой посредством строительного фена. В результате склеивания при температуре  $110$ – $120^{\circ}\text{C}$  получается единое бесшовное полотно, состоящее из теплоизоляционного материала, поставляемого в рулонах. Такое единое полотно проще и легче укладывать на поверхность конструкций, которые подлежат утеплению, что сокращает трудозатраты.

Полученное теплоизоляционное полотно является герметичным, т. е. в нем отсутствуют щели и стыки, что препятствует выходу теплового потока наружу. Таким образом, в получаемом теплоизоляционном слое полностью отсутствуют теплопроводящие мостики по гла-

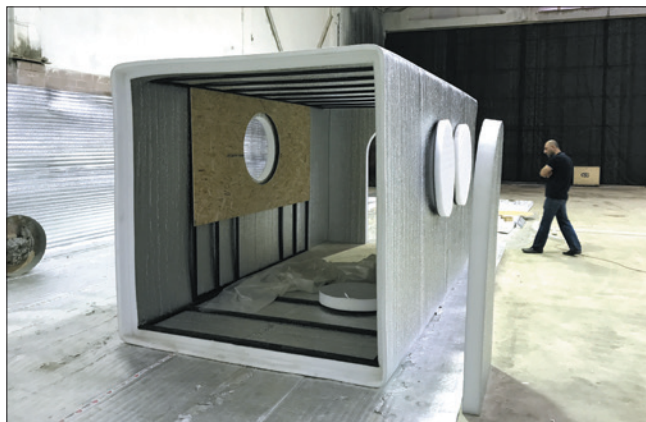


Рис. 5. Изолированный модуль

ди поверхности, что положительно сказывается на характеристиках всей изоляционной оболочки. Предлагаемая технология утепления, являющаяся собственной разработкой компании-производителя рулонного теплоизолятора из пенополиэтилена (технология ТЕПОФОЛ), обеспечивает сохранение тепла внутри и существенно повышает теплосберегающие свойства системы теплоизоляции. На замковое соединение и формирование основной оболочки за счет сварки горячим воздухом получен патент на изобретение РФ №2645190, зарегистрированный 16.02.2018.

По результатам исследований, проведенных в НИУ МГСУ, был реализован проект создания изолированных жилых модулей для гусеничной и колесной техники, включая мобильную спецтехнику, используемую для нужд военного ведомства (рис. 5).

Мобильная техника Министерства обороны преодолела маршрут от пос. Тикси вдоль побережья губы Буор-Хая и Янского залива по замерзшему морю Лаптевых до острова Котельный и обратно. Экспедиция проходила в конце февраля – начале марта 2017 г. (рис. 6). Температура колебалась от  $-45$  до  $-22^{\circ}\text{C}$ ; влажность воздуха достигала 95 %; скорость порывов ветра превышала 30 м/с. Для утепления техники применили теплоизоляционный материал на основе несшитого пенополиэтилена толщиной 100 мм. Внедренная технология, позволившая закрыть всю

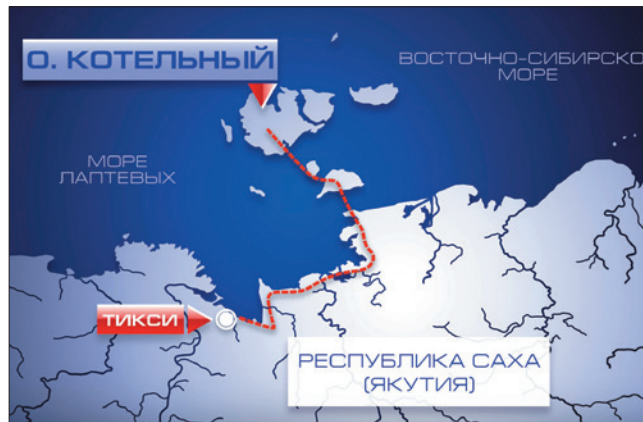


Рис. 6. Маршрут экспедиции в Арктике

утепляемую поверхность, ликвидировать мостики холода и избежать выстуживания жилого пространства, способствовала повышению эффективности всей системы утепления жилого модуля.

Исследования проводились по договору между НИУ МГСУ и ООО «ТЕПОФОЛ» «Исследование физико-механических характеристик вспененного полиэтилена «Тепофол» в условиях температурных, механических и климатических воздействий». По результатам натурных испытаний НИИЦ АТЗ ЦНИИ Минобороны России составлен «Протокол оценки теплоизоляционных, влагозащитных, прочностных и других свойств материала «Тепофол» при эксплуатации в сложных климатических условиях Республики Саха (Якутия) (район п. Тикси и о. Котельный архипелага Новосибирские острова)».

Несшитый вспененный полиэтилен (рулоны или маты) является эффективным теплоизоляционным материалом с высокой эксплуатационной стойкостью. Его отрицательными особенностями являются горючесть и низкая стойкость к воздействию ультрафиолета, учет которых при проектировании строительных изоляционных систем на основе НПЭ позволяет получать долговечные конструкции, обеспечивающие высокую тепловую эффективность, а следовательно, экономия энергоресурсов и формирование комфортного микроклимата в помещениях.

#### Список литературы

1. Румянцев Б.М., Жуков А.Д., Смирнова Т.В. Энергетическая эффективность и методология создания теплоизоляционных материалов // *Интернет-Вестник ВолгГАСУ. Серия: Политематическая* 2014. № 4. <http://vestnik.vgasu.ru/attachments/3RumyantsevZhukovSmirnova.pdf> (Дата обращения 29.03.2018.).
2. Gimenez I., Faroog M.-K., Mahi A. El, Kondrotas A., Assarar M. Experimental analysis of mechanical behaviour and damage development mechanisms of PVC foams in static tests // *Materials Science (Med iagotyra)*. 2004. № 10, pp. 34–39.
3. Жуков А.Д., Тер-Закарян К.А., Тучаев Д.У., Петровский Е.С. Энергоэффективное утепление продовольственных складов и овощехранилищ // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2018. № 1. С. 65–67.
4. Жуков А.Д., Тер-Закарян К.А., Заяфаров А.В., Петровский Е.С., Тучаев Д.У. Системы изоляции скатных крыш // *Кровельные и изоляционные материалы*. 2017. № 6. С. 27–29.

#### References

1. Rumyantsev B.M., Zhukov A.D., Smirnova T.V. Energy Efficiency and Methodology for Creating Heat Insulation Materials. *Internet-Vestnik VolgGASU*. 2014. No. 4. <http://vestnik.vgasu.ru/attachments/3RumyantsevZhukovSmirnova.pdf> (Date of access 29.03.2018). (In Russian).
2. Gimenez I.I., Faroog M.-K., El Mahi A., Kondrotas A., Assarar M. Experimental analysis of mechanical behaviour and damage development mechanisms of PVC foams in static tests. *Materials Science (Med iagotyra)*. 2004. No. 10, pp. 34–39.
3. Zhukov A.D., Ter-Zakaryan K.A., Tuchaev D.U., Petrovsky E.S. Energy-efficient warming of food stores and vegetable stores. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*. 2018. No. 1, pp. 65–67. (In Russian).
4. Zhukov A.D., Ter-Zakaryan K.A., Zayafarov A.V., Petrovsky E.S., Tuchaev D.U. Rattan roof insulation systems // *Krovel'nye i izolyatsionnye materialy*. 2017. No. 6, pp. 27–29. (In Russian).
5. Wang Y., Huang Z., Heng L. Cost-effectiveness assessment of insulated exterior walls of residential buildings in

5. Wang Y., Huang Z., Heng L. Cost-effectiveness assessment of insulated exterior walls of residential buildings in cold climate. *International Journal of Project Management*. 2007. Vol. 25. Issue 2, pp. 143–149. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2006.09.007>.
6. Head P.R. Construction materials and technology: A Look at the future. *Proceedings of the ICE – Civil Engineering*. 2001. No. 144, pp. 113–118.
7. Жуков А.Д., Ефимов Б.А., Сазонова Ю.В., Жуков А.Ю. Пенополиэтилен как теплоизоляция для холодного климата // *Научное обозрение*. 2017. № 15. С. 10–14.
8. Gnip I.J., Kersulis V.I., Vaitkus S.I. Analytical Description of the Creep of Expanded Polystyrene under Compressive Loading. *Mechanics of Composite materials*. 2005. No. 41, pp. 357–364.
9. Гнип И.Я., Кершулис В.И., Вайткус С.Я. Доверительные интервалы прогноза деформаций ползучести пенопласта из полистирола // *Строительные материалы*. 2005. № 3. С. 47–49.
10. Федюк Р.С., Мочалов А.В., Симонов В.А. Тенденции развития норм по тепловой защите зданий в России // *Вестник инженерной школы ДВФУ – научный электронный журнал*. 2012. № 2. С. 39–44. <https://www.dvfu.ru/vestnik/archive-editions/2-11/> (Дата обращения 30.03.2018.).
11. Жуков А.Д., Наумова Н.В., Мустафаев Р.М., Майорова Н.А. Моделирование свойств высокопористых материалов комбинированной структуры // *Промышленное и гражданское строительство*. 2014. № 7. С. 48–51.
12. cold climate. *International Journal of Project Management*. 2007. Vol. 25. Issue 2, pp. 143–149. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2006.09.007>.
13. Head P.R. Construction materials and technology: A Look at the future. *Proceedings of the ICE – Civil Engineering*. 2001. No. 144 (3), pp. 113–118.
14. Zhukov A.D., Efimov B.A., Sazonova Yu.V., Zhukov A.Yu. Foam polyethylene as thermal insulation for cold climate. *Nauchnoe obozrenie*. 2017. No. 7, pp. 10–14. (In Russian).
15. Gnip I.J., Kersulis V.I., Vaitkus S.I. Analytical Description of the Creep of Expanded Polystyrene under Compressive Loading. *Mechanics of Composite materials*. 2005. No. 41, pp. 357–364.
16. Gnip I.Ya., Kerchulis V.I., Vaitkus S.I. Confidence intervals forecasting creep deformation of foam polystyrene. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 3, pp. 47–49. (In Russian).
17. Fedyuk R.S., Mochalov A.V., Simonov V.A. Trends in the development of norms for thermal protection of buildings in Russia. *Vestnik inzhenernyi shkoly DVFU – nauchnyi elektronnyi zhurnal*. 2012. No. 2, pp. 39–44 <https://www.dvfu.ru/vestnik/archive-editions/2-11/> (Date of access 30.03.2018). (In Russian).
18. Zhukov A.D., Naumova N.V., Mustafayev R.M., Mayorova N.A. Modeling of properties of highly porous materials of a combined structure. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2014. No. 7, pp. 48–51. (In Russian).



**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**

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

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

---

**Тематика конференции:**

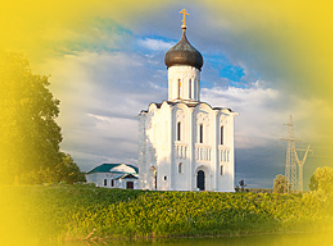
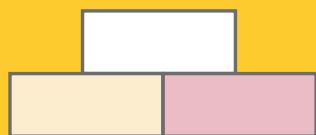
- технический прогресс в области гипсовых материалов и изделий (исследования, производство и применение)
- ангидритовые вяжущие
- гипсовые материалы в малоэтажном строительстве
- привлекательность и механизмы инноваций в гипсовой отрасли
- современное оборудование для производства гипсовых вяжущих, материалов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

---

**Генеральный информационный спонсор: журнал** 



# СИЛИКАТэкс



## XII Международная конференция «Развитие производства силикатного кирпича»

10–11 октября 2018

Владимирская обл., г. Суздаль  
ГТК «Суздаль»



### Программа работы:

10 октября – пленарное заседание

11 октября – посещение ЗАО «Ковровский завод силикатного кирпича»



Спонсор конференции:



Организатор конференции – журнал



### Оргкомитет:

Руководитель проекта – Юмашев Алексей Борисович Менеджер проекта – Горегляд Светлана Юрьевна

Телефон/факс: (499) 976-22-08, 976-20-36, (916) 123-98-29

silikatex@bk.ru mail@rifsm.ru www.silikatex.ru www.rifsm.ru

Адрес для корреспонденции: 127434, Москва, Дмитровское ш., д. 9, стр. 3,  
редакция журнала «Строительные материалы»®

УДК 699.86

Т.В. ЩУКИНА, канд. техн. наук (schukina.niki@yandex.ru),  
 М.Ю. КОПЫТИНА, инженер (afanasenko.m2014@yandex.ru),  
 Д.Н. КИТАЕВ, канд. техн. наук, А.С. СУХОРУКИХ, студентка

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

## Теплозащитные свойства покрытий на основе сухих строительных смесей нового поколения

Снижение потребления энергоресурсов, в том числе и для зданий со значительным сроком эксплуатации, предполагает прежде всего обустройство эффективной тепловой защиты наружных ограждений. Современные методы утепления строительных конструкций, характеризующиеся индустриальной технологичностью монтажа, при проведении капитальных ремонтов часто не могут быть применимы, особенно для памятников архитектуры. В этих случаях целесообразным способом повышения энергоэффективности зданий является оштукатуривание фасадов составами нового поколения. Широкий выбор представленных на российском рынке сухих строительных смесей на основе теплоизоляционных наполнителей делает возможным, не меняя внешней отделки реставрируемых зданий, выполнить защиту наружных стен не только от воздействия негативных погодных факторов, но и от избыточных потерь теплоты в холодный период года и перегрева в летний сезон. Анализ характеристик используемых энергосберегающих наполнителей и штукатурок на их основе показал, что лучшими теплоизоляционными свойствами обладают составы, включающие гранулированное пеностекло. Полученная зависимость коэффициента теплопроводности от плотности штукатурного слоя позволяет сделать предварительную оценку энергосберегающих свойств новых смесей при варьировании количественных соотношений применяемых компонентов и их качества. Прогнозируются возможные тенденции в создании штукатурных покрытий с уникальными свойствами, соответствующими высоким показателям по тепловой защите и прочностным характеристикам.

**Ключевые слова:** энергосбережение, тепловая защита, сухие строительные смеси, гранулированное пеностекло.

**Для цитирования:** Щукина Т.В., Копытина М.Ю., Китаев Д.Н., Сухоруких А.С. Теплозащитные свойства покрытий на основе сухих строительных смесей нового поколения // *Строительные материалы*. 2018. № 4. С. 71–75.

T.V. SHCHUKINA, Candidate of Sciences (Engineering) (schukina.niki@yandex.ru),  
 M.Yu. KOPYTINA, Engineer (afanasenko.m2014@yandex.ru),  
 D.N. KITAEV, Candidate of Sciences (Engineering), A.S. SUKHORUKIKH, Student  
 Voronezh Technical University (84, 20-letiya Oktyabrya Street, 394006, Voronezh, Russian Federation)

### Heat Protection Properties of Coverings on the Basis of Dry Building Mixes of a New Generation

Reducing the energy resources consumption, including for buildings with a significant time of operation means, first of all, the arrangement of the efficient heat protection of external enclosures. Modern methods for heat insulation of building structures characterized by industrial technology of erection often can't be used, when conducting capital repairs, for architectural monuments especially. In these cases, the suitable way for improving the energy efficiency of buildings is facade plastering with compositions of a new generation. The wide choice of dry building mixes on the basis of heat protection fillers presented at the Russian market makes it possible, without changing the exterior finish of buildings under reconstruction to execute the protection of external walls not only from negative effects of weather factors but also from excessive losses of heat in the cold period of the year and overheating in the summer period. The analysis of characteristics of the used energy saving fillers and plasters on their base shows that the compositions which include the granulated foam glass have the best heat insulation properties. The obtained dependence of the heat conductivity factor on the density of the plaster layer makes it possible to assess preliminary the energy saving properties of new mixes when varying quantitative ratios of the components used and their qualities. Possible trends in the creation of plaster coatings with unique properties, appropriate indicators of heat protection and strength characteristics are forecasted.

**Keywords:** energy saving, heat protection, dry building mixes, granulated foam glass.

**For citation:** Shchukina T.V., Kopytina M.Yu., Kitayev D.N., Sukhorukikh A.S. Heat protection properties of coverings on the basis of dry building mixes of a new generation. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2018. No. 4, pp. 71–75. (In Russian).

Одним из доступных способов повышения энергоэффективности зданий с длительным сроком эксплуатации является оштукатуривание наружных стен составами, включающими теплоизоляционные наполнители. Применение таких отделочных материалов особенно перспективно для памятников архитектуры, а также зданий, имеющих историческую ценность, так как сохраняется внешний вид реставрируемых фасадов. Кроме того, существенным достоинством энергосберегающих покрытий данного класса является низкая плотность, которая не приводит к увеличению нагрузок на несущие конструкции при создании достаточно значительной толщины слоя, эффективно предохраняющего от воздействия негативных метеофакторов и тем самым продлевающего срок службы здания. Но главное преимущество, достигаемое при покрытии стен штукатурками нового поколения, заключается в последующем сокращении теплопотерь и соответственно потре-

блений тепловой энергии системами отопления, а в летний сезон — затрат на кондиционирование воздуха для помещений.

Качество и долговечность энергосберегающей отделки зависят прежде всего от состава смеси, а также от строгого соблюдения технологии производства и нанесения на обрабатываемую поверхность. Как известно, каждая фасадная штукатурка содержит наполнитель, модифицирующие добавки и вяжущее, в качестве которого применяют цемент, известь и гипс.

Покрытия для строительных конструкций на основе известкового вяжущего обладают высокой паропроницаемостью и не вызывают напряжений в материале, что не разрушает его и не провоцирует отслаивание в процессе эксплуатации [1–3]. Большой популярностью среди представленных на рынке сухих строительных смесей пользуются составы именно на основе извести. К ним, в частности, относится предназначенная для

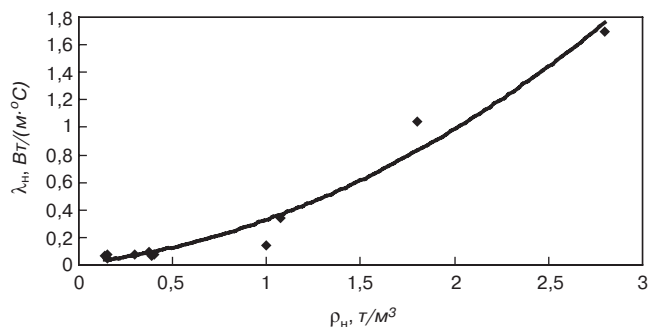


Рис. 1. Зависимость коэффициента теплопроводности от плотности наполнителей

Таблица 1

Физические свойства применяемых наполнителей [7]

Наименование наполнителя	Средняя плотность $\rho_n$ , кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности $\lambda_n$ , Вт/(м·°С)
Полая стеклянная микросфера	140	0,07
Вспученный вермикулитовый песок	150	0,05
Вспученный перлитовый песок	150	0,08
Пеностекло мелкозернистое	300	0,077
Диатомит	375	0,097
Поравер	390	0,07
Зольная микросфера алюмосиликатная	400	0,08
Вулканический пепел	1000	0,14
Туф	1075	0,34
Огнеупорная глина	1800	1,04
Доломит	2800	1,7

ремонта, реставрации исторических зданий и памятников архитектуры смесь «Крепс» [1, 4]. Перечисленные рекомендации к применению обусловлены хорошей совместимостью со старыми кирпичными и бетонными конструкциями, в том числе и с уже имеющими штукатурное покрытие на известковом вяжущем. В состав «Крепс АНТИК-1» наряду с известью входит мелкозернистый фракционированный песок и специальные добавки с максимальным размером зерна наполнителя не более 0,63 мм. «Крепс АНТИК-2», включающая известь и крупнозернистый фракционированный песок, модифицирована специальными компонентами, содержащими не менее 3% цемента и синтетические армирующие волокна для увеличения прочностных показателей.

Повышения водостойкости известковых покрытий добиваются посредством гидрофобизирующих добавок, которые после затвердения раствора способствуют возникновению водоотталкивающих свойств. Как правило, это стеараты и олеаты кальция, натрия или цинка. Все более широкое применение находят такие гидрофобизирующие добавки, как Hidrofob E, Cementol E, Ceresit CC 92. Кроме того, существует универсальный суперпластификатор С-3 [5], который применяется для получения высокоподвижных смесей с последующим достижением комбинированного эффекта повышения прочности, водонепроницаемости и

других показателей качества за счет водоредуцирующего действия.

Штукатурка на основе цементного вяжущего является одной из наиболее прочных, долговечных и водостойких. Как правило, для фасадных работ используют цемент марки М400 и М500, который в первом случае смешивают с песком в соотношениях 1:3 – 1:4 и получают раствор марки М100, во втором – необходимо увеличение наполнителя на 1 единицу.

Возможное комбинирование составов вяжущих приводит к усилению адгезии с защищаемой поверхностью и прочностных характеристик покрытий. Эти качества проявляются в широко применяемых цементно-известковых или известково-гипсовых растворах, предназначенных для оштукатуривания кирпичных, бетонных поверхностей и деревянных конструкций.

Во многом свойства теплоизоляционных штукатурок, набирающих популярность в последние годы, обусловлены типом и теплопроводностью наполнителя, а также количественным соотношением песка и активных минеральных добавок, в том числе полученных с применением нанотехнологий. Качественную смесь производят при предварительной промывке речного или карьерного песка с фракциями не более 5 мм и с внесением активных минеральных компонентов как природного вулканического, так и промышленного происхождения. К первым относятся перлит, вермикулит, кремнезем, глинозем, трепел, опока, пеплы, туфы, пемзы в тонкодисперсном состоянии; ко вторым – пеностекло, стеклянные полые и алюмосиликатные микросферы, доменные гранулированные шлаки, топливные золы и шлаки, искусственно обожженные глинистые материалы и кремнеземистые отходы. Добавки, представленные в табл. 1, действуют подобно вяжущему, повышая марку раствора и наряду с этим теплозащитные свойства.

Для получения более качественных покрытий при объективных причинах технологического ограничения производства работ и для достижения в последующей эксплуатации требуемых свойств часто используют дополнительные модифицирующие компоненты. К ним относятся: ускорители или замедлители схватывания, добавки для улучшения морозостойкости, пластичности, повышения прочности или марки. Так, например, фирма SuperCogocol (Франция) в сухие смеси для облицовочных работ вносит комплекс компонентов, включающий отходы производства целлюлозы, поливинилхлорида, поверхностно-активные вещества и другие соединения. На предприятии Carbon (Югославия) используются химические добавки, которые имеют похожие свойства и представляют собой смесь соединений целлюлозы, поливинилацетата и его сополимеров.

Требуемое по технологии работ ускорение или замедление способности вяжущего в штукатурном слое образовывать кристаллическую сетку может быть регламентировано соответствующими компонентами. Так, например, в качестве замедлителя схватывания широко применяется казеиновый клей. Для улучшения морозостойкости при температуре воздуха до -30°С целесообразно использовать поташ, который повышает стойкость растворов, но не дает на поверхности штукатурки образовываться высолом и не вызывает коррозии металлов. Добавки, улучшающие пластичность, часто применяются для цементно-песчаных растворов, так как они быстро теряют влагу. Как правило, для этой цели рекомендуется использовать сухую смесь жидкого стекла, т. е. концентрат натриевого стекла.

Повысить прочность штукатурки помогают в том числе и армирующие наполнители, такие как фибра или армирующая сетка. Но для создания надежного

Таблица 2

Параметры штукатурных покрытий на основе энергосберегающих наполнителей

Наполнитель	Средняя плотность материала $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м·°С)	Соотношение $\lambda/\rho \cdot 1000$	Коэффициент паропроницаемости, $\mu$ , мг/(м·ч·Па)	Толщина слоя, м	Стоимость 1 м <sup>2</sup> , р.
Пеностекло	390	0,09	0,231	–	0,022	137
Вулканический пепел	400	0,108	0,27	–	0,025	158
Полая стеклянная микросфера	600	0,135	0,225	0,157	0,015	157
Вспученный вермикулитовый песок	660	0,195	0,295	0,202	0,025	154
Вспученный перлитовый песок	800	0,206	0,258	0,184	0,025	141
Зольная микросфера алюмосиликатная	860	0,211	0,245	0,164	0,02	132

контакта и более глубокого проникновения в защищаемую поверхность необходимо учитывать отсутствие антагонистических показателей между применяемыми материалами [6], их сочетаемость и предрасположенность к созданию прочного соединения. Выполнение перечисленных условий и соответствие требуемым параметрам каждого компонента обеспечат гарантированную длительную службу штукатурного слоя, прочность и сохранность конструкции в целом.

При разработке сухих строительных смесей с энергосберегающими свойствами в первую очередь необходимо учитывать теплопроводность применяемых для этой цели наполнителей (табл. 1). Данный показатель зависит от структурированности материала, которая прежде всего влияет на его плотность (табл. 1, рис. 1). Прогнозирование энергосберегающих свойств наполнителей в зависимости от их плотности можно выполнить с достаточной точностью по выражению, полученному посредством аппроксимации:

$$\lambda_n = 0,1705\rho_n + 0,1469\rho_n + 0,0112, \quad (1)$$

где  $\lambda_n$  – коэффициент теплопроводности наполнителя, Вт/(м·°С);  $\rho_n$  – плотность наполнителя, т/м<sup>3</sup>.

Снижение плотности наполнителей, как видно из рис. 2 и табл. 2 [7–10], уменьшает массу штукатурного слоя и значительно повышает его теплозащитные свойства.

Зависимость коэффициента теплопроводности от плотности штукатурки, изображенная на рис. 2, позволяет выявить характерные изменения в теплозащитных свойствах покрытий, которые с достаточной точностью отражает выражение:

$$\lambda = -0,1677\rho^2 + 0,4639\rho - 0,06, \quad (2)$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности слоя штукатурки, Вт/(м·°С);  $\rho$  – плотность слоя штукатурки, т/м<sup>3</sup>.

Как видно из рис. 2, с уменьшением плотности материала можно получить наибольший энергосберегающий эффект. Поэтому для многофункциональной защиты наружного ограждения требуется разрабатывать сухие строительные смеси преимущественно с достаточно легкими наполнителями. В связи с этим проанализируем соотношение коэффициентов теплопроводности и плотностей распространенных штукатурных покрытий строительных смесей. В среднем этот показатель (табл. 2) составляет 0,000254. Следовательно, полу-

чая новый состав сухой строительной смеси, ее прогнозируемую теплопроводность при эксплуатации можно определить как по выражению (2), так и с учетом средней величины рассмотренного соотношения, т. е. по линейной зависимости, достоверность которой также подтверждается (рис. 2):

$$\lambda = 0,000254\rho, \quad (3)$$

где  $\rho$  – плотность слоя штукатурки, т/м<sup>3</sup>.

Принципиально нового уровня теплофизических свойств можно достичь при переходе посредством технологического совершенствования производства с показателя 0,000254 на 0,0001 в формуле (3). Такой скачок возможен при использовании нанокерамзитов и иных структур с уникальными свойствами.

Выпускаемые энергосберегающие строительные сухие смеси часто имеют по своим физическим параметрам ограничения. Покрытия на основе наполнителей из стеклянных полых микросфер и вспученного вермикулитового песка обладают низкой средней плотностью, что снижает риск образования конденсата. Но наряду с этим составы, включающие вспученный вермикулитовый песок, вследствие его высокой открытой пористости и водопоглощающей способности характеризуются недостаточной водостойкостью и морозостойкостью. Это не позволяет рекомендовать к применению сухую строительную смесь на основе вспученно-

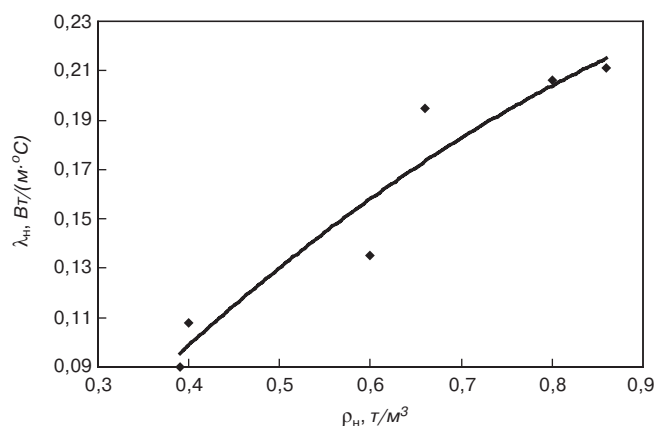


Рис. 2. Изменение коэффициента теплопроводности в зависимости от плотности штукатурных покрытий нового поколения

го вермикулитового песка для наружной отделки газобетонных блоков.

Композиты с наполнителем из полых стеклянных микросфер обладают высоким энергосберегающим эффектом [8], достаточной водостойкостью и прочностью при сжатии. Получаемое покрытие характеризуется вододерживающей способностью и технологичностью нанесения на обрабатываемую поверхность.

Зольные микросферы являются побочным продуктом сжигания углей, и их производство напрямую зависит от работы ТЭЦ на твердом топливе. В этом случае утилизация отходов, казалось бы, дает возможность получать сухую строительную смесь низкой себестоимости, но процесс выделения требуемых фракций из общего потока золы является сложным и затратным, что приводит к высокой цене наполнителя.

Производство гранулированного пеностекла в настоящее время в промышленных масштабах освоено в России на двух предприятиях: ЗАО «Пеноситал» и ООО «ПроектСтройКомплекс». При насыпной плотности 170–300 кг/м<sup>3</sup> материал имеет низкое водопоглощение, высокую прочность и прогнозируемый по зависимости (1) коэффициент теплопроводности от 0,044 до 0,073 Вт/(м·°С). Это дает основание заявлять о высоких теплоизоляционных свойствах сухих строительных смесей с данным наполнителем. Однако технология производства предполагает гранулирование сырья в сферические формы окатыванием исходного порошка при добавлении жидкой связки — обычно жидкого стекла. Особенностью процесса гранулирования порошковых материалов окатыванием является принципиальная невозможность стабильного получения мелких фракций 2–5 мм, что приводит к отсутствию на рынке наполнителя с требуемыми размерами зерен менее 5 мм. Этот недостаток технологического процесса не позволяет широко использовать пеностекло для сухих смесей. Несмотря на данное ограничение, дальнейшее развитие технологии получения гранул требуемых размеров активизирует применение такого перспективного материала.

Наполнитель Poraver (Германия), обладающий высоким теплоизоляционным эффектом, по своим техническим характеристикам не уступает полым стеклянным микросферам, но при этом имеет более низкую цену. Он является гидрофобным газопроницаемым материалом с высокой химической стойкостью, в том числе и к щелочам, обладает хорошими звукоизолиру-

емыми свойствами, долговечностью и по прошествии нескольких десятилетий сохраняет свои полезные свойства, так как отсутствуют усталостные явления [9]. Кроме того, следует упомянуть и такое существенное преимущество, как негорючесть, которая свойственна любому стеклу, а также отсутствие каких-либо разрушений при воздействии низкой температуры. Поэтому, учитывая высокое качество и относительно низкую цену, сухие строительные смеси на основе наполнителя Poraver будут прочно удерживать и расширять свои позиции в строительной индустрии.

Часто для получения теплой штукатурки используют пенополистирол, в основном по причине его низкой стоимости. Однако материал является горючим и не отвечает экологическим требованиям. Последнее обусловлено структурой материала. Пенополистирол, как и все полимеры, подвержен старению, которое сопровождается деполяризацией с образованием стирола и выделением оксида углерода, диоксида углерода, фенола, аммиака, оксида азота, формальдегида и бензола [10]. Естественное старение пенополистирола также негативно влияет на прочностные и теплоизоляционные показатели отделочного слоя [11].

Повышение спроса на энергосберегающие строительные материалы стимулирует появление новых составов сухих смесей, и прежде всего с легкими наполнителями. Поэтому дальнейшее развитие технологии их производства будет направлено на снижение соотношения теплопроводности и плотности штукатурных покрытий до 0,0002 и ниже, что обеспечит их переход в более высокую категорию тепловой изоляции. Это прежде всего будет связано с созданием технических условий для качественного выпуска полых стеклянных и керамзитовых микросфер и трубок, дополнительно создающих армирующий эффект. Кроме того, одним из перспективных направлений является получение анизотропных штукатурных составов с изменяющимся по толщине коэффициентом теплопроводности штукатурного слоя. Данного эффекта можно достичь современными способами технологии нанесения, если поверхность покрытия затирать входящим в его состав гранулированным теплоизоляционным наполнителем. Применение таких штукатурных покрытий позволит сократить количество конструктивных слоев в наружных ограждениях, что обеспечит благоприятные тепловлажностные режимы и будет способствовать длительной эксплуатации без снижения теплозащитных показателей.

**Список литературы**

1. Пухаренко Ю.В., Харитонов А.М., Шангина Н.Н., Сафонова Т.Ю. Реставрация исторических объектов с применением современных сухих строительных смесей // *Вестник гражданских инженеров*. 2011. № 1. С. 98–103.
2. Дергунов С.А., Орехов С.А. Сухие строительные смеси. Состав, технология, свойства. Оренбург: ОГУ, 2012. 106 с.
3. Корнеев В.И., Зозуля П.В. Сухие строительные смеси. Состав, свойства. М: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ». 2010. 320 с.
4. Барабанщиков Ю.Г., Комаринский М.В. Суперпластификатор С-3 и его влияние на технологические свойства бетонных смесей // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2014. № 6 (21). С. 58–69.
5. Логанина В.И. Сухие строительные смеси для реставрации зданий исторической застройки // *Строительные материалы и изделия. Региональная архитектура и строительство*. 2015. № 3. С. 34–42.

**References**

1. Pukharenko Yu.V., Kharitonov A.M., Shangina N.N., Safonov T.Yu. Restoration of historical objects with the use of temporary dry construction mixtures. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2011. No. 1, pp. 98–103. (In Russian).
2. Dergunov S.A., Orekhov S.A. Sukhiye stroitel'nyye smesi. Sostav, tekhnologiya, svoystva [Dry building mixtures. Composition, technology, properties] Orenburg: OSU. 2012. 106 p. (In Russian).
3. Korneev V.I., Zozulya P.V. Sukhiye stroitel'nyye smesi. Sostav, svoystva [Dry mixes. Composition, properties] Moscow: RIF STROYMATERIALY. 2010. 320 p.
4. Barabanshchikov Yu.G., Komarinsky M.V. Superplasticizer S-3 and its effect on the technological properties of concrete mixtures. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy*. 2014. No. 6 (21), pp. 58–69. (In Russian).
5. Loganina V.I. Dry building mixtures for the restoration of historic buildings. *Stroitel'nye materialy i izdeliya. Regional'naya arkhitektura i stroitel'stvo*. 2015. No. 3, pp. 34–42. (In Russian).

6. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л. Закон сродства структур в материаловедении // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 3. Ч. 2. С. 267–271.
7. Логанина В.И., Фролов М.В. Эффективность применения теплоизоляционной штукатурки с применением микросфер для отделки газобетонной ограждающей конструкции // *Известия вузов. Строительство*. 2016. № 5. С. 55–61.
8. Логанина В.И., Фролов М.В., Арискин М.В. Влияние вида наполнителя на механизм передачи тепла в теплоизоляционных штукатурках // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. Строительство и архитектура*. 2017. № 5. С. 6–10.
9. Сенник Н.А., Мешков А.В., Веницкий А.П., Вакалова Т.В., Верещагин В.И. Получение высокоэффективного материала на основе диатомита путем низкотемпературного вспенивания // *Техника и технология силикатов*. 2012. № 5 (19). С. 6–12.
10. Павлов Н.Н. Старение пластмасс в естественных и искусственных условиях. М.: Химия. 1982. 224 с.
11. Колодяжный С.А., Шепс Р.А., Шукина Т.В. Перспективы и последствия СИП-технологии для малоэтажного строительства // *Технология текстильной промышленности*. 2016. № 5 (365). С. 215–219.
6. Lesovik V.S., Zagorodniuk L.H., Chulkova I.L. Law of the affinity of structures in materials science. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2014. No. 3. Part 2, pp. 267–271. (In Russian).
7. Loganina V.I., Frolov M.V. Efficiency of applying heat-insulating plaster with the use of microspheres for finishing the aerated concrete enclosing structure. *Izvestiya Vuzov. Stroitel'stvo*. 2016. No. 5, pp. 55–61. (In Russian).
8. Loganina V.I., Frolov M.V., Ariskin M.V. Influence of the filler type on the mechanism of heat transfer in heat-insulating plasters. *Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova. Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2017. No. 5, pp. 6–10. (In Russian).
9. Sennik N.A., Meshkov A.V., Vinitzky A.P., Vakalova T.B., Vereschagin V.I. Production of high-performance material on basis of diatomite by low-temperature foaming. *Tekhnika i tekhnologiya silikatov*. 2012. No. 5 (19), pp. 6–12. (In Russian).
10. Pavlov N.N. Starenie plastmass v estestvennykh i iskusstvennykh uslo-viyakh [Aging of plastics in natural and artificial conditions.]. Moscow: Khimiya. 1982. 224 p.
11. Kolodyazhnyi S.A., Sheps R.A., Shchukina T.V. Prospects and consequences of SIP technology for low-rise construction. *Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti*. 2016. No. 5 (365), pp. 215–219. (In Russian).

## ИНФОРМАЦИЯ

## WACKER расширяет возможности Технического центра в Москве

Химический концерн WACKER развивает свое представительство в России и расширяет пакет услуг Технического центра в Москве. Весной 2018 г. открылась новая специализированная лаборатория для исследований клеев и герметиков на основе силан-модифицированных полиэфиров (гибридных полимеров), нашедших широкое применение прежде всего в строительной индустрии. Кроме того, лаборатория сухих строительных смесей и лакокрасочных материалов получила аккредитацию Федеральной службы по аккредитации (Росаккредитация). Теперь она имеет право выдавать протоколы независимых испытаний, необходимые для получения сертификатов качества государственного образца. Открытие новой лаборатории и аккредитация уже работающей направлены на удовлетворение потребностей местных клиентов WACKER, демонстрирующих постоянно растущий спрос на высококачественные силиконы и полимеры.

Современный ассортимент клеев и герметиков отличается огромным разнообразием. Они находят все более широкое применение в самых разных отраслях, от строительства и транспорта до энергетики. Новая лаборатория в Техническом центре в Москве – еще один шаг компании WACKER на пути совершенствования этих продуктов. «Российский рынок герметиков и клеев отличается высоким потенциалом, этот показатель был важным фактором для принятия решения об открытии новой лаборатории. Первоочередными задачами для нас являются максимально быстрая техническая поддержка клиентов и реакция на запросы местного рынка», – подчеркнул на церемонии открытия генеральный директор ООО «Вакер Хеми Рус» А.Е. Серов.

Новая лаборатория WACKER позволяет вести испытания и разработки сложных рецептур на основе местных наполнителей и добавок. Современный планетарный миксер и асимметрический миксер-центрифуга позволяют производить клеи и герметики с различной вязкостью и тиксотропией, а современный реометр – точно определять их характеристики. Также лабораторное оборудование дает возможность измерить предел прочности при разрыве, адгезию, прочность на осевую сдвиг и твердость по Шору. Технический центр в Москве оснащен климатической камерой для испытания продуктов в стандартизованных условиях, что позволяет получать воспроизводимые результаты. Все проводимые испытания отвечают международным стандартам испытаний жидких и отвержденных клеев и герметиков. Новая лаборатория компании WACKER – это возможность своевременно выявлять региональные тенденции и требования и реагировать на них, предлагая своим клиентам индивидуальные решения, отвечающие местным условиям.



Наряду с открытием новой лаборатории аккредитацию Федеральной службы по аккредитации согласно стандарту ГОСТ ИСО/МЭК 17025–2009 получила уже работающая в Техническом центре в Москве лаборатория сухих строительных смесей и лакокрасочных материалов. Теперь она имеет право выдавать протоколы государственного образца о результатах независимых испытаний, необходимые клиентам для сертификации качества своих продуктов. Эти сертификаты подтверждают качество таких строительных материалов, как плиточные клеи, самовыравнивающиеся смеси, штукатурки и краски, и все чаще являются необходимым условием для ведения строительных работ не только на государственных, но и на частных объектах. Благодаря сертификации компания может предложить клиентам дополнительные преимущества. Результаты независимого испытания будут гарантией качества продукции, для модификации которой использованы полимеры и силиконы марок VINNAPAS® и SILRES®. Тем самым компания WACKER вносит существенный вклад в совершенствование современных строительных материалов и внедрение международных стандартов в строительную отрасль России.

По материалам Wacker Chemie AG



INTERNATIONAL  
ASSOCIATION OF  
FOUNDATION  
CONTRACTORS

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ  
ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛЕЙ

7 ИЮНЯ /18

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«СВАЙНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ:  
ТЕНДЕНЦИИ, ПРОБЛЕМЫ  
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ»

Место проведения:

Москва, МВЦ «Крокус Экспо», отель «Аквариум»,  
в рамках выставки «Bauma CTT RUSSIA 2018»

[www.fc-union.com](http://www.fc-union.com), [info@fc-union.com](mailto:info@fc-union.com)  
тел.: +7 (495) 66-55-014, моб.: +7 916 36-857-36

## Требования к статьям, направляемым для публикации в журнал «Строительные материалы»<sup>®</sup>

### Уважаемые авторы!

Приступая к оформлению статьи для журнала «Жилищное строительство» внимательно ознакомьтесь с правилами и рекомендациями, размещенными на сайте издательства:

– Статьи серии «Начинающему автору» – [www.rifsm.ru/files/avtoru.pdf](http://www.rifsm.ru/files/avtoru.pdf)

– Как подготовить к публикации научно-техническую статью – [www.rifsm.ru/page/7](http://www.rifsm.ru/page/7)

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

– текст статьи должен быть набран в редакторе Microsoft Word и сохранен в формате \*.doc или \*.rtf;

– 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 импортирование 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 ВСЕМИ авторами;
- рефератом объемом не менее 100 слов на русском и английском языках;
- подтверждением, что статья предназначена для публикации в журнале «Строительные материалы»<sup>®</sup>, 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 (заполненная информационная карта).

**Особое внимание библиографическим спискам!**

### 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 и авторефераты диссертаций.

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 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.

**Следуйте рекомендациям, и публикация  
не заставит себя долго ждать!**



TECNARGILLA

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

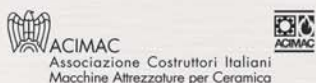
[www.tecnargilla.it](http://www.tecnargilla.it)



ОРГАНИЗАТОР

**ITALIAN  
EXHIBITION  
GROUP**  
A merger of  
Rimini Fiera and Fiera di Vicenza

ПАРТНЕР



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



*Ministero dello Sviluppo Economico*



ICE - Agenzia per la promozione all'estero e l'internazionalizzazione delle imprese italiane





# BONGIOANNI

**TES, Tecno Extrusion System**, это система Bongioanni для автоматического управления экструзионным оборудованием, означающая: сокращение времени на регулировку с помощью передовых производственных решений, настройку параметров в реальном времени для эффективного использования энергии и для улучшения процессов производства, безопасности и диагностики оборудования. Посредством получения данных о производстве (BigData Industry 4.0)

**TES** позволяет оптимизировать и анализировать продукт и производственный процесс, - все это через чрезвычайно простое взаимодействие между оператором и машиной.

Являясь лидером в области машин для производства черепицы и кирпича с более чем 100-летним опытом работы, **Bongioanni** - это всегда шаг вперед в будущее

Bongioanni Macchine S.p.A.  
12045 Fossano - Italy  
Tel. +39 0172 650511  
[www.bongioannimacchine.com](http://www.bongioannimacchine.com)  
[info@bongioannimacchine.com](mailto:info@bongioannimacchine.com)

