

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ[®] №4



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЕТСЯ С 1955 г.

WWW.RIFSM.RU

АПРЕЛЬ 2017 г. (747)

КЛИНКЕР ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО ДЛЯ НАСТОЯЩЕГО



Морозостойкость



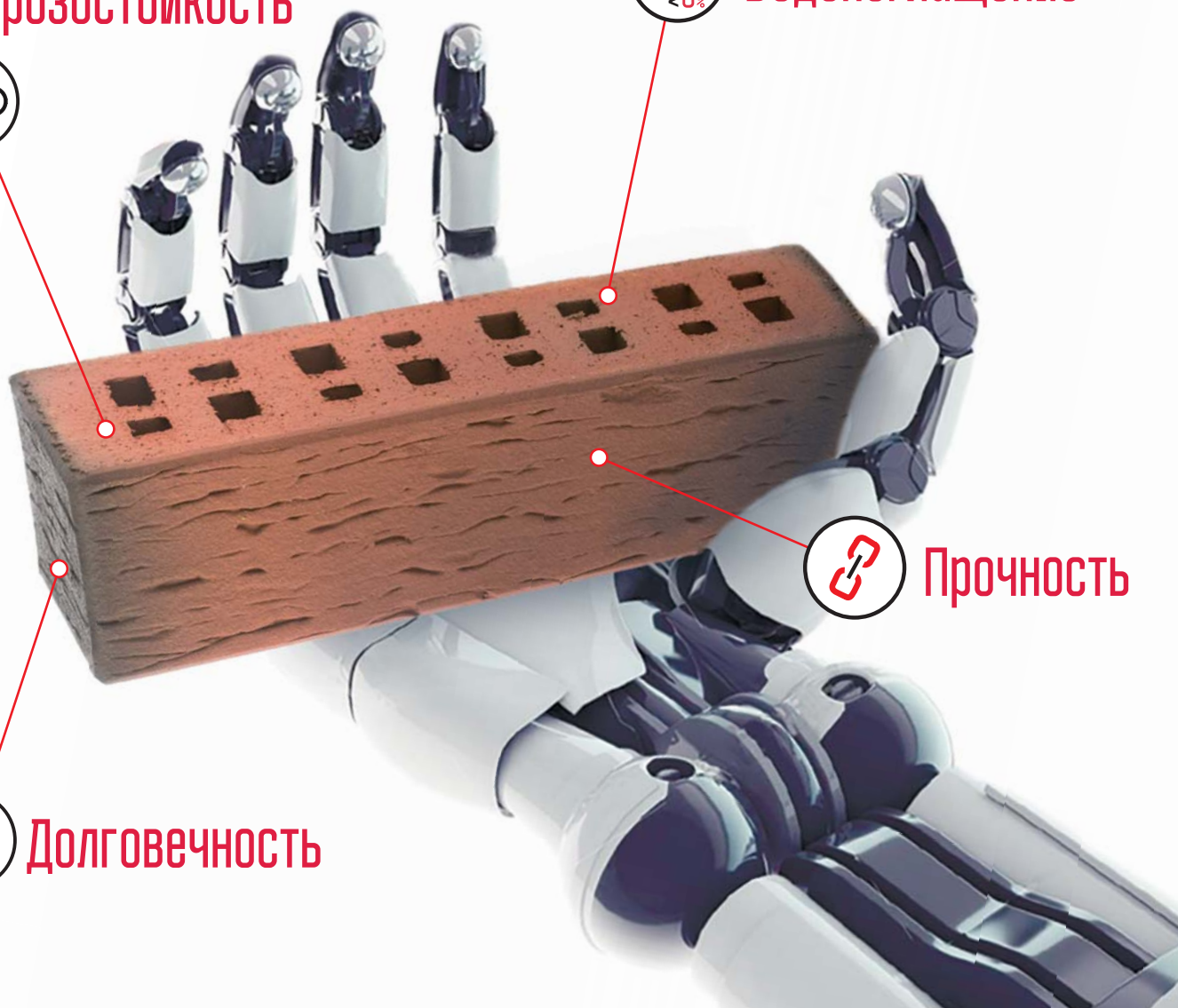
Водопоглощение



Долговечность



Прочность





EIRICH



прессмассы - грануляты - пластичные массы - шликеры

Передовая технология для обработки материала в керамической промышленности



**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



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



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

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

№4

Основан в 1955 г.

(747) апрель 2017 г.

Главный редактор:

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

Редакционный совет:

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

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

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

ВАЙСБЕРГ Л. А.,
д-р техн. наук, профессор,
академик РАН
(Санкт-Петербург)

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

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

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

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

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

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

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)

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

Керамические строительные материалы

Российский рынок керамических стеновых материалов в 2016 году (Информация)	4
Современная туннельная печь: новые технологии (Информация)	6
Ю.В. ТЕРЁХИНА, Б.В. ТАЛПА, А.В. КОТЛЯР	
Минералог-технологические особенности литифицированных глинистых пород и перспективы их использования для производства строительной керамики	8
А.Д. ПЕТЕЛИН, В.И. САПРЫКИН, В.А. КЛЕВАКИН, Е.В. КЛЕВАКИНА	
Универсальные глины Нижне-Увельского месторождения для производства керамических строительных материалов	11
А.А. НАУМОВ	
Лицевой и клинкерный кирпич из кремнистого сырья Шевченковского месторождения	14
Реконструкция и модернизация заводов по производству кирпича (Информация)	19
А.Ю. СТОЛБОВУШКИН, А.И. ИВАНОВ, Д.В. АКСТ, О.А. ФОМИНА, М.П. МИШИН, В.А. СЫРОМЯСОВ	
Неудачный опыт перепрофилирования уникального завода по производству кирпича из отходов углеобогащения и возможные пути его реконструкции	20
ООО «КОМАС» 25 лет. Комплексные технологии тепловой обработки керамического кирпича (Информация)	25
Завод «КЕТРА». Инновационные керамические стеновые материалы – высокий стандарт строительства (Информация)	26
И.А. ЖЕНЖУРИСТ	
Перспективы микроволнового спекания алюмосиликатной композиции в технологии керамики	28
В.А. ГУРЬЕВА, А.В. ДОРОШИН, К.М. ВДОВИН, Ю.Е. АНДРЕЕВА	
Пористая керамика на основе легкоплавких глин и шламов	31
В.Д. КОТЛЯР, Х.С. ЯВРУЯН	
Стеновые керамические изделия на основе тонкодисперсных продуктов переработки террикоников	38
А.М. САЛАХОВ, В.П. МОРОЗОВ, А.И. ГУМАРОВ, К.А. АРИСКИНА, А.Р. ВАЛИМУХАМЕТОВА, О.Н. ЛИС, М.В. ПАСЫНКОВ	
Опыт поверхностной обработки керамических материалов строительного назначения	42
Г.И. ГРИНФЕЛЬД, А.А. ВИШНЕВСКИЙ, П.П. ПАСТУШКОВ, А.Н. КОЗЛОВ	
Кирпичные фасады. Правильные технические решения и примеры успешной реализации	47

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

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

Founder of the journal:
«STROYMATERIALY»
Advertising-Publishing Firm, OOO

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

Monthly scientific-technical and industrial journal

STROYMATERIALY®

№4

Founded in 1955 (747) April 2017

Editor-in-chief

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

Editorial Board

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ceramic building materials

Russian Market of Ceramic Wall Materials in 2016 (Information).....4

Modern Tunnel Furnace: New Technologies (Information)6

Ju.V. TEREKHINA, B.V. TALPA, A.V. KOTLIAR

**Mineralogical-Technological Peculiarities of Lithified Clay Rocks
and Prospects for Their Use in Building Ceramic Production8**

A.D. PETELIN, V.I. SAPRYKIN, V.A. KLEVAKIN, E.V. KLEVAKINA

**Universality of Clays of the Nizhne-Uvelsky Deposit
when Producing Ceramic Building Materials11**

A.A. NAUMOV

Facing and Clinker Brick from Siliceous Raw Material of the Shevchenko Deposit14

Reconstruction and Modernization of Brick Factories (Information).....19

A.Yu. STOLBOUSHKIN, A.I. IVANOV, D.V. AKST,
O.A. FOMINA, M.P. MISHIN, V.A. SYROMYASOV

**Unsuccessful Experience in Restructuring the Unique Factory Manufacturing
Bricks From Waste Coal and Possible Ways for its Renovation20**

KOMAS: 25 Years

Complex Technologies of Ceramic Brick Thermal Treatment (Information)25

KETRA Plant. Innovative Ceramic Wall Materials – High Standard of Construction (Information) 26

I.A. ZHENZHURIST

**Prospects of Microwave Sintering of a Alumo-silicate Composition
Using Ceramic Technology28**

V.A. GURIEVA, A.V. DOROSHIN, K.M. VDOVIN, Yu.E. ANDREEVA

Porous Ceramics on the Basis of Low-Melting Clays and Slurries.....31

V.D. KOTLYAR, K.S. YAVRUYAN

**Wall Ceramic Articles on the Basis of Fine-Disperse Products
of Waste Pile Processing38**

A.M.SALAKHOV, V.P. MOROZOV, A. GUMAROV, K.A. ARISKINA,
A.R. VALIMUKHAMETOVA, O.N. LIS, M.V. PASYNKOV

Experience of surface treatment of ceramic materials of construction purpose42

G.I. GRINFEL'D, A.A. VISHNEVSKIY, P.P. PASTUSHKOV, A.N. KOZLOV

Brick Facades. Correct Technical Solutions and Examples of Successful Realization47

Personnel for the industry

V.G. KHOZIN

**Development Strategy of the Industry Till 2030 Has Been Approved
How to Ensure its Implementation with High-Qualified Engineers,
if their Graduation in Russia was Stopped?51**

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

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

Строительные материалы № 4

Кадры для отрасли

В.Г. ХОЗИН

Стратегия развития отрасли до 2030 г. утверждена. Как обеспечить ее реализацию высококвалифицированными инженерами, если их выпуск в России прекращен? 51

Материалы и конструкции

П.Г. ЕРЕМЕЕВ, И.И. ВЕДЯКОВ

Проектирование и возведение металлических конструкций большепролетных уникальных зданий и сооружений. . . 55

Т.А. МУХАМЕДИЕВ, Б.С. СОКОЛОВ

Новое в нормировании сталефибробетона и расчетах сталефибробетонных конструкций 59

С.Б. КРЫЛОВ, Л.А. ТИТОВА, А.И. ЗВЕЗДОВ

Расчет размеров вставок из напрягающего бетона при устройстве бесшовных железобетонных конструкций большой протяженности 65

М.Р. НУРТДИНОВ, А.Ф. БУРЬЯНОВ, В.Г. СОЛОВЬЁВ

Повышение эффективности применения композитной стеклопластиковой фибры в бетонах 68

О.В. КРИВОШАПКИНА, Н.И. КОНСТАНТИНОВА, А.А. МЕРКУЛОВ, А.Ю. ШЕБЕКО

Оценка способности распространения пламени по поверхности лакокрасочных покрытий 72

Stroitel'nye Materialy No. 4

Materials and structures

P.G. EREMEEV, I.I. VEDYAKOV

Design and Erection of Metal Structures of Large-Span Unique Buildings and Facilities. 55

T.A. MUKHAMEDIEV, B.S. SOKOLOV

New in Rating of Steel Fiber Concrete and Calculations of Steel Fiber Concrete Structures 59

S.B. KRYLOV, L.A. TITOVA, A.I. ZVEZDOV

Calculation of Dimensions of Self-Stressing Concrete Inserts When Constructing Jointless Reinforced Concrete Structures of Great Length 65

M.R. NURTDINOV, A.F. BUR'YANOV, V.G. SOLOV'EV

Improving the Efficiency of the Use of Composite Glass Plastic Fiber in Concretes 68

O.V. KRIVOSHAPKINA, N.I. KONSTANTINOVA, A.A. MERKULOV, A.Yu. SHEBEKO

Assessment of Flame Ability to Spread on the Surface of Paint-and-Lacquer Coating 72

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:

Оставайтесь с нами!



По объединенному каталогу
«Пресса России»

индекс **70886**



По каталогу агентства
«Роспечать»

индекс **79809**

Российский рынок керамических стеновых материалов в 2016 году

По итогам 2016 г. объем производства керамических стеновых материалов (керамический кирпич и камень, клинкерный кирпич, крупноформатные поризованные блоки) в России, согласно оперативным данным Росстата, продолжил сокращаться – выпуск этой продукции составил 6289 млн шт. усл. кирпича, что на 17,4% меньше, чем в 2015 г. Падение объемов производства продолжается второй год подряд. Всего за 2015–2016 гг. выпуск керамических стеновых материалов в стране сократился на 25,5%, что сопоставимо с падением в кризис 2009 г. (-25,9%). По объемам производства отрасль откатилась на восемь лет назад – примерно на уровень 2008 г.

Следует отметить, что по сравнению с другими видами стеновых материалов производство керамических в минувшем году упало не столь существенно. Например, производство силикатных стеновых материалов, по оценкам специалистов «ГС-Эксперт», снизилось на 32%. Прочие виды стеновых материалов «чувствуют» себя несколько лучше – выпуск блоков из автоклавного газобетона/газосиликата в 2016 г. снизился всего на 5%, производство ЖБИИК сократилось на 15,6% (рис. 2).

В 2016 г. многие российские заводы продолжили испытывать существенные трудности со сбытом продукции, фактически работая «на склад». По итогам

года, по данным Росстата, нереализованные складские запасы производителей увеличились на 4,3% и превысили 1,27 млрд шт. усл. кирпича, или около 20% от объема производства, что является абсолютным максимумом с 2002 г.

Несмотря на падение спроса, в 2016 г. продолжился ввод новых производственных мощностей. По итогам года в стране было введено в эксплуатацию не менее четырех новых предприятий суммарной мощностью 130 млн шт. усл. кирпича.

На фоне снижения спроса на внутреннем рынке российские заводы стали активнее экспортировать свою продукцию. По итогам 2016 г. объем экспорта керамиче-

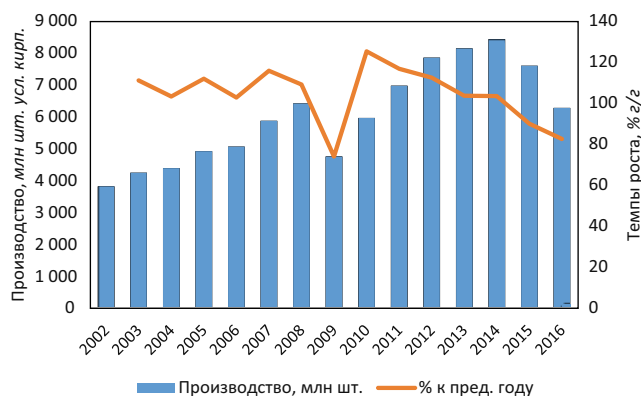


Рис. 1. Объемы и динамика производства керамических стеновых материалов в России в 2002–2016 гг. Источник: Росстат, оценка «ГС-Эксперт»

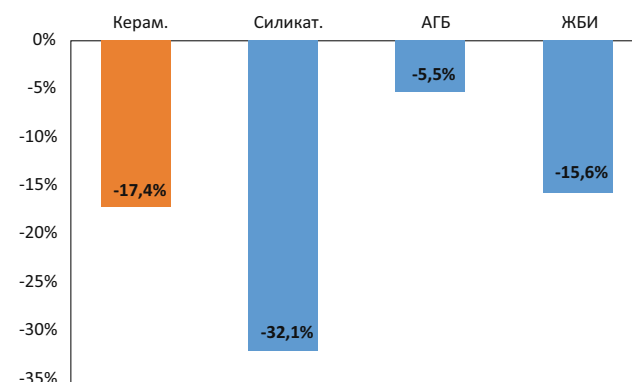


Рис. 2. Темпы роста производства стеновых материалов в 2016 г. Источник: Росстат, оценка «ГС-Эксперт»

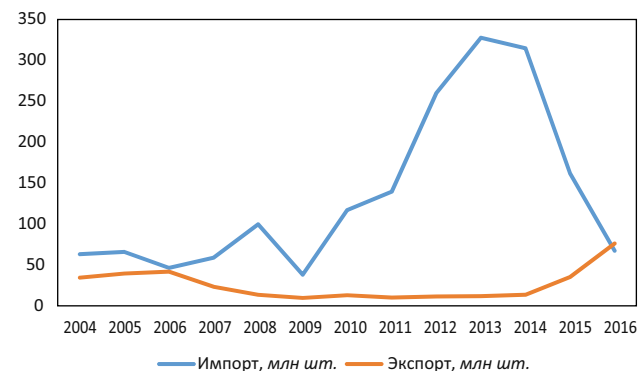


Рис. 3. Объемы внешнеторговых операций с керамическими стеновыми материалами в 2002–2016 гг. Источник: ФТС РФ, Белстат, КГД МФ РК, оценка «ГС-Эксперт»

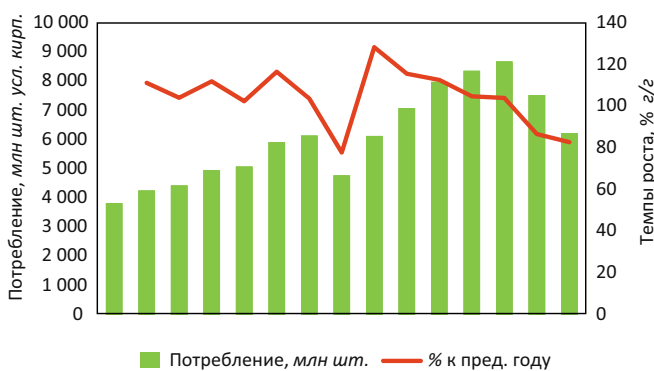


Рис. 4. Объемы и динамика потребления керамических стеновых материалов в России в 2002–2016 гг. Источник: оценка «ГС-Эксперт»

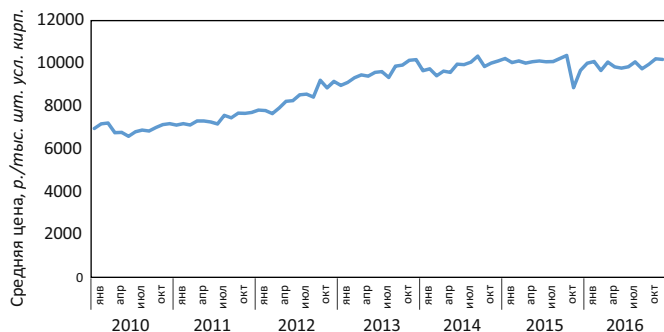


Рис. 5. Средние цены приобретения керамического строительного кирпича в России в 2010–2016 гг. Источник: Росстат

ских стеновых материалов вырос вдвое и превысил 77 млн шт. усл. кирпича. Основным рынком сбыта российского кирпича по-прежнему остается Казахстан, на долю которого пришлось около 93% российского экспорта.

Падение спроса на российском рынке и низкий курс рубля в 2016 г. привели к дальнейшему сокращению импортных поставок. По итогам года объем импорта составил менее 70 млн шт. усл. кирпича (-58% к уровню 2015 г.), в т. ч. на долю поставок из Белоруссии пришлось около 83% – порядка 57 млн шт. усл. кирпича (рис. 3).

Потребление керамических стеновых материалов в России по итогам 2016 г., по оценкам «ГС-Эксперт», снизилось на 17,2% по сравнению с уровнем предыдущего года до 6,2 млрд шт. усл. кирпича (рис. 4); за последние два года объемы потребления керамических стеновых материалов в России упали на 28,3%, что превышает спад потребления в кризис 2008–2009 гг. (-26,4%).

Средние цены приобретения керамического строительного кирпича, по данным Росстата, в 2014–2016 гг. стагнировали на уровне около 10 тыс. р./тыс. шт. кирп. с учетом НДС и доставки. По итогам 2016 г. этот показатель составил 9980 р./тыс. шт. кирп., что на 0,4% меньше, чем годом ранее (рис. 5).

Стагнация цен на фоне снижения объемов продаж, безусловно, негативным образом сказывается на финансовом состоянии керамических заводов. Так, в 2015 г. 18 производителей керамического кирпича были признаны банкротами, по итогам 2016 г. их число увеличилось еще на 29 заводов.

По оценкам специалистов «ГС-Эксперт», наиболее острая фаза падения уже пройдена. Постепенная стабилизация экономической ситуации в стране, рост объемов ипотечного кредитования, увеличение объемов банковского кредитования строительных компаний, возобновившееся в 2016 г. впервые с 2013 г., а также существенный отложенный спрос на жилье позволяют надеяться на стабилизацию спроса на строительные материалы в текущем году. При отсутствии малопргнозируемых негативных внешнеполитических факторов в 2017 г. можно рассчитывать на сохранение объемов потребления керамических стеновых материалов на уровне близком к уровню 2016 г. с последующим началом восстановительного роста с 2018 г.

А.А. СЕМЁНОВ, канд. техн. наук,
генеральный директор ООО «ГС-Эксперт»
(info@gs-expert.ru, <http://gs-expert.ru/>)



MAK-SAN
MAKINA SANAYI VE TICARET ANONIM SIRKETI

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, плинорыхлители, дезинтеграторы, камневыделительные вальцы, вальцы тонкого помола с гидropriжимом валков, бегуны, смесители, плинорастиратели) 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) – шнеки, рубашки, лопатки, шестерни, валшестерни, 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



Современная туннельная печь: новые технологии. Строительство и ремонт сушилок, печей и вагонеток на кирпичных заводах.



Данная тема стала предметом обсуждения участниками научно-технического семинара «Опыт реконструкции действующего кирпичного производства», одного из постоянных мероприятий МИАП КЕРАМТЭК. Семинар состоялся 15 февраля 2017 г. в Новосибирске.

В работе семинара приняли участие руководители и ведущие специалисты кирпичных заводов, инженеринговых компаний и фирм – производителей оборудования из шести регионов Урала и Сибири и трех зарубежных стран.

В этом году тема семинара была выбрана не случайно. Известно, что, отвечая требованию рынка, многие заводы начали технические изменения с массоподготовки и формовки, что позволило им улучшить внешний вид продукции и увеличить производительность. Однако некачественная сушка и обжиг могут погубить самый красивый сырец – это тоже прописная истина. Реконструкция тепловых агрегатов является уже более сложным, многодельным и затратным этапом реконструкции, к которому необходимо готовиться с учетом большого количества факторов.

О том, как проводили поэтапную реконструкцию на заводе ООО Предприятие «Стройкерамика» рассказал генеральный директор **А.Р. Кайзер** перед началом производственной экскурсии. Он отметил, что запуск завода пришелся не простое время начала глобальных социально-экономических перемен – 1991 г. Неплохо зарекомендовавший себя комплекс СМК-350, созданный на базе отечественного технологического оборудования по лицензии итальянской фирмы Unimorano, собирали буквально с «миру по нитке», что в дальнейшем отразилось на его качестве и надежности работы. Проектная мощность завода составляла 70 млн шт. усл. кирпича в год. Однако многие годы завод работал на 55–70% мощности, что было обусловлено многими факторами: постоянными поломками оборудования, несоответствием тепловых агрегатов качеству сырья, конъюнктурной необходимостью выпускать полнотельный кирпич и др.

После 2010 г. стала очевидна необходимость реконструкции предприятия. Во время подготовки к реконструкции руководство завода прорабатывало различные варианты изменения технологии и выбора партнеров. Предпочтение было отдано итальянской компании «ЭКИПСЕРАМИК С.А.», а строительство фактически новой печи поручили нескольким компаниям. В 2013 г. завод был остановлен на реконструкцию, которая была проведена в кратчайшие сроки.





В настоящее время завод выпускает полнотелый и лицевой кирпич нескольких цветов, что позволяет ему успешно конкурировать в жестких условиях кризиса. Как только позволит экономическая ситуация, на заводе запланированы мероприятия по дальнейшей реконструкции.

В рамках пленарного заседания было заслушано восемь докладов по теме семинара.

Р.Н. Одинцов, технолог компании «ЭКИПСЕРАМИК С.А.» (Италия), известный многим специалистам кирпичной промышленности еще по работе в знаменитом ВНИИСТРОМе, отметил преимущества туннельных печей, рассказал об их технической эволюции, а также представил новую разработку компании туннельную печь «Гауди».

После интересного исторического экскурса **В.В. Курнос**ов, канд. техн. наук, ген. директор ООО «КОМАС» (Москва), представил разработки компании для строительства и реконструкции тепловых агрегатов кирпичных заводов. Это конвекционно-инжекционные камерные сушилки, рекуперативные горелки и др. В результате их применения при модернизации десятков действующих предприятий объемы производства были увеличены в среднем до 35%, достигнуто снижение удельного расхода газа до 25%, значительно улучшено качество продукции.

На многих предприятиях отрасли до настоящего времени функционируют туннельные сушилки конструкции Росстромпроект. Их недостатки, с которыми трудно бороться, хорошо известны специалистам. Это расслоение сушильного агента по высоте, наличие зазоров между вагонетками, потолок и стенами туннеля, неравномерная сушка изделий в поперечном сечении туннеля, повышенный расход тепловой энергии. **В.Ю. Кузьмин**, ген. директор ООО «РОССТРОМИНВЕСТ» (Челябинск), предложил несложный, но действенный способ реконструкции таких печей путем установки рециркуляционного трубопровода с центробежными вентиляторами, подключаемыми к щелевым воздухораспределителям с попеременным включением по заданному циклу. Это позволяет усилить круговую циркуляцию теплоносителя внутри рабочих туннелей, сократить длительность цикла сушки, не зависеть от графика работы формовочного отделения, повысить качество сушки и сократить расход теплоносителя.

С большим интересом производственники встретили доклад **С.В. Серебrenникова**, технического директора ООО «Производственное объединение «Кирпичный завод» (г. Чайковский, Пермский край). На базе этого предприятия проводился семинар в ноябре 2015 г. По мнению Сергея Вильгельмовича, кольцевая печь со съёмным сводом, которая успешно эксплуатируется на Чайковском кирпичном заводе, является весьма экономичным обжиговым агрегатом, и списывать такие печи со счетов отечественной кирпичной промышленности преждевременно.

Печь Чайковского кирпичного завода имеет высоту обжигового канала 3,2 м и общую длину 78,6 м. Чтобы ликвидировать температур-

ный перепад по высоте, составлявший 80–100°C, применили так называемый импульсный обжиг. Примечательно, что практически всю работу по переводу печи на импульсный обжиг специалисты предприятия провели самостоятельно, привлекая со стороны только программистов. В результате перепад температуры по высоте камеры составляет 10–15°C, а расход газа сократился на 20%.

Одним из главных слагаемых успеха реконструкции действующего кирпичного производства является разработка правильной стратегии развития и составление оптимального оперативно-тактического плана. Однако сотрудники предприятия имеют четкие должностные инструкции, и их основной задачей является поддержание текущей работы предприятия. Стратегическое планирование технического развития не является основным видом деятельности сотрудников.

Для планирования и реализации процесса технологического развития производства необходимо обладать кроме общих знаний технологии специфическими знаниями по решению узких технологических задач; владеть современными методиками организации производственного процесса; актуальными предложениями на рынке по оборудованию и иным техническим средствам; пониманием специфики конкретного предприятия и его сырьевой базы; пониманием тенденций на рынке строительных материалов. Сложившаяся практика привлечения инжиниринговых компаний, в основном зарубежных, не всегда приводит к желаемому результату, в первую очередь по эффективности принятых решений и результата реконструкции.

Опыт сотрудничества ОАО «Черепановский завод строительных материалов» и Томского политехнического университета показал, что бюджетное взаимодействие завода и привлеченных специалистов может быть весьма эффективным. Об этом коллегам рассказали **А.Е. Абакумов**, канд. техн. наук, доцент кафедры ТСиН, и **Ю.В. Федотов**, технический директор завода. Были выявлены существенные внутренние резервы предприятия, созданного более 100 лет назад и эксплуатирующего технологии середины прошлого века. Опыт реконструкции Черепановского завода строительных материалов показал, что фактически устаревшие предприятия, находящиеся в провинции, работающие на твердом топливе, могут вполне успешно конкурировать с современными кирпичными заводами, делая упор на дешевую рабочую силу, дешевые энергоресурсы, использование вторичных тепловых ресурсов, более эффективное использование отечественного оборудования и технологий.

Конечно, зарубежные партнеры также сделали предложения кирпичным заводам, принимавшим участие в работе семинара.

Очередной научно-технический семинар по узкому вопросу реконструкции действующих производств вновь продемонстрировал высокую эффективность информационного обмена в таком формате для региональных предприятий.



УДК 691.41; 553.61

Ю.В. ТЕРЁХИНА¹, инженер (yuliya-2209@mail.ru); Б.В. ТАЛПА², канд. геол.-мин. наук,
А.В. КОТЛЯР¹, инженер¹ Донской государственный технический университет (344010, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1)² Южный федеральный университет (344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42)

Минералого-технологические особенности литифицированных глинистых пород и перспективы их использования для производства строительной керамики

Показана высокая перспективность вовлечения литифицированных глинистых пород, к которым относятся уплотненные и аргиллитоподобные глины, аргиллиты, туфоаргиллиты, глинистые и углистые сланцы, широко распространенные на территории России, для производства различных изделий строительной керамики. Представлены условия их формирования и связанные с этим особенности минералогического состава. Описан процесс иллитизации первичных смектит-гидрослюдистых глин. Дана краткая характеристика их технологических свойств и взаимосвязь с вещественным составом. Указывается, что гидрослюды различной степени кристалличности являются минералами – индикаторами степени литификации глинистых пород, что подтверждено электронно-микроскопическими исследованиями. Приводится условная классификация литифицированного глинистого сырья, пригодного для экструзионного и компрессионного способа формования изделий. Отмечается необходимость разработки четкой терминологии, методов испытаний и классификации литифицированного глинистого сырья, отражающих его качественные признаки и технологические свойства.

Ключевые слова: строительная керамика, глинистое сырье, литифицированные глинистые породы, гидрослюда, минералы-индикаторы, технология, аргиллиты, минералы.

Для цитирования: Терехина Ю.В., Талпа Б.В., Котляр А.В. Минералого-технологические особенности литифицированных глинистых пород и перспективы их использования для производства строительной керамики // *Строительные материалы*. 2017. № 4. С. 8–10.

Yu.V. TEREKHINA¹, Engineer (yuliya-2209@mail.ru); B.V. TALPA², Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy); A.V. KOTLYAR¹, Engineer¹ Don State Technical University (1, Gagarina Square, Rostov-on-Don, 344010, Russian Federation)² Southern Federal University (105/42, Bolshaya Sadovaya Street, Rostov-on-Don, 344006, Russian Federation)

Mineralogical-Technological Peculiarities of Lithified Clay Rocks and Prospects for Their Use in Building Ceramic Production

The high prospect of engagement clayey sediments, which are compacted and argillaceous clay, mudstone, totality, clay and carbonaceous shales, which are widespread on the territory of Russia, for the production of various products of building ceramics. The conditions of their formation and the associated features of their mineralogical composition. It describes the process of illitization primary smectite-hydrologist clay. Gives a brief description of their technological properties and correlation with physical structure. Indicates that hydrology different degrees of crystallinity are minerals-indicators of the degree of lithification of shale, which is confirmed by electron microscopic studies. Provides conditional classification clay raw materials suitable for extrusion and compression molding technology products. Is the need to develop clear terminology, test methods and classification clay raw materials, reflecting its qualitative characteristics and technological properties.

Keywords: building ceramic, argillaceous raw material, lithified clay rocks, hydromica, mineral-indicators, technology, mudstone, minerals.

For citation: Terekhina Yu.V., Talpa B.V., Kotlyar A.V. Mineralogical-technological peculiarities of lithified clay rocks and prospects for their use in building ceramic production. *Stroitel'nyye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 4, pp. 8–10. (In Russian).

Конец XX и начало XXI в. охарактеризовались разработкой широкой номенклатуры новых стеновых материалов (газобетон, фибропенбетон и др.), но несмотря на это, в индивидуальном жилищном строительстве ведущее место остается за керамическими материалами. Они обладают высокими технико-эксплуатационными характеристиками и архитектурной выразительностью, долговечностью и экологической чистотой и по совокупности свойств являются комфортными материалами. Строительство домов от эконом- до премиум-класса, дизайн интерьеров и ландшафтное оформление в настоящее время не обходятся без разнообразных керамических изделий, что влечет за собой увеличение выпуска продукции на действующих предприятиях и строительство новых заводов, позволяющих удовлетворить потребительский спрос на изделия с улучшенными качественными и эстетическими показателями. Кирпич «ручной формовки», ангобированные изделия, глазурованный кирпич, клинкерные изделия формируют отдельную группу на рынке керамических материалов, дополняя спрос на базовую продукцию строительной керамики – кирпич и камень.

Однако размещение заводов керамических материалов в мире, и в частности в России, ограничено рядом причин, одной из которых является редкая встречаемость месторождений глинистого сырья необходимого качества. Задачей работ, направленных на развитие минерально-

сырьевой базы для керамической промышленности России, является изучение и внедрение распространеного, доступного, выдержанного по мощности и простирающего высококачественного глинистого сырья, пригодного для производства широкого спектра керамических изделий, ранее считавшегося нетрадиционным. По мнению авторов, таким сырьем могут служить литифицированные глинистые породы, к которым относятся уплотненные и аргиллитоподобные глины, аргиллиты, туфо-аргиллиты, глинистые и углистые сланцы, широко распространенные на территории России, в странах СНГ и Европы.

Ресурсные, технические и экономические факторы благоприятствуют освоению данных осадочных пород в качестве исходного сырья для производства стеновой керамики. Во-первых, до настоящего времени мало проводилось систематизированных исследований литифицированных глинистых пород с целью получения на их основе керамических изделий с улучшенными показателями качества [1–4]. Во-вторых, особенностью залегающих вблизи поверхности месторождений литифицированных рельефообразующих глинистых пород является их значительная мощность (от первых сотен до 2000 м), что весьма актуально для расширения сырьевой базы регионов в условиях быстрого истощения запасов качественных глин. В-третьих, почвообразующие процессы на этих породах малоинтенсивные, для сельского хозяйства эти земли

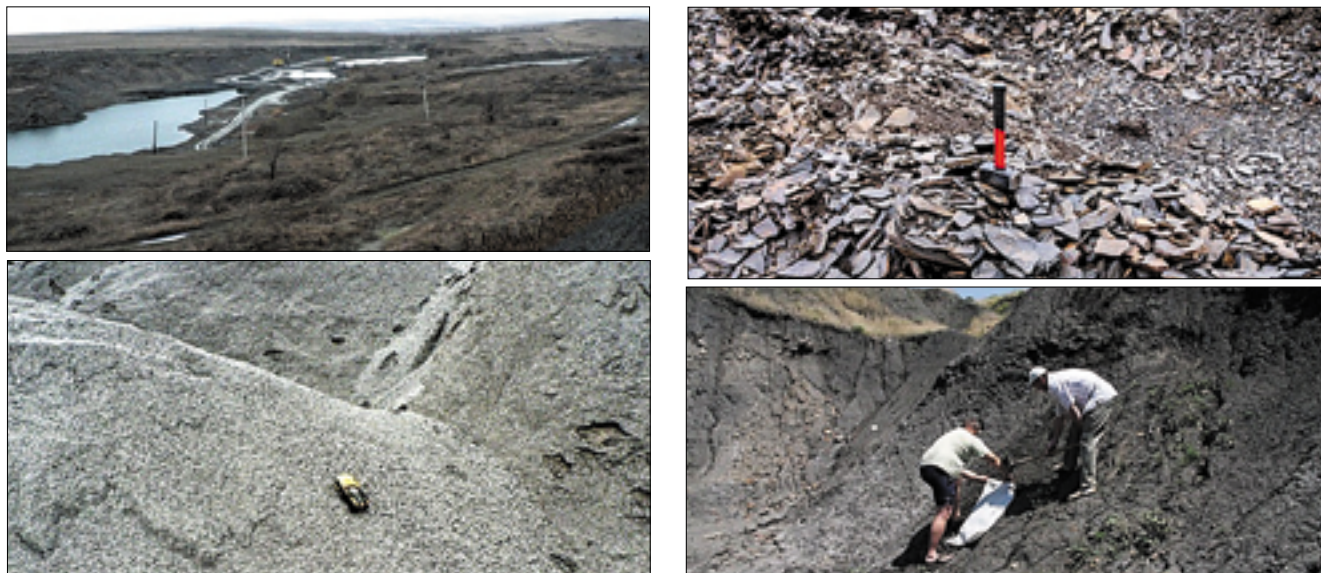


Рис. 1. Выходы литифицированных глинистых пород нижнемелового, среднеюрского и карбонового возрастов

малоценны и могут быть переведены в земли промышленного назначения.

Для широкого вовлечения литифицированных глинистых пород в качестве сырья для керамической отрасли необходима четкая терминология, отражающая качественные признаки сырья, разработка классификации, учитывающей геологические особенности и технологические свойства пород, методика испытаний и оценки данных пород, а также рекомендации по использованию видов с учетом их структуры, химического и минералогического составов.

Авторами исследованы литифицированные глинистые породы карбонового (Восточный Донбасс), нижне-среднеюрского (Западное, Центральное и Восточное Предкавказье) и нижнемелового (Западный Кавказ) возрастов (рис. 1).

Наиболее важными характеристиками глинистой породы являются минералогический состав и соотношение минералов, слагающих все фракции (глинистую, алевритовую, песчаную), а также степень их литификации. Минеральный состав песчаной и алевритовой фракций ($>0,01$ мм) глинистых пород определялся методами имерсионного анализа, а глинистая фракция ($<0,001$ мм) изучалась комплексом методов: рентгенометрическим, дифференциально-термическим и электронно-микроскопическим. Рентгеновское изучение глинистой фракции осуществлялось на приборе ДРОН-6,0 (рентгеновский дифрактометр) в лаборатории Института наук о Земле по ориентированным препаратам с естественного образца, прокаленного при температуре 600°C и насыщенного этиленгликолем.

Во всех исследованных препаратах зафиксированы пики 1430–1450, 9960–1040, 714–725, 500–09, 448, 426, 357–359 пм. На термически обработанных препаратах пики 714–725 и 357–359 исчезают, а пик 1450 пм смещается к 1460 пм. В насыщенных этиленгликолем образцах разбухания слоев не наблюдается. Все это свидетельствует о наличии каолинита и хлорита. Пик 334 пм принадлежит тонкодисперсному кварцу.

Минералогический состав глинистой фракции, составляющей большую часть литифицированных пород, рассчитанный по соотношениям интенсивностей пиков базальных отражений, представлен гидрослюдами типа иллита (50–70%), каолинитом (10–20%) и хлоритом (5–20%). Монтмориллонит (смектит) в исследованных литифицированных глинистых породах отсутствует.

При погружении древних осадочных толщ, находящихся в настоящее время на дневной поверхности, во

время катагенетических преобразований глинистых минералов происходит гидрослюдизация смектитов, т. е. превращение монтмориллонитового компонента в гидрослюда при литификации глинистых пород. Гидрослюдизация монтмориллонита осуществляется при температуре более 170°C и давлении свыше 850 атм. На территории Восточного Предкавказья эта граница соответствует глубине погружения осадочных толщ на 3500 м, в Западном Предкавказье – 3000 м. Выше этой границы нами отмечены пластичные глины, ниже – литифицированные глины разной степени. Степень литификации увеличивается с глубиной погружения древних первичных глин. Ниже этой границы в результате воздействия критического давления и температуры запускается процесс иллитизации смектитов [5–7]. Содержащиеся в первичных глинах смешанослойные образования ряда смектит–гидрослюда полностью превращаются в иллиты, при этом выделяют кристаллизационную воду; объем иллитовых пакетов глинистой породы снижается, возрастает пористость. Таким образом, на границе зоны иллитизации образуется область разуплотнения глин.

Процесс иллитизации можно разделить на две стадии. Первая стадия процесса реализуется в закрытой физико-химической системе. Жидкие и газообразные фазы не могут удалиться за ее пределы, и происходит значительный рост порового давления, глины не уплотняются. Вторая стадия процесса реализуется в открытой физико-химической системе. Освободившаяся вода дренируется пластинами-коллекторами и разломами. Водный раствор активно удаляется за пределы глинистых толщ. Глины уплотняются и переходят в аргиллиты [8, 9].

Естественная литификация (аргиллитизация) глинистых пород направленно подготавливает их к технологическим переделам при изготовлении сырца, снижая общие затраты на сушку и использование отошающих добавок, что приводит к гарантированному качеству изделий. Следует отметить, что практически все литифицированные глинистые породы содержат тонкодисперсную органику различного происхождения в среднем от 3 до 8 %, которая, сгорая при обжиге, уменьшает затраты на обжиг и увеличивает закрытую и открытую пористость.

По химическому составу литифицированные глинистые породы отличаются от обычных суглинков повышенным содержанием Al_2O_3 – 16–24% и K_2O – до 5%. Это обеспечивает широкий интервал спекания и высокую прочность керамического камня. Также они отличаются технологичностью. Отсутствие в составе глинистой по-

роды монтмориллонита значительно улучшает сушильные свойства сырца. Наличие до 20% каолинита в них расширяет интервал спекания, вплоть до получения керамического камня с водопоглощением ниже 2%. Не размокшие, не диспергированные частички литифицированной глины выполняют функцию отошителя, причем имеют тот же минералогический состав, что и основная масса сырца.

Гидрослюды различной степени кристалличности являются минералами – индикаторами степени литификации глинистых пород. В результате корреляции степени постседиментационных изменений изученных литифицированных глинистых пород и их пластичности определено, что каолинит-гидрослюдистые глинистые породы, прошедшие стадию начального катагенеза и раннюю стадию глубинного катагенеза, обладают умеренной и средней пластичностью и при вылеживании увеличивают ее. Это указывает на выбор методов приготовления сырца для получения обжиговых материалов из этих аргиллитов. Глинистые породы ранних этапов начального катагенеза пригодны для производства изделий пластическим методом формования сырца. Литифицированные глинистые породы более высокой степени катагенетических изменений имеют малую пластичность и пригодны для компрессионного формования или жесткой экструзии.

При электронно-микроскопических исследованиях фиксируются агрегаты пластинчатых кристаллов гидрослюды и каолинита, создающие своеобразный характерный тип поверхности. Агрегаты приурочены к крупным изометричным (610 мкм) или к удлинённым участкам (рис. 2).

С точки зрения технологических особенностей, изучение свойств разновидностей литифицированных глинистых пород – аргиллитоподобных глин, аргиллитов и

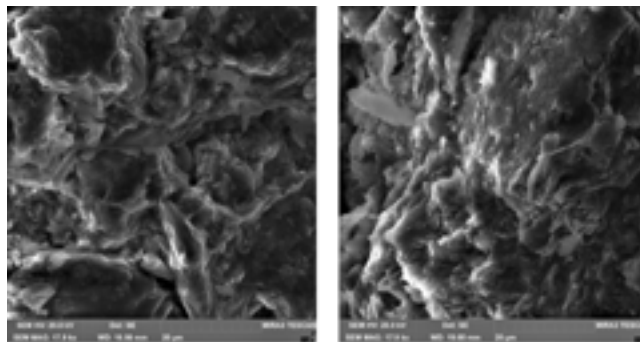


Рис. 2. Микроструктуры литифицированных глинистых пород глинистых сланцев – позволило установить, что наиболее литифицированные (камнеподобные, сухарные) глинистые породы пригодны для производства изделий способом компрессионного формования. На основе аргиллитоподобных, менее литифицированных глин представляется возможным производить изделия по способу как пластического, так и компрессионного формования, а также способом жесткой экструзии, что особенно актуально в связи с развитием производства стеновых крупноформатных камней с улучшенными теплофизическими характеристиками, а также клинкерного кирпича повышенной прочности.

Принимая во внимание вышеизложенное, а также учитывая постоянно возрастающую потребность отрасли в качественном сырье, можно констатировать, что использование нетрадиционных видов сырья – литифицированных глинистых пород является перспективным решением задачи по расширению сырьевой базы для производства керамических изделий широкой номенклатуры свойств.

Список литературы

1. 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.
2. 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.
3. Котляр А.В. Технологические свойства аргиллитоподобных глин при производстве клинкерного кирпича // *Вестник ТГАСУ*. 2016. № 2. С. 164–175.
4. Котляр А.В., Талпа Б.В., Лазарева Я.В. Особенности химического состава аргиллитоподобных глин и аргиллитов // *Строительные материалы*. 2016. № 4. С. 10–14.
5. Гаврилов Ю.О., Галкин В.А., Панов Д.И., Талицкий В.Г. Литолого-минералогические и структурно-геологические характеристики нижнесреднеюрского комплекса Большого Кавказа (район р. Терек) // *Литология и полезные ископаемые*. 1999. № 1. С. 58–77.
6. Гаврилов Ю.О., Соколова А.Л., Ципурский С.И. Терригенные отложения Центрального Кавказа в различных обстановках постдиагенетических преобразований (нижняя и средняя юра) // *Литология и полезные ископаемые*. 1992. № 6. С. 42–66.
7. Осипов В.И., Соколов В.Н. Глины и их свойства. Состав, строение и формирование свойств. М.: ГЕОС, 2013. 576 с.
8. Холодов В.Н. Новое в познании катагенеза. Инфильтрационный и гравитационно-рассольный катагенез // *Литология и полезные ископаемые*. 1982. № 3. С. 3–22.
9. Холодов В.Н. Элизонный катагенез // *Литология и полезные ископаемые*. 1982. № 5. С. 5–42.

References

1. Kotlyar V.D., Kozlov A.V., Kotlyar A.V., Terekhina Yu.V. Features of solid clay rocks of the Eastern Donbass as raw material for producing wall ceramics. *Vestnik MGSU*. 2014. No. 10, pp. 95–105. (In Russian).
2. 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).
3. Kotlyar A.V. Technological properties of claystone-like clays in clinker production. *Vestnik TGASU*. 2016. No. 2, pp. 164–175. (In Russian).
4. Talpa B.V., Kotlyar A.V., Lazareva Ya.V. Features of chemical compositions of argillite-like clays and argillites. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2016. No. 4, pp. 10–14. (In Russian).
5. Gavrillov Ju.O., Galkin V.A., Panov D.I., Talickij V.G. Litologo-mineralogicheskyy and structural and geological characteristics of a low-ersredneyursky complex of Greater Caucasus (area of the Terek River). *Litologija i poleznye iskopaemye*. 1999. No 1, pp. 58–77. (In Russian).
6. Gavrillov Ju.O., Sokolova A.L., Cipurskij S.I. Terrigenous deposits of Central Caucasus Mountains in various situations the postdiagenet-icheskih of transformations (lower and average Yura). *Litologija i poleznye iskopaemye*. 1992. No. 6, pp. 42–66. (In Russian).
7. Osipov V.I., Sokolov V.N. Gliny i ih svojstva. Sostav, stroenie i formirovanie svojstv [Clays and their properties. Structure, structure and formation of properties]. Moscow: GEOS. 2013, 576 p.
8. Holodov V.N. New in knowledge of a katagenes. Infiltration and gravitational and brine catagenesis. *Litologija i poleznye iskopaemye*. 1982. No. 3, pp. 3–22. (In Russian).
9. Holodov V.N. Lisiani katagenesis. *Litologija i poleznye iskopaemye*. 1982. No. 5, pp. 5–42. (In Russian).

УДК 666.32/36

А.Д. ПЕТЕЛИН¹, генеральный директор, В.И. САПРЫКИН¹, главный геолог;
В.А. КЛЕВАКИН², исполнительный директор, Е.В. КЛЕВАКИНА², главный технолог

¹ ЗАОр НП «Челябинское рудоуправление» (457000, Челябинская область, п. Увельский, ул. Советская, 9)

² ООО «НАНО КЕРАМИКА» (623103, Свердловская обл., г. Первоуральск, ул. 50 лет СССР, 18а–25)

Универсальные глины Нижне-Увельского месторождения для производства керамических строительных материалов

Обосновано повышение спроса на светложгущиеся и тугоплавкие глины со стороны предприятий производителей стеновых строительных материалов. Челябинское рудоуправление представлено как поставщик высококачественного селективного глинистого сырья с интервалом спекания 980–1300°C, которое производится в соответствии с техническим заданием потребителей с колебанием основных показателей в пределах 1%. Приведены некоторые свойства керамических стеновых изделий, изготовленных на основе глины Нижне-Увельского месторождения. Сделан вывод, что данные глины являются универсальными и пригодны для производства огнеупорных изделий, керамической плитки и высококачественных стеновых керамических материалов – клинкера и крупноформатных блоков.

Ключевые слова: глина беложгущаяся, глинистые минералы, минеральный состав, температура обжига, интервал спекания, экскаватор роторный, отвалообразователь, усреднение состава, клинкерный кирпич, крупноформатные блоки.

Для цитирования: Петелин А.Д., Сапрыкин В.И., Клевакин В.А., Клевакина Е.В. Универсальные глины Нижне-Увельского месторождения для производства керамических строительных материалов // *Строительные материалы*. 2017. № 4. С. 11–13.

A.D. PETELIN¹, Director General, V.I. SAPRYKIN¹, Chief Geologist; V.A. KLEVAKIN², Chief Executive (Vadim-Klevakin@mail.ru), E.V. KLEVAKINA², Engineer

¹ «Cheljabinskoe rudoupravlenie» ZAO NP (9, Sovetskaja Street, Settlement Uvel'skij, 457000, Cheljabinskaja Region, Russian Federation);

² «NANO KERAMIKA» OOO (18, A, 50 let SSSR Street, Pervoural'sk, 623100, Sverdlovskaja Region, Russian Federation)

Universality of Clays of the Nizhne-Uvelsky Deposit when Producing Ceramic Building Materials

An increase in demand for white-burning and high-melting clays from enterprise-manufacturers of wall building materials is substantiated. The Chelyabinsk Mine Group is presented as a supplier of the high quality selective clay raw material with a sintering interval of 980–1300°C which are produced in accordance with the technical specification of the consumers with variations of key indicators within 1%. Some properties of ceramic wall products produced on the basis of clays of the Nizhne-Uvelsky Deposit are presented. It is concluded that these clays are universal and suitable for production of fire-resistant products, ceramic tiles and high-quality wall ceramic materials – clinker and large-format blocks.

Keywords: white-burning clay, clay minerals, mineral composition, burning temperature, sintering interval, rotary excavator, stacker, averaging of composition, clinker brick, large-format blocks.

For citation: Petelin A.D., Saprykin V.I., Klevakin V.A., Klevakina E.V. Universality of clays of the Nizhne-Uvelsky deposit when producing ceramic building materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 4, pp. 11–13. (In Russian).

В настоящее время активно развивается производство различных строительных материалов, среди которых керамические блоки, керамзито-, пено-, шлако-, газобетон и др., которые по многим показателям эффективнее рядового керамического кирпича. Это является одной из причин снижения спроса на рядовой кирпич. Многие предприятия – производители керамического кирпича рассматривают перспективу перехода к выпуску лицевого кирпича, керамического крупноформатного камня и клинкера.

Большинство предприятий по производству керамического кирпича были построены в годы СССР, когда одним из основных материалов в строительстве был рядовой кирпич. В 1980–1990-е гг. началось строительство новых технологических линий преимущественно с использованием зарубежного оборудования, нацеленные на производство лицевого кирпича и/или крупноформатного камня. Однако, даже на высококлассном технологическом оборудовании не всегда можно получить качественный лицевой кирпич. Качество кирпича в значительной мере зависит от свойств глинистого сырья, используемого предприятиями.

Глины – осадочные породы, состоящие из высокодисперсных частиц собственно глинистых материалов, более крупных частиц первичных пород, воды и различных примесей. Они относятся к гидрофильным коллоидам и содержат большое количество воды, значительная часть которой находится в виде тонких прослоек, разделяющих набухшие твердые частицы. Характерные свойства глинистых суспензий определяются химико-

минералогическим составом глинистого вещества, а также видом и содержанием примесей, степенью дисперсности и отношением дисперсной фазы к дисперсионной среде.

Природные глины, имея различный гранулометрический состав, характеризуются различным содержанием высокодисперсной фракции (менее 0,1 мкм). Например, в каолинах содержится до 2% высокодисперсной фракции, в пластичных глинах – до 80%, а в бентонитовых – 10–60% [1].

Большинство предприятий по производству керамического кирпича, выпускающих рядовые изделия, используют легкоплавкое глинистое сырье. В таких глинах часто присутствует кремнезем в свободном состоянии. Установлено [2], что повышенное содержание свободного кремнезема указывает на наличие относительно большого количества песка. Это приводит к повышенной пористости керамического камня и меньшей механической прочности. Глины с повышенным содержанием песка являются непластичными, имеют низкую формующую способность и низкое содержание высокодисперсной фракции. Запесоченное сырье мало пригодно или совсем не пригодно для изготовления изделий сложного профиля. К таким изделиям относятся: лицевые изделия, изделия с повышенной пустотностью и камни керамические крупноформатные.

Основным решением по расширению ассортимента выпускаемой продукции и повышению ее качества является применение глинистого сырья с улучшенными характеристиками. К такому сырью относятся глины



Рис. 1. Роторный экскаватор и отвалообразователь на карьере Челябинского рудоуправления

Нижне-Увельского месторождения, добываемые Челябинским рудоуправлением.

Челябинское рудоуправление одно из старейших предприятий Уральского региона. Основано в 1926 г. на базе Вознесенского и Нижне-Увельского месторождения огнеупорных и формовочных глин и Галяминского месторождения формовочных песков. В 1946 г. силами работников рудоуправления был спроектирован и изготовлен в мастерских предприятия первый роторный экскаватор. Появление такого экскаватора позволило вести добычу глины послойно и таким образом добывать большее число различных сортов глин (огнеупорных и керамических). С 1966 г. на песчаном карьере внедрена новая в то время технология добычи песка — гидромеханизированная. В настоящее время постоянно ведутся работы по модернизации и изготовлению горного оборудования собственными силами (роторных экскаваторов, отвалообразователей) (рис. 1).

Добываемые рудоуправлением огнеупорные, керамические, формовочные глины и формовочные пески широко используются в различных отраслях промышленности России и стран ближнего зарубежья. Основные потребители продукции рудоуправления — крупнейшие металлургические и машиностроительные предприятия, а также огнеупорные заводы Российской Федерации, расположенные на Урале, в Московской области, Поволжье, Сибири и на Дальнем Востоке. Сырье является универсальным по химическим и физическим свойствам среди аналогичной продукции, добываемой на Урале, полностью отвечает требованиям ГОСТ 9169–75* «Сырье глинистое для керамической промышленности. Классификация».

Среди горнодобывающих предприятий Урала усреднение глин производят только на Челябинском рудоуправлении. Усреднение происходит на специально оборудованных складах. Оно достигается путем постоянного перемешивания и отслеживания физико-химических характеристик глин в лаборатории. Комплекс работ позволяет добиться усреднения основных показателей в пределах $\pm 1\%$ (рис. 2).

Основные свойства глин Нижне-Увельского месторождения и композиций на их основе постоянно изучаются на базе Южно-Уральского государственного университета.

С 2004 г. на карьерах Челябинского рудоуправления ведется селективная добыча сырья с различным содержанием Fe_2O_3 . Назначение селекции заключается в добыче определенных сортов глин, их смешении и усреднении на складе в соответствии с требованиями конкретного предприятия. Первым потребителем селективных сортов светложущихся глин стало ОАО «Ревдинский кирпичный завод» (г. Ревда, Свердловская область) [3]. После

успешных испытаний и выпуска светлого кирпича на ОАО «РКЗ» глину Нижне-Увельского месторождения начали применять на других предприятиях по производству керамического кирпича, в том числе ООО «КЕММА» (Челябинск). В настоящее время продукция Челябинского рудоуправления находит широкое применение в производстве цветного кирпича на Урале и в Поволжье.

С 2005 г. глина Нижне-Увельского месторождения широко используется на крупных предприятиях по производству керамического кирпича в качестве самостоятельного сырья для получения лицевого изделия светлых тонов или в качестве добавки к основной легкоплавкой глине для расширения цветовой гаммы продукции и улучшения физико-керамических свойств изделий. С 2016 г. на ОАО «РКЗ» данную глину используют в качестве добавки при производстве камня керамического крупноформатного для улучшения формующей способности и увеличения пластичности сырья.

В 2010 г. были проведены исследования по определению минерального состава кирпича, изготовленного из глины Нижне-Увельского месторождения с добавлением металлургического шлака. Температура обжига такого кирпича составляет $1020^\circ C$.

Минеральный состав (качественный фазовый состав) кирпича был определен рентгенофазовым анализом. При этом выявлено, что образец кирпича содержит в значительном количестве кварц SiO_2 , гематит $\alpha-Fe_2O_3$ и диопсид. Более точный фактический минеральный состав определен петрографическим методом (см. таблицу). Реальный минеральный состав представлен преимущественно, мас. %: стеклофазой 41–50, кварцем 15–35, анортитом 5–22 и диопсидом 8–12. Также присутствуют шпинель, магнетит и металлическое железо [4].



Рис. 2. Усреднение глинистого сырья в карьере

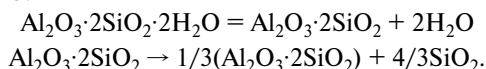
Минеральный состав кирпича из глины Нижне-Увельского месторождения с добавлением металлургического шлама, обожженного при температуре 1020°C

Минералы		Содержание минералов, мас. %*
Название	Химическая формула	
Гематит	$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$	3–4 / 3,5
Кварц	$\beta\text{-SiO}_2$	30–35 / 32,5
Стеклофаза	$\text{R}_2\text{O} \cdot \text{RO} \cdot \text{R}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2$	46–50 / 48
Анортит	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	6–8 / 7
Диопсид	$\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$	8–10 / 9
Магнетит	$\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\leq 0,5$
Железо (металлическое)	$\alpha\text{-Fe}$	$\leq 0,3$

* Перед чертой – пределы содержания, за чертой – среднее значение.

Интервал спекания глины Нижне-Увельского месторождения составляет 980–1300°C. Это позволяет использовать ее в том числе для производства клинкерного кирпича. Клинкер в настоящее время пользуется все большим спросом. Все это обусловлено физико-химическими превращениями при обжиге изделий. Спекание керамических материалов, при котором происходит формирование основных свойств готовой продукции, идет в несколько этапов. Первоначально происходит образование жидкой фазы, посредством которой идет взаимодействие между частицами, после чего начинается процесс кристаллизации муллита $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$. При максимальной температуре происходит перекристаллизация с получением пор, которые помогают диффузионному процессу равномерного распределения и гомогенизации на структурном уровне – стеклофазы, муллита и кристаллов кварца [5].

Термодинамическое разложение коалинита на метакоалин и воду становится возможным при температуре 527°C:



Образование муллита начинается при температуре 900°C. $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ образует игольчатые, призматические и волокнистые кристаллы с ясно различимой совершенной спайностью. Именно образование муллита и различных шпинелевидных модификаций кварца обеспечивает возможность получения высокомарочного керамического кирпича. При температуре 1100–1300°C муллит переходит в новую модификацию – кристобаллит, что способствует большему уплотнению частиц в объеме и, как следствие, к сужению образовавшихся пор. Это приводит к значительному снижению водопоглощения готовых изделий [6].

Таким образом, глины Нижне-Увельского месторождения универсальны и находят все большее применение не только для производства огнеупорных изделий и керамической плитки, но и для производства керамических лицевых изделий, а также и для производства клинкерного кирпича и камня керамического крупноформатного в соответствии с ГОСТ 530–2012.

Список литературы

1. Бобкова Н.М. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. Минск: Вышэйшая школа, 2007. С. 301.
2. Семериков И.С., Михайлова Н.А., Башкатов Н.Н. Технология строительных керамических материалов. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. С. 256.
3. Гомзяков В.В., Клевакин В.А., Иванова О.А. Перспективы развития ОАО «Ревдинский кирпич-

ный завод» на 2007 год // *Строительные материалы*. 2007. № 2. С. 39–41.

4. Петелин А.Д., Сапрыкин В.И., Клевакин В.А., Клевакина Е.В. Особенности применения глин Нижнеувельского месторождения в производстве керамического кирпича // *Строительные материалы*. 2015. № 4. С. 28–30.
5. Кашеев И.Д., Гомзяков В.В., Клевакин В.А. Производство цветного керамического кирпича // *Вестник УГТУ-УПИ*. 2005. № 14. С. 186–188.
6. Семериков И.С., Михайлова Н.А. Основы технологии художественной керамики. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. С. 264.

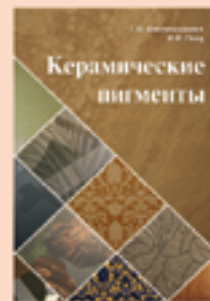
References

1. Bobkova N.M. et al. Obshchaya tekhnologiya silikatov [General technology of silicates]. Minsk: Vyshhejskaja shkola. 2007. 301 p.
2. Semerikov I.S., Mihajlova N.A., Bashkatov N.N. Tehnologija stroitel'nyh keramicheskikh materialov [Technology of construction ceramic materials]. Ekaterinburg: UGTU-UPI. 2008. P. 256.
3. Gomzyakov V.V., Klevakin V.A., Ivanova O.A. Perspectives of development of «Revdinskiy brick factory» for 2007. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2007. No. 2, pp. 39–41. (In Russian).
4. Petelin A.D., Saprykin V.I., Klevakin V.A., Klevakina E.V. Features of the use of nizhneuvelsky deposit clays in production of ceramic brick *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 4, pp. 28–30. (In Russian).
5. Kashcheev I.D., Gomzyakov V.V., Klevakin V.A. Manufacture of colored ceramic bricks. *Vestnik UGTU-UPI*. 2005. No. 14, pp. 186–188. (In Russian).
6. Semerikov I.S., Mikhailova N.A. Osnovy tekhnologii khudozhestvennoi keramiki [The basic technology of artistic ceramics.]. Ekaterinburg: UGTU-UPI. 2005. 264 p.

Книга «Керамические пигменты»

Авторы – Масленникова Г.Н., Пищ И.В.

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



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

удк 666.7

А.А. НАУМОВ, канд. техн. наук (alexej_naumov@list.ru)

Академия строительства и архитектуры Донского государственного технического университета (344000, г. Ростов-на-Дону, пер. Журавлева, 33)

Лицевой и клинкерный кирпич из кремнистого сырья Шевченковского месторождения

Представлены результаты исследований по определению возможности получения из опоковидного сырья Шевченковского месторождения лицевого и клинкерного кирпича способом полусухого прессования. Определено, что только при измельчении опоки менее 0,25 мм с последующей грануляцией массы значительно улучшаются физико-механические и декоративные свойства образцов. Установлено, что получение указанных изделий красного и желтого цветов возможно при добавлении в массу корректирующих добавок. Температурный интервал обжига для получения лицевых изделий – 1020–1050°C, клинкерных – 1050–1080°C. В состав масс для получения клинкерного кирпича дополнительно вводится тугоплавкая глина Владимирского месторождения.

Ключевые слова: кремнистое сырье, клинкерный кирпич, лицевой керамический кирпич, полусухое прессование, температура обжига.

Для цитирования: Наумов А.А. Лицевой и клинкерный кирпич из кремнистого сырья Шевченковского месторождения // *Строительные материалы*. 2017. № 4. С. 14–17.

A.A. NAUMOV, Candidate of Sciences(Engineering) (alexej_naumov@list.ru)

Academia of Civil Engineering and Architecture, Don State Technical University (33, Zhuravleva Lane, Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation)

Facing and Clinker Brick from Siliceous Raw Material of the Shevchenko Deposit

Results of the study of possibilities to produce facing and clinker brick from opoka-like raw materials of the Shevchenko deposit by a semi-dry pressing method are presented. It is determined that only when grinding the gaize to less than 0.25 mm followed by granulation of the mass, the physico-mechanical and decorative properties of samples are significantly improved. It is established that the production of these products of red and yellow colour is possible when introducing correcting additives in the mass. A temperature interval for burning of facing products is 1020–1050°C, for clinker products is 1050–1080°C. To produce clinker brick, high-melting clay of the Vladimirovskoe deposit is additionally introduced in the mass composition.

Keywords: siliceous raw material, clinker brick, facing ceramic brick, semi-dry pressing, burning temperature.

For citation: Naumov A.A. Facing and clinker brick from siliceous raw material of the shevchenko deposit. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 4, pp. 14–17. (In Russian).

Известно, что запасы огнеупорного и тугоплавкого глинистого сырья истощаются и все больший интерес проявляется к использованию нетрадиционного минерального сырья для производства качественной стеновой керамики [1–7]. В Ростовской области достаточно большие запасы кремнистого сырья [8, 9], одним из которых является опоковидное сырье Шевченковского месторождения, разведанное в 2007–2008 гг. Запасы сырья утверждены на производство рядового керамического кирпича полусухим способом прессования.

Однако в связи со значительным разбросом керамических свойств опоки детальная разведка продолжалась по горизонтам месторождения. Целью поисковых работ было определение возможности получения лицевого и клинкерного кирпича на базе вновь разведанных участков кремнистого сырья.

Исследования показали, что сырье содержит включения гипса в виде кристаллов и плотные каменные включения. Материал относится к группам среднепластичного, среднedisперсного, легкоплавкого, спекающегося сырья, по химическому составу – к кислой группе с высоким содержанием красящих оксидов. По минеральному составу сырье представлено монтмориллонитом и гидрослюдой, отмечается высокое содержание опала, цеолита и сульфатов. Сырье характеризуется высокой чувствительностью к сушке.

Характеристики кремнистого сырья представлены в табл. 1–3 и на рис. 1, 2.

Так как обожженные образцы, изготовленные по традиционной технологии (подсушка сырья и его измельчение менее 3 мм), по внешнему виду не удовлетворяли требованиям, предъявляемым к лицевым изделиям, была изменена технология подготовки пресс-порошка. Экспериментально установлено, что только

при измельчении сырья менее 0,25 мм происходит значительное улучшение физико-механических и декоративных свойств образцов. В этой связи при дальнейших исследованиях сырье измельчали менее 0,25 мм, затем из увлажненных масс получали гранулы диаметром 15 мм, которые после подсушки дробили менее 3 мм.

При использовании новой технологии подготовки структурная прочность сырца из чистой опоки составила 4,5–4,8 МПа. После обжига в интервале 950–1000°C были получены бездефектные образцы однотонного красного цвета, которые имели прочность при сжатии от 25,7 до 27,8 МПа, при изгибе 10,9–11,8 МПа. Водопоглощение образцов составляло от 9 до 12,1%, а морозостойкость не превышала 35 циклов. По внешнему виду образцы имели незначительные песочки, а по

Таблица 1
Содержание тонкодисперсных фракций

Размер фракции, мм	Более 0,06	0,06–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	Менее 0,001
Содержание фракций, %	13,5	17,32	1,28	18,18	49,71

Таблица 2
Содержание водорастворимых солей

Ионный состав водной вытяжки, мг-экв.						Содержание водорастворимых солей на 100 г пробы, мг-экв.
Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺ +Na ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	
0,68	0,1	1,4	0,28	1,6	0,3	4,36

Таблица 3

Химический состав

Химический состав, %											SiO ₂ несвяз.	С, орган.
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	ППП	сумма		
71,69	9,28	5,57	1,13	1,02	0,72	0,74	2,64	0,67	6,26	99,87	25,1	0,02

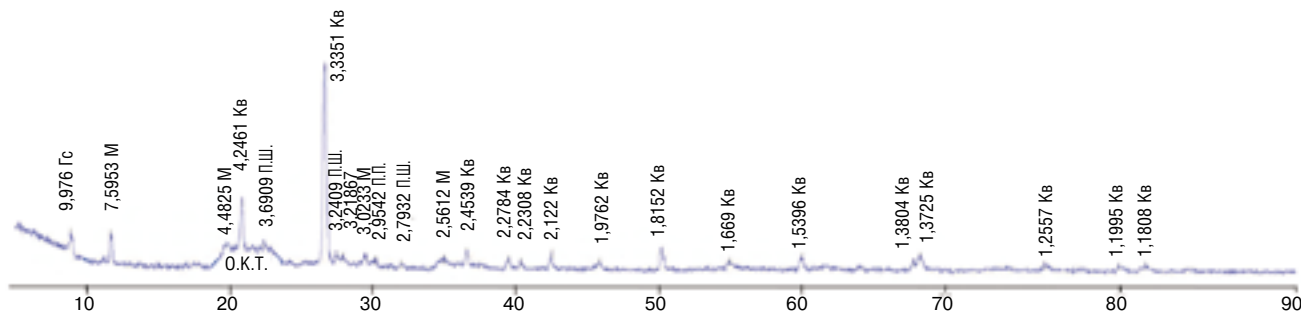


Рис. 1. Рентгенограмма опоки: Гс – гидрослюда; М – монтмориллонит; Кв – кварц; П.Ш. – полевоы шпат; Пл – плагиоклаз; О.К.Т. – опал-кристобалит-тримимитовая фаза

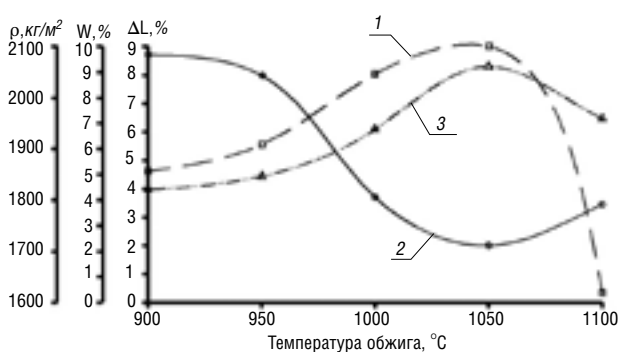


Рис. 2. Влияние температуры обжига на: 1 – среднюю плотность; 2 – водопоглощение; 3 – огневую усадку образцов из опоки

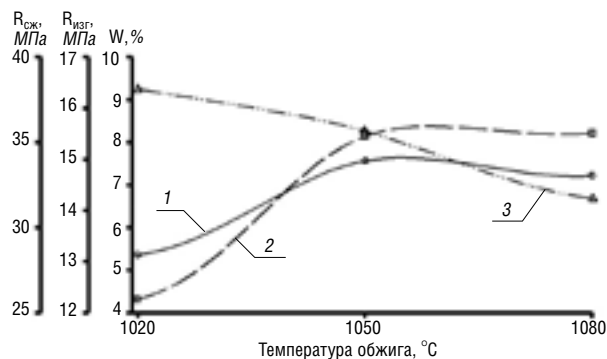


Рис. 3. Влияние температуры обжига на: 1 – прочность при сжатии; 2 – прочность при изгибе; 3 – водопоглощение образцов из опоки состава ОПО-1

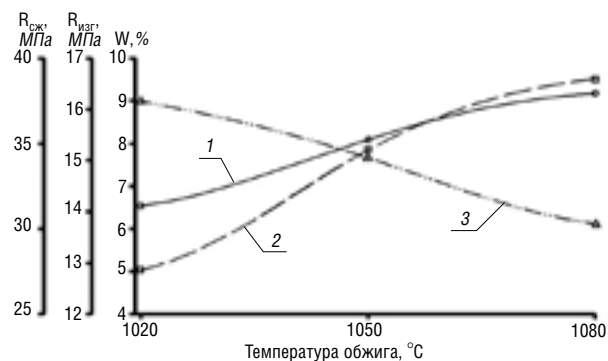


Рис. 4. Влияние температуры обжига на: 1 – прочность при сжатии; 2 – прочность при изгибе; 3 – водопоглощение образцов из опоки состава ОПО-2

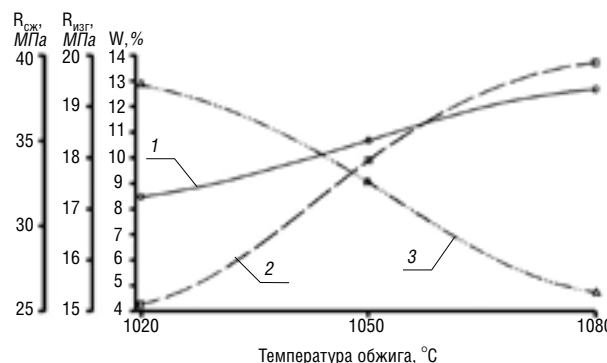


Рис. 5. Влияние температуры обжига на: 1 – прочность при сжатии; 2 – прочность при изгибе; 3 – водопоглощение образцов из опоки состава ОМО-1

Таблица 4

Состав шихты и характеристика опытных пресс-порошков

Шифр масс	Состав шихты, по мас. %						Влажность пресс-порошка, %	Зерновой состав: Размеры сит, мм, Остатки на ситах, %			Удельное давление прессования, МПа	Воздушная усадка образцов, %
	Опока	Мел	Песок	Отходы	«ЮНС»	ВаСО ₃		2	1	< 1		
ОПО-1	95	-	-	5	-	+0,3 (сверх 100 %)	12,2	40	25	35	25	0,8
ОПО-2	85	-	10	5	-	+0,3 (сверх 100 %)	13,4	37	29	34	25	0,8
ОМО-1	75	19	-	5	1	-	13,3	39	30	31	25	0,6

Состав шихты и характеристики обожженных при 1050–1080°C образцов клинкерных изделий

Наименование образца	Шифр масс	Состав шихты, мас. %							Влажность пресс-порошка, %	Усадки, %		Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности, МПа		Водопоглощение, %	Морозостойкость, циклы
		Опоки	Тугоплавкая глина	Мел	Песок	Отходы «ЮНС»	ВаСО ₃	Воздушная		Общая	при сжатии		при изгибе			
Клинкерный кирпич красного цвета	ОПО-Кл	65	20	-	10	5	-	+0,3 (сверх 100 %)	13,5	1	5,8–6	2010–2050	46,7–58,4	18,9–22,6	5,2–4,6	> 100
Клинкерный кирпич желтого цвета	ОМО-Кл	60	15	19	-	5	1	-	13,7	0,8	4–4,2	2000–2035	54,3–62,1	20,7–25,8	4,8–4	> 100

сле капиллярного подсоса на их поверхности отмечали белесый налет.

С целью улучшения морозостойкости и внешнего вида образцов при подготовке пресс-порошка в массу вводили тонкий песок, минерализатор – отходы при производстве фосфатных минеральных удобрений [10] и тонкоизмельченный ВаСО₃ (для устранения высолов после капиллярного подсоса).

Были подготовлены две опытные массы – ОПО-1 и ОПО-2 (табл. 4). Физико-механические свойства образцов и их зависимость от температуры обжига представлены на рис. 3 и 4.

На поверхности образцов обоих составов, обожженных при температуре более 1020°C, белесых высолов не появлялось.

Введение отходов производства удобрений способствовало повышению морозостойкости образцов, но при увеличении температуры обжига более 1050°C отмечалось незначительное их вспучивание.

Введение 10% песка совместно с отходами в состав массы позволило получить бездефектные образцы при обжиге в интервале температуры 1020–1080°C и повысить их морозостойкость до 100 циклов. При температуре 1080°C отмечается снижение водопоглощения до 6,1% и изменение цвета черепка. Дальнейшее повышение температуры приводило к вспучиванию образцов. В этой связи для устранения вспучивания черепка в массу добавляли тугоплавкую глину Владимирского месторождения марки ВКС-2 в количестве 20% за счет опоки, в результате чего при интервале обжига 1050–1080°C были получены бездефектные образцы красного цвета, по физико-механическим свойствам удовлетворяющие требованиям к клинкерному кирпичу (табл. 5).

Для получения изделий светлых тонов в качестве добавок, осветляющих черепок, использовали мел дисперсный, отходы производства минеральных удобрений, а также модификатор «ЮНС», способствующий осветлению черепка и связыванию водорастворимых солей в процессе обжига [11].

Подготовку масс проводили вышеприведенным способом.

При определении влияния осветляющих добавок на цвет и физико-механические свойства образцов установлено, что однородное изменение цвета черепка происходит при добавлении 20% осветляющих добавок. При температуре обжига 1000°C образцы имеют темно-желтый цвет, с увеличением количества осветляющих добавок до 23–25% цвет черепка изменяется до желтого. Образцы выдержали 100 циклов попеременного замораживания и оттаивания, после чего испытания прекратили.

Состав массы (ОМО-1) и физико-механические показатели обожженных образцов представлены в табл. 4 и на рис. 5.

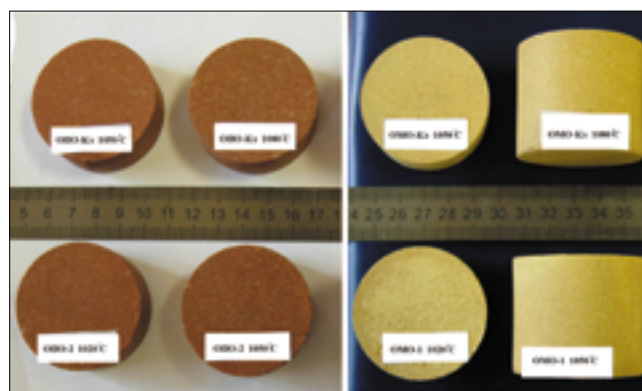


Рис. 6. Обожженные образцы

Проведенные исследования показали возможность использования данного состава для получения лицевого керамического кирпича желтого цвета (рис. 6). Так как полученные образцы по водопоглощению не удовлетворяют требованиям к клинкерному кирпичу, в массу было введено 15% тугоплавкой глины ВКС-2, которая позволила расширить интервал обжига на 30°C – от 1050 до 1080°C при получении образцов с водопоглощением 4–4,8%. Кроме того, возросли прочностные показатели образцов (табл. 5).

На основании проведенных исследований по использованию опоки Шевченковского месторождения для производства лицевого и клинкерного кирпича полусухого прессования можно сделать следующие выводы:

- исследованный вид сырья может быть использован для получения указанных изделий двух базовых цветов – красного и желтого при условии введения в состав массы добавок, корректирующих его свойства;
- для устранения плотных включений, ухудшающих внешний вид образцов, необходимо измельчение опоки менее 0,25 мм, что позволяет также улучшить спекание черепка;
- при подготовке пресс-порошка все компоненты должны быть тщательно перемешаны до получения однородной массы;
- при грануляции пресс-порошка рекомендуется следующий зерновой состав: фракция 3–2 мм – 35–40%; фракция 2–1 мм – 25–30%; фракция <1 мм – 30–35%. Влажность пресс-порошка должна составлять от 12,2 до 13,7%, а удельное давление прессования – 23–25 МПа;
- для получения качественных изделий перед обжигом необходима их подсушка до влажности 6%. Температурный интервал обжига для получения лицевых изделий – 1020–1050°C, для клинкерных изделий – 1050–1080°C.

Список литературы

1. Корнилов А.В. Нетрадиционные виды нерудного сырья для производства строительной керамики // *Строительные материалы*. 2005. № 2. С. 50–51.
2. Котляр В.Д. Стеновая керамика на основе кремнистых опал-кristобалитовых пород – опок. Ростов н/Д: ЗАО «Ростиздат». 2011. 277 с.
3. Котляр В.Д., Устинов А.В., Ковалёв В.Ю., Терёхина Ю.В., Котляр А.В. Керамические камни компрессионного формования на основе опок и отходов углеобогащения // *Строительные материалы*. 2013. № 4. С. 44–48.
4. Корнилов А.В., Пермяков Е.Н. Керамические материалы из местных нетрадиционных видов нерудного сырья // *Разведка и охрана недр*. 2009. № 10. С. 61–65.
5. Кара-сал Б.К., Сат Д.Х., Серен Ш.В., Монгуш Д.С. Стеновая керамика из нетрадиционных сырьевых материалов // *Строительные материалы*. 2016. № 4. С. 33–36.
6. Стороженко Г.И., Столбоушкин А.Ю., Мишин М.П. Перспективы отечественного производства керамического кирпича на основе отходов углеобогащения // *Строительные материалы*. 2013. № 4. С. 57–61.
7. Зубехин А.П., Яценко Н.Д. Теоретические основы инновационных технологий строительной керамики // *Строительные материалы*. 2014. № 1–2. С. 88–92.
8. Талпа Б.В. Перспективы развития минерально-сырьевой базы для производства светложгущейся стеновой керамики на Юге России // *Строительные материалы*. 2014. № 4. С. 20–23.
9. Ашмарин Г.Д., Ласточкин В.Г., Илюхин В.В., Минаков А.Г., Татьянчиков А.В. Инновационные технологии высокоэффективных керамических строительных изделий на основе кремнистых пород // *Строительные материалы*. 2011. № 7. С. 28–30.
10. Гуров Н.Г., Наумов А.А., Юндин А.Н. Повышение морозостойкости керамического камня полусухого прессования минеральной модифицирующей добавкой // *Строительные материалы*. 2012. № 5. С. 78–80.
11. Гуров Н.Г., Котлярова Л.В., Иванов Н.Н. Производство керамического кирпича светлых тонов из красножгущегося глинистого сырья // *Строительные материалы*. 2005. № 9. С. 58–59.

References

1. Kornilov A.V. Nonconventional types of nonmetallic raw materials for production of construction ceramics. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2005. No. 2. pp. 50–51. (In Russian).
2. Kotlyar V.D. Stenovaya keramika na osnove kremnistykh opal-kristobalitovykh porod – opok [Wall ceramics based on siliceous opal-cristobalite rocks – molding]. Rostov-on-Don: Rostizdat. 2011. 277 p. (In Russian).
3. Kotlyar V.D., Ustinov A.V., Kovalev V.Yu., Terekhina Yu.V., Kotlyar A.V. Ceramic stones of compression moulding on the basis of gaizes and coal preparation waste. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 4, pp. 44–48. (In Russian).
4. Kornilov A.V., Permykov E.N. Ceramic materials out of local nontraditional types of non-ore raw materials. *Razvedka i okhrana nedr*. 2009. No. 10, pp. 61–65. (In Russian).
5. Kara-sal B.K., Sat D.Kh., Seren Sh.V., Mongush D.S. Wall ceramics from non-traditional raw materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2016. No. 4, pp. 33–36. (In Russian).
6. Storozhenko G.I., Stolboushkin A.Yu., Mishin M.P. Perspectives of domestic production of ceramic bricks on the basis of waste of coal enrichment. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 4, pp. 57–61. (In Russian).
7. Zubekhin A.P., Yatsenko N.D. Theoretical bases of innovative technologies of building ceramics. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 1–2, pp. 88–92. (In Russian).
8. Talpa B.V. Prospects of development of mineral resources for production of the light-burning wall ceramics in the south of Russia. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 4, pp. 20–23. (In Russian).
9. Ashmarin G.D., Lastochkin V.G., P'yukhin V.V., Minakov A.G., Tat'yanchikov A.V. Innovative technologies of high-efficiency ceramic building products based on siliceous breeds. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 7, pp. 28–30. (In Russian).
10. Gurov N.G., Naumov A.A., Yundin A.N. Improvement of frost resistance of semidry pressing ceramic stone with a mineral modifying additive. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 5, pp. 78–80. (In Russian).
11. Gurov N.G., Kotlyarova L.V., Ivanov N.N. Production of a ceramic brick of light tones from the burning down is red clay raw materials. *Stroitel'nye Materialy*. [Construction Materials]. 2005. No. 9, pp. 58–59. (In Russian).

Химическая технология керамики

Авторы – коллектив ученых РХТУ им. Д.И. Менделеева, под редакцией И.Я. Гузмана

Издание 2-е, исправленное М: РИФ «Стройматериалы». 2012 г. 494 с.

В пособии освещены вопросы современного состояния технологии основных видов керамических изделий строительного, хозяйственно-бытового и технического назначения, а также различных видов огнеупоров. Книга соответствует программе общего курса химической технологии керамики и огнеупоров при наличии также курсов соответствующих специализаций. Подробно изложены характеристика сырья, проблемы подготовки керамических масс и их формование, особенности механизмов спекания, а также дополнительные виды обработки керамики: металлизация, глазурирование, декорирование, механическая обработка.

Описаны механические, деформационные, теплофизические, электрофизические свойства керамических изделий, в том числе при высокой температуре.

Учебное пособие рассчитано на студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» и специалистов, работающих в области технологии керамики и огнеупоров.

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





BOSCH

Разработано для жизни



Важное указание по технике безопасности

Добровольный отзыв угловых шлифовальных машин серии:

- ▶ **Серии PWS 20, PWS 1900 и PWS 2000** производства с июня до августа 2016 года
- ▶ **Серии GWS 20, GWS 22 и GWS 24** производства с июня до августа 2016 года
- ▶ **Модель GWS 24-230 JVX Professional с тормозом** производства с февраля до октября 2016 года
- ▶ **Отремонтированные в период с января до ноября 2016 года машины GWS 24-230 JVX Professional с тормозом независимо от даты производства**

- ▶ **С этого момента дальнейшее использование или передача/перепродажа этих инструментов не разрешается.**

Касается ли это Вашего инструмента, можно узнать

▶ **на веб-сайте: www.anglegrindercare.com или**

▶ **по телефону горячей линии (звонок бесплатный): 88001008007.**

Разумеется, соответствующие инструменты будут бесплатно отремонтированы или заменены.

Реконструкция и модернизация заводов по производству кирпича

ОАО «НИИСтроммаш» работает в машиностроительной отрасли с 1954 года. При его участии созданы десятки успешно функционирующих и в настоящее время заводов по производству керамического кирпича.



Рис. 1. Участок садки кирпича

За последние годы институтом проведена полная реконструкция более чем сорока технологических участков на предприятиях по выпуску строительных материалов, включая массопереработку, формовку, резку, садку, сушку, обжиг кирпича, разгрузку и упаковку готовой продукции.

На предприятии «Стройкерамика» (г. Чебоксары) в 2015–2016 гг. изготовлены, отлажены и сданы в эксплуатацию две автоматизированные линии для резки и укладки кирпича-сырца, разгрузки высушенного кирпича и садки его на печные вагонетки. Обе линии технологически связаны друг с другом общей системой передачи и накопления сушильной оснастки (рис. 1–2).

На Таганрогском кирпичном заводе более двух лет успешно работает автоматизирован-



Рис. 2. Участок транспортировки паллет

ная линия для разгрузки обожженного кирпича, укладки продукции на поддоны и обвязки готовых пакетов.

Все поставляемое оборудование оснащается системами автоматического управления (САУ), надежными и удобными в эксплуатации, выполненными на базе современной микропроцессорной и компьютерной техники.

Институтом разработаны автоматы-садчики для печных вагонеток модульного ряда шириной от 2,4 до 7 м с пакетами кирпича размером 1×1 м, а также для садки на вагонетки шириной 1,74; 2 и 3 м пакетов кирпича размером 0,75×0,75 и 0,75×1 м. Применение указанного оборудования позволяет внедрять автоматы пакетирования готовой продукции.

НИИСтроммаш готов работать по всему спектру вопросов, связанных с реконструкцией действующих и строительством новых заводов по производству кирпича.

ОАО «НИИСтроммаш»

Россия, 188300, г. Гатчина, Ленинградская обл., Железнодорожная ул., 45

Телефон: (81-371)-3-96-19

Email: niism@gtn.ru

Факс: (81-371)-3-78-44

www.niistrommash.com

УДК 666.9:658.567.1

А.Ю. СТОЛБОВОУШКИН¹, д-р техн. наук (stanyr@list.ru), А.И. ИВАНОВ¹, инженер (ivanovaliv1989@gmail.com), Д.В. АКСТ¹, инженер, О.А. ФОМИНА¹, канд. техн. наук; М.П. МИШИН², инженер (mishin_mp@mail.ru); В.А. СЫРОМЯСОВ¹, инженер

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

² ОАО «РЕМСТРОЙ-Н» (654002, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Мурманская, 54)

Неудачный опыт перепрофилирования уникального завода по производству кирпича из отходов углеобогащения и возможные пути его реконструкции*

В условиях необходимого перехода на безотходные технологии и рационального использования сырьевых ресурсов показан опыт работы уникального в мировой практике завода по производству керамического кирпича полусухого прессования на основе 100% отходов углеобогащения в городе Новокузнецке (Россия). Приведены основные причины снижения объемов производства кирпича и остановки кирпичного завода после более 20 лет бесперебойной работы. Рассмотрены попытки перепрофилирования кирпичного производства на выпуск коксовых и угольных брикетов. Представлены результаты исследований химического, минералогического состава и технологических свойств текущих отходов от обогащения угля различных угольных шахт юга Кузбасса на Центральной обогатительной фабрике «Абашевская» (Кемеровская обл.). Предложена перспективная схема реконструкции кирпичного завода, включающая комплексную переработку отходов углеобогащения вне зависимости от количественного содержания остаточного углерода.

Ключевые слова: отходы углеобогащения, керамический кирпич, полусухое прессование, реконструкция завода, угольные брикеты, пылеугольное топливо.

Для цитирования: Столбовушкин А.Ю., Иванов А.И., Акст Д.В., Фомина О.А., Мишин М.П., Сыромьясов В.А. Неудачный опыт перепрофилирования уникального завода по производству кирпича из отходов углеобогащения и возможные пути его реконструкции // *Строительные материалы*. № 4. С. 20–24.

A.Yu. STOLBOUSHKIN¹, Doctor of Sciences (Engineering) (stanyr@list.ru), A.I. IVANOV¹, Engineer (ivanovaliv1989@gmail.com), D.V. AKST¹, Engineer, O.A. FOMINA¹, Candidate of Sciences (Engineering), M.P. MISHIN², Engineer (mishin_mp@mail.ru), V.A. SYROMYASOV¹, Engineer

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

² REMSTROY-N OAO (54, Murmanskaya Street, Kemerovo Region, Novokuznetsk, 654002, Russian Federation)

Unsuccessful Experience in Restructuring the Unique Factory Manufacturing Bricks From Waste Coal and Possible Ways for its Renovation*

In the conditions of a necessary transition to wastes-free technologies and rational use of mineral resources the experience of operation of a unique in the world practice factory producing ceramic bricks from 100% of waste coal by the method of semi-dry molding in Novokuznetsk (Russia) is described. The main factors for decrease in the production volumes and the factory shutdown after more than 20 years of trouble-free operation are provided. The attempts to restructure the bricks manufacturing factory to production of coke and coal briquettes are considered. The examination results of chemical, mineralogical composition and technological properties of the current waste coal from different coal mines, located in the south of Kuzbass, at the Central Processing Plant "Abashevskaya" in Kemerovo region are given. The perspective scheme of the brick factory renovation including a complex processing of waste coal, irrespective of the residual carbon content in the wastes, is offered.

Keywords: waste coal, ceramic brick, semi-dry molding, factory renovation, coal briquettes, coal-dust fuel.

For citation: Stolbovushkin A.Yu., Ivanov A.I., Akst D.V., Fomina O.A., Mishin M.P., Syromyasov V.A. Unsuccessful experience in restructuring the unique factory manufacturing bricks from waste coal and possible ways for its renovation. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 4, pp. 20–24. (In Russian).

Многолетняя работа предприятий тяжёлой промышленности привела к накоплению миллиардов кубометров отходов, имеющих, как правило, алюмосиликатную основу [1]. Особенно сложная экологическая ситуация наблюдается в индустриальных регионах Российской Федерации, и через несколько десятилетий эти территории могут стать непригодными для нормального проживания без кардинального изменения экологической политики производства (Послание Президента Федеральному собранию. 1 дек. 2016 г. <http://kremlin.ru/events/president/news/53379>). Для при-

влечения внимания общества к вопросам экологического развития, сохранения биологического разнообразия и обеспечения экологической безопасности 2017 год объявлен в России Годом экологии (Указ Президента Российской Федерации от 05 янв. 2016 г. № 7. <http://www.kremlin.ru/acts/bank/40400>).

В этих условиях на фоне истощения природных сырьевых ресурсов актуальна разработка новых технологий, ориентированных на эффективное использование техногенных отходов. Особенно полезным при этом является изучение и

учет производственного опыта прошлых лет. В керамической отрасли в конце 80-х гг. в г. Ермаке (Республика Казахстан) был построен и успешно работал кирпичный завод, выпускавший «золокерам» на основе текущих зол ТЭС (до 80 мас. % в составе шихты) [2]. В 90-е гг. в г. Новокузнецке (Россия) был запущен уникальный в мировой практике цех-завод по производству керамического кирпича полусухого прессования на основе 100% отходов углеобогащения (породы) Центральной обогатительной фабрики (ЦОФ) «Абашевская» [3].

*Исследования проведены при поддержке Минобрнауки РФ, шифр проекта № 7.7285.2017/БЧ «Фундаментальные исследования в области строительных керамических композиционных материалов с матричной структурой на основе техногенного и природного сырья».

*The research was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, the code of the project No. 7.7285.2017/BC «Fundamental research in the field of building ceramic composites with a matrix structure based on technogenic and natural raw materials».



Рис. 1. Завод по производству керамического кирпича полусухого прессования из 100% отходов углеобогащения ЦОФ «Абашевская» в Новокузнецке (2017 г.)

После успешного запуска в 1986 г. запланированная производительность отечественного предприятия была достигнута уже на третий год его работы и составила 10 млн шт. усл. кирпича/г. В течение нескольких десятилетий завод успешно работал и выпускал рядовой и лицевой кирпич марок М100–150 [4].

В 1990 г. с целью увеличения количества перерабатываемых отходов и наращивания объемов выпускаемой продукции были проведены работы по подготовке к запуску второй очереди завода мощностью 20 млн шт. усл. кирпича/г. Для этого был смонтирован еще один производственный корпус, выстроено два этажа административно-бытового здания, закуплено и частично завезено крановое и технологическое оборудование. Однако после развала нашей страны этим планам не суждено было осуществиться, и завод постигла участь многих промышленных предприятий СССР. Масштабный разлом народнохозяйственной системы привел к остановке развития, а в дальнейшем и к нарушению нормальной работы завода (рис. 1).

Технологическая схема производства включала в себя отбор с фабрики отходов гравитационного углеобогащения крупностью более 13 мм, влажностью 13% и содержанием 4–6,5% углерода, их дробление на щековой дробилке и последующее измельчение в шахтной мо-

лотковой мельнице. Высушенный до 4% порошок полифракционного состава поступал на увлажнение в двухвальный смеситель СМ-1238 для получения однородной массы влажностью 6–8%. Затем в стержневом смесителе СК-08 происходила окончательная гомогенизация и уплотнение пресс-порошка [5].

На прессах СМ-1085Б осуществлялось прессование кирпича-сырца

с 17 сквозными пустотами. Сушка при температуре 100–120°C и обжиг производились в 129-метровой туннельной печи Ленингипрострома. Режим обжига рассчитывался с учетом протекания реакции горения угля в теле кирпича-сырца, при этом продолжительность термической обработки составляла 56 ч для полного выгорания углерода. В результате разработанная Институтом горючих ископаемых совместно с ВНИИ-стромом технология обеспечивала после выхода завода на проектную мощность выпуск лицевого кирпича марки М150 (более 50% от общего объема производства) при соблюдении требований регламента по вещественному составу углеотходов.

В постперестроечные 1990-е гг. выпуск лицевых изделий сократился до 25–30%, а в начале 2000-х гг. завод выпускал только рядовой кирпич минимальной марки и после 22 лет работы был остановлен в 2009 г. (рис. 2).

По мнению авторов, основными причинами остановки производства кирпича из отходов углеобогащения явились:

- ухудшение показателей по обогащению угля на ЦОФ «Абашевская» и, как следствие, вынужденное использование в производстве кирпича углеотходов с завышенным в несколько раз содержанием остаточного углерода (до 25–27 мас. %);

- физический износ и моральное устаревание действующего технологического оборудования, отсутствие возможности провести планировавшиеся с советских времен модернизацию и развитие производства;



Рис. 2. Действовавшее в 2008 г. и текущее состояние кирпичного производства, остановленного в 2009 г.

– нарушение производственно-хозяйственных связей цеха с обогатительной фабрикой как единого механизма, вызванное их раздельной приватизацией;

– введение в действие ГОСТ 530–2007 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия», ужесточившего требования к минимальной марке кирпича, прежде всего по прочности и морозостойкости.

После остановки кирпичного завода руководством были предприняты попытки перепрофилирования производства на выпуск угольных брикетов (рис. 3).

В 2010 г. прессы СМ-1085Б были переоборудованы под выпуск коксовых брикетов в виде прессованных цилиндров диаметром 90 мм (рис. 3, в). Изменения коснулись прежде всего переоснастки кирпичных пресс-форм (рис. 3, б), в которые были вварены цилиндры, быстро приходившие в негодность ввиду большой абразивности материала. В качестве связки для брикетов из угольного концентрата использовалась патока свекловичная – меласса (Алтайский край). Высокие эксплуатационные издержки, связанные с частым выходом из строя прессового оборудования и заменой пресс-форм, не обеспечили рентабельную работу цеха.

В 2011 г. была предпринята еще одна попытка наладить стабильное производство угольных брикетов. Для этого было приобретено и установлено специализированное оборудование (рис. 3, г, д), включающее горизонтальный лопастной смеситель и брикетировующий пресс ARP-50 фирмы Acan Machine (Турция). При выпуске опытной партии угольных брикетов (рис. 3, е) возникали проблемы технологического характера, которые часто приводили к недопрессовке и, как следствие, невысокой прочности топливных изделий. Кроме того, из-за низкого потребительского спроса на новый вид топлива, рассчитанного на импортное печное оборудование, возникли сложности со сбытом готовой продукции. Таким образом, опыт по перепрофилированию кирпичного завода на выпуск угольных брикетов оказался неудачным.

За более чем два десятилетия работы уникального кирпичного завода был накоплен огромный практический опыт и выработаны требования к вещественному составу отходов углеобогащения для производства керамического кирпича: содержание угля не должно превышать 5–6%; зольность 85±5%; SiO₂ не менее 54%; Al₂O₃ 19–21%; содержание CaO и MgO ≤6%; содержание железа для поддержания цвета 5–6%.



Рис. 3. Оборудование по выпуску топливных брикетов (текущее состояние): а – пресс СМ-1085Б; б – кирпичная пресс-форма, переоборудованная под выпуск цилиндрических коксовых брикетов диаметром 90 мм (в); г – горизонтальный лопастной смеситель; д – брикетировующий пресс ARP-50 фирмы Acan Machine; е – капсулированные угольные брикеты 80×50×40 мм



Рис. 4. Технологическая схема производства керамического кирпича и угольных брикетов из отходов углеобогащения ЦОФ «Абашевская»

По убеждению авторов, в сложившейся ситуации, учитывая накопленный производственный и научно-исследовательский опыт [6, 7], необходим рациональный подход к реконструкции уникального кирпичного завода. Создание современного безотходного производства, работающего с полным циклом переработки отходов согласованно с обогатительной фабрикой, соответствует приоритетному направлению развития науки, технологий и техники Российской Федерации в области рационального природопользования (Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации: Указ Президента РФ от 7 июля 2011 г. № 899. <https://www.nspu.ru/upload/>

[innovacii/ukaz_899.pdf](https://www.nspu.ru/upload/innovacii/ukaz_899.pdf)). Решение этой стратегически важной государственной задачи будет способствовать улучшению экологической обстановки в Кузбассе [8].

Для восстановления и дальнейшего успешного функционирования кирпичного завода в Новокузнецке авторами предложена схема производства керамического кирпича и угольных брикетов из отходов углеобогащения ЦОФ «Абашевская» (рис. 4), включающая вторичное сухое обогащение поступающих отходов, при этом извлеченная дисперсная угольная масса идет в качестве пылеугольного топлива на сушку и обжиг кирпича из пустой породы, а излишки поступают на брикетирование.

С точки зрения экономической привлекательности следует отметить,

Таблица 1

Отходы углеобогащения	Массовая доля компонентов на высушенное вещество, %									
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO ₂	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	ППП
Шахта «Ерунаковская»	51,3	0,76	14,72	2,91	0,06	1,44	1,26	2,8	0,81	23,31
Шахта «Усковская»	58,49	0,76	15,07	3,07	0,11	1,73	3,28	3,07	1,3	12,99
Шахта «Есаульская»	55,68	0,75	15,28	3,23	0,07	1,69	2,01	3,4	1	16,63
Шахта «Осинниковская»	56,87	0,78	15,17	3,98	0,13	1,96	4,78	2,94	1,36	12,01

Таблица 2

Отходы углеобогащения	Наименование минералов		
	глинистые	неглинистые	примеси
Шахта «Ерунаковская»	Гидромусковит, каолинит, монтмориллонит	Кварц, кальциевый полевой шпат	Кальцит, хлорит
Шахта «Усковская»	Гидромусковит, каолинит, монтмориллонит	Кварц, кальциевый полевой шпат	Сидерит, кальцит, хлорит
Шахта «Есаульская»	Гидромусковит, монтмориллонит, каолинит	Кварц, кальциевый полевой шпат	Гематит, кальцит, хлорит
Шахта «Осинниковская»	Гидромусковит, каолинит	Кварц, кальциевый полевой шпат	Кальцит



Рис. 5. Жилые дома из керамического кирпича на основе 100% отходов углеобогащения ЦОФ «Абашевская» в Орджоникидзевском районе Новокузнецка (2017 г.)

что завод расположен при ЦОФ «Абашевская» и соединен с ней галереями, по которым транспортерными лентами подавались текущие отходы углеобогащения. Благодаря этому возможно максимальное сокращение издержек на производство керамического кирпича. Исключаются затраты на добычу сырья и его транспортировку автосамосвалами из карьера, нет необходимости возводить шихтозапасники, минимизируются затраты на сушку и обжиг кирпича за счет использования пылеугольного топлива.

В настоящей работе представлены результаты исследований потенциального сырья – углеотходов ЦОФ «Абашевская», получаемых от

обогащения угля шахт юга Кузбасса: «Ерунаковская», «Усковская», «Есаульская» и «Осинниковская». Химический и минералогический составы техногенного сырья приведены в табл. 1, 2 соответственно.

Следует отметить, что по химико-минералогическому составу исследуемые отходы шахт не соответствуют предъявляемым требованиям к сырью для производства керамического кирпича. Однако за счет реализации вторичного обогащения углеотходов на кирпичном заводе возможно использование сырья с различным содержанием угля.

В рамках исследования сырьевых материалов была определена

пластичность тонкоизмельченных (класс -300 мкм) углеотходов (табл. 3) по ГОСТ 21216.1–93 (числитель) и методом Пфедеркорна (знаменатель). Оба метода дали сопоставимые результаты, при этом с увеличением пластичности отходов метод Пфедеркорна показал незначительное снижение числа пластичности по сравнению с традиционным определением. По пластичности наиболее подходящими для керамической технологии являются углеотходы шахты «Ерунаковская».

Анализ многолетнего опыта работы кирпичного завода, причин его остановки и проведенные исследования потенциального техногенного сырья показали перспективность комплексной реконструкции уникального кирпичного производства. С учетом значительного разброса по остаточному содержанию углистых частиц в текущих отходах углеобогащения ЦОФ «Абашевская» необходимо кардинально изменить процесс массоподготовки, что обеспечит стабильный выпуск керамической продукции высокого качества (лицевой кирпич марки 150–200) [9]. Хорошие результаты показали опытно-промышленные испытания по обогащению шихты из техногенного сырья глинистой компонентой и формированию матричной структуры керамики [10]. Положительными моментами следует считать возможное самообеспечение реконструируемого кирпичного завода теплоэнергоресурсами [11], а также получение дополнительного продукта – угольных брикетов.

Важным фактором с точки зрения проверки потребительских свойств, и прежде всего долговечности и экологической безопасности керамического кирпича из углеотходов является его

Таблица 3

Отходы углеобогащения	Влажность, %		Число пластичности	Классификация по ГОСТ 9169–75
	на границе текучести	на пределе раскатывания		
Шахта «Ерунаковская»	11,8 11,2	22,8 22,4	11 11,2	Умереннопластичная
Шахта «Усковская»	11,8 11,1	19,7 18,6	7,9 7,5	Умереннопластичная
Шахта «Есаульская»	12,4 11,9	22,6 21,8	10,2 9,9	Умереннопластичная
Шахта «Осинниковская»	11 10,3	17,5 16,7	6,5 6,4	Малопластичная

эксплуатация в реальных условиях городской среды. В Орджоникидзевском районе г. Новокузнецка выстроено несколько микрорайонов из 5–9-этажных жилых домов, которые с успехом экс-

плуатируются более 25 лет и прекрасно выглядят в настоящее время (рис. 5).

Приведенные выше аргументы свидетельствуют в пользу восстановления и реконструкции уникального

кирпичного завода в Новокузнецке, которые при поддержке местных и региональных властей могут стать перспективным направлением для инвестиций в экономику региона. Предпосылками для этого являются ничтожные капитальные затраты на новое строительство, практически неисчерпаемый источник сырья и свободная ниша на рынке сбыта из-за отсутствия на юге Кузбасса действующих в настоящее время предприятий по выпуску керамического кирпича.

Кроме того, восстановление и запуск новых производств в крупных проблемных моногородах имеют важное социально-политическое значение для их перспективного развития и предотвращения оттока местных жителей в активном работоспособном возрасте в другие регионы страны.

Список литературы

1. Рахимов Р.З., Магдеев У.Х., Ярмаковский В.Н. Экология, научные достижения и инновации в производстве строительных материалов на основе и с применением техногенного сырья // *Строительные материалы*. 2009. № 12. С. 8–11.
2. Сайбулатов С.Ж., Сулейменов С.Т., Ралко А.В. Золокерамические стеновые материалы. Алма-Ата: Наука, 1982. 292 с.
3. Шпирт М.Я., Рубан В.А., Иткин Ю.В. Рациональное использование отходов добычи и обогащения углей. М.: Недра, 1990. 224 с.
4. Бурмистров В.П., Усанова Е.П., Орловская В.Н. Долговечность изделий стеновой керамики из отходов углеобогащения // *Строительные материалы*. 1989. № 8. С. 18–19.
5. Столбоушкин А.Ю., Карпачева А.А., Иванов А.И. Стеновые керамические изделия на основе отходов углеобогащения и железосодержащих добавок. Новокузнецк: Интер-Кузбасс, 2011. 156 с.
6. Столбоушкин А.Ю., Бердов Г.И. Ресурсосберегающая комплексная переработка минерального сырья в производстве строительных материалов // *Известия высших учебных заведений*. Строительство. 2011. № 1. С. 46–53.
7. Столбоушкин А.Ю., Стороженко Г.И. Отходы углеобогащения как сырьевая и энергетическая база заводов керамических стеновых материалов // *Строительные материалы*. 2011. № 4. С. 43–46.
8. Волынкина Е.П. Развитие концепции управления отходами в металлургии // *Экобюллетень ИНЭКА*. 2007. № 4. С. 45–50.
9. Стороженко Г.И., Столбоушкин А.Ю., Мишин М.П. Перспективы отечественного производства керамического кирпича на основе отходов углеобогащения // *Строительные материалы*. 2013. № 4. С. 57–61.
10. 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.
11. Stolboushkin A.Yu., Ivanov A.I., Temlyantsev M.V., Fomina O.A. Rational preparation of waste coal mixture for production of bricks by the method of compression molding. *IOP Conference Series: International Scientific and Research Conference on Knowledge-based Technologies in Development and Utilization of Mineral Resources*. 2016. Vol. 456 pp. 1 6. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/45/1/012017>.

References

1. Rakhimov R.Z., Magdeev U.Kh., Yarmakovskiy V.N. Ecology, scientific achievements and innovations in construction materials production based on and with application of technogenic raw material. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2009. No. 12, pp. 8–11. (In Russian).
2. Saybulatov S.Zh., Suleymenov S.T., Ralko A.V. Zolokeramicheskie stenovye materialy. [Ash-ceramic wall materials]. Alma-Ata: Nauka. 1982. 292 p.
3. Shpirt M.Ya., Ruban V.A., Itkin Yu.V. Rational use of waste coal. M.: Nedra. 1990. 224 p.
4. Burmistrov V.P., Usanova E.P., Orlovskaya V.N. Durability of wall ceramics products from waste coal. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 1989. No. 8, pp. 18–19. (In Russian)
5. Stolboushkin A.Yu., Karpacheva A.A., Ivanov A.I. Stenovye keramicheskie izdeliya na osnove otkhodov ugleobogashcheniya i zhelezosoderzhashchikh dobavok [Wall ceramics products from waste coal and iron-containing additives]. Novokuznetsk: Inter-Kuzbass. 2011. 156 p.
6. Stolboushkin A.Yu., Berdov G.I. Complex resources saving processing of mineral raw material in the production of construction materials. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Stroitel'stvo*. 2011. No. 1, pp. 46–53. (In Russian).
7. Stolboushkin A.Yu., Storozhenko G.I. Waste coal as a raw material and energy base for factories producing ceramic wall materials *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 4, pp. 43–46. (In Russian).
8. Volinkinf E.P. Development of the conception of waste management in metallurgy. *Ecobulletin INEKA*. 2007. No. 4, pp. 45–50. (In Russian).
9. Storozhenko G.I., Stolboushkin A.Yu., Mishin M.P. Perspectives of the domestic production of ceramic brick from waste coal. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 4, pp. 57–61. (In Russian).
10. Stolboushkin A.Yu., Berdov G.I., Vereshchagin V.I., Fomina O.A. Ceramic wall materials of matrix structure based from none-coking low-plasticity technogenic and natural raw materials *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2016. No. 8, pp. 19 23. (In Russian).
11. Stolboushkin A.Yu., Ivanov A.I., Temlyantsev M.V., Fomina O.A. Rational preparation of waste coal mixture for production of bricks by the method of compression molding. *IOP Conference Series: International Scientific and Research Conference on Knowledge-based Technologies in Development and Utilization of Mineral Resources*. 2016. Vol. 4, pp 1 6. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/45/1/012017>.

ООО «КОМАС» 25 лет

Комплексные технологии тепловой обработки керамического кирпича

ООО «КОМАС» (Комплексные автоматизированные системы) – организовано в 1992 г. на базе лаборатории автоматизации головного института СССР в области печестроения ВНИПИ-Теплопроект.

В 1990-е гг. с использованием разработок института реализованы проекты строительства кольцевой печи Губцевского кирпичного завода, туннельных печей Михневского и Югорского кирпичных заводов с использованием керамоволокнистых огнеупоров и микропроцессорных систем управления. Разработаны и запатентованы вертикальные печи для скоростного обжига керамического кирпича. В 1998 г. осуществлена наладка туннельной печи и камерной сушилки Лосиноостровского завода стройматериалов.

Используя полученный опыт, в 2000 г. специалисты ООО «КОМАС» разработали, запатентовали, сертифицировали и приступили к изготовлению печей струйно-факельного нагрева (СФН) для различных отраслей промышленности; воздухонагревателей смесительных и рекуперативных (ВНС, ВНР), применяемых для отопления производственных помещений и в различных технологиях сушки; газогорелочных устройств различных типов (ГСП, ГСПС, ГСН), в том числе рекуперативных горелок; систем отопления для обжиговых, нагревательных, термических, плавильных печей; систем автоматики безопасности и управления (БУТР).

С использованием новых разработок удалось найти комплексный подход при решении сложных задач тепловой обработки керамического кирпича при модернизации в условиях действующего производства.

Референции ООО «КОМАС» за 2001–2016 гг.

Название предприятия	Регион	Выполненные работы
Комбинат строительных материалов	г. Красноармейск, Московская обл.	Изготовление новой системы отопления туннельной печи; Четырехкамерная печь (4 печи с выкатным подом, связанные общими дымо-воздухопроводами) для обжига керамической клинкерной плитки (строительство): рабочая документация, изготовление оборудования, строительство, монтаж, пуско-наладка.
АО «Керамика»	пос. Ломинцевский, Тульская обл.	Системы отопления туннельной печи
ОАО «Нива – Керамика»	пос. Глазуновка, Орловская обл.	Перевод туннельной печи с угольного на газовое отопление
ЗАО «Победа - Кнауф»	г. Колпино, Санкт-Петербург	Системы отопления зоны подготовки туннельной печи
ООО «МАЯК»	г. Кольчугино, Владимирская обл.	Туннельная печь и сушильный барабан: рабочая документация, изготовление оборудования, строительство, монтаж, пуско-наладка
Голицынский керамический завод	п. Голицыно, Московская обл.	Туннельная кирпичная печь цех №3 (модернизация), установка дополнительных зон отопления
ООО «Челно-Вершинский комбинат строительных материалов»	г. Челно-Вершинск, Самарская обл.	Туннельная кирпичная печь (модернизация), установка системы отопления
ОАО «Казанский комбинат строительных материалов»	Казань, Татарстан	Туннельная печь № 3 (модернизация), установка системы отопления: рабочая документация, строительство, монтаж, пуско-наладка; Туннельная печь № 1 (модернизация), установка системы отопления в обжиговой зоне: рабочая документация, изготовление оборудования, строительство, монтаж, пуско-наладка.
ОАО «Тульский кирпичный завод»	Тула	Кольцевая печь для обжига кирпича (модернизация), установка системы отопления: рабочая документация, строительство, монтаж, пуско-наладка. Сушильное отделение (модернизация) установка системы отопления на базе ВНС для 10 сушильных камер: рабочая документация, изготовление оборудования, строительство, шефмонтаж, пуско-наладка.
ПИК ООО «ДИАТОМИТ-ИНВЕСТ» Диатомитовый комбинат	г. Инза, Ульяновская обл.	Туннельная печь обжига пенодиатомитового кирпича (модернизация), установка системы отопления: рабочая документация, изготовление оборудования, строительство, монтаж, пуско-наладка.
ООО «ПРОМКЕРАМИКА»	с. Большой Куганак, Стерлитамакский р-н, Республика Башкортостан	Туннельная кирпичная печь (модернизация) установка системы отопления: рабочая документация, строительство, монтаж, пусконаладка
«Петрокерамика»	Санкт-Петербург	Туннельная печь для обжига керамического кирпича (строительство), установка системы отопления: рабочая документация, строительство, монтаж, пуско-наладка.
ОАО «Строительная керамика»	г. Нижний Тагил, Свердловская обл.	Установка отопительной системы на кольцевой печи обжига кирпича. Проектирование, изготовление оборудования, монтаж, наладка, пуск в эксплуатацию.
ООО «НЛК групп «Нижнеомовский кирпичный завод»	г. Нижний Ломов Пензенская обл.	Установка отопительной системы на кольцевой печи обжига кирпича. Проектирование, изготовление оборудования, монтаж, наладка, пуск в эксплуатацию.
ОАО «НПО «Технология»	г. Обнинск, Калужская обл.	Установка системы отопления на высокотемпературной (1600°C) газовой печи обжига керамики. Проектирование, изготовление оборудования, монтаж, наладка, пуск в эксплуатацию

Результат модернизаций, проведенных на предприятиях, – увеличение объемов производства до 35%, снижение удельного расхода газа до 25%, улучшение качества продукции.

www.komas.su

Завод «КЕТРА»

**инновационные керамические стеновые материалы –
высокий стандарт строительства**



Завод строительной керамики «КЕТРА», находящийся в Красноармейском р-е Чувашской Республики, является филиалом ЗАО «ТУС» – одного из крупнейших строительно-монтажных предприятий Чувашии. Завод производит стеновые строительные материалы по новейшей австрийской технологии из высококачественного сырья – карьеры Красноармейского месторождения красножгущихся глин и Тузи-Чуринского месторождения светложгущихся глин находятся в непосредственной близости от предприятия. Чувашия издревле славилась своими запасами глины. Строительство кирпичного завода было продиктовано не только потребностью в качественных строительных материалах, но и логичной возможностью использовать местные природные ресурсы.



История завода.

Идея строительства мощного современного кирпичного завода в Чувашии возникла еще в 1980-е гг. В то время любой кирпич был дефицитом, его не покупали на свободном рынке, а распределяли через органы исполнительной власти, и необходимость расширения выпуска качественного кирпича для строительства стала очевидной. Однако масштабные социально-экономические преобразования в стране отодвинули данную задачу до времени.

Осенью 2011 г. первые строители прибыли на выбранное для нового завода место, а уже в середине 2013 г. из печи вышла первая партия кирпича. Технический надзор во время проведения строительных работ вели итальянские и австрийские специалисты. Иностранцы не только осуществляли контроль, но и делились знаниями, обучали российских сотрудников компании.

В ноябре того же года завод вышел на проектную мощность 60 млн шт. усл. кирпича в год, а в декабре выпустил первые крупноформатные блоки «КЕТРА Блок». В 2014 г. была организована дилерская сеть, а также расширен ассортимент выпускаемого кирпича.

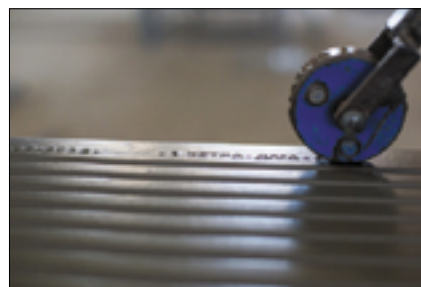
Площадь завода составляет 21,5 тыс. кв². На производстве установлено итальянское оборудование фирмы Bedeschi, а также система управления Simatic 7. На предприятии трудится 130 человек.

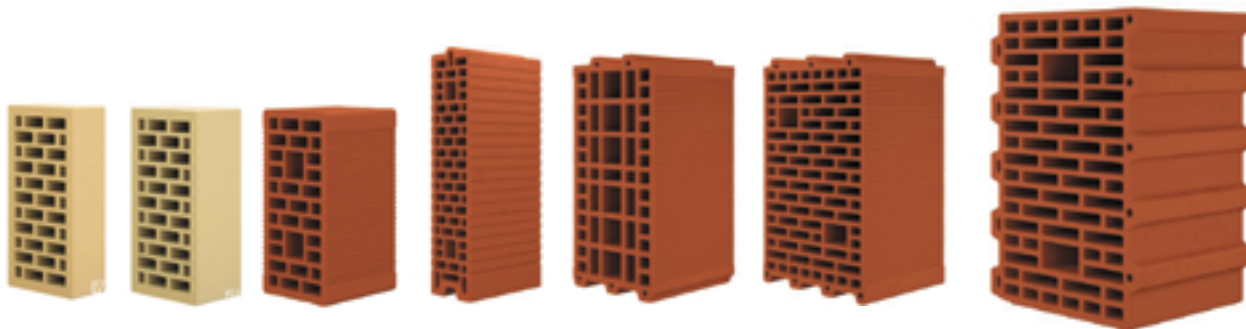
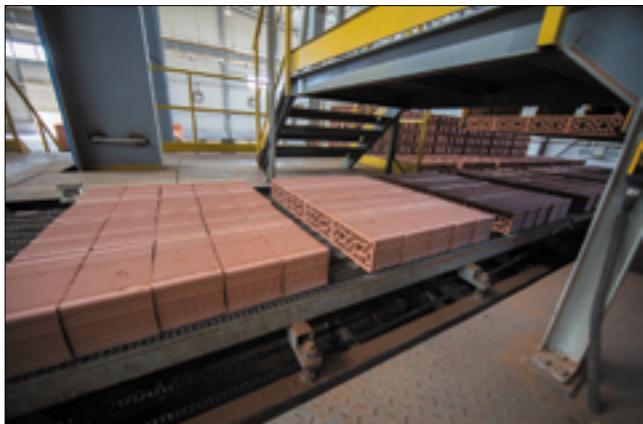


Продукция.

Основной продукцией завода является облицовочный кирпич и крупноформатные поризованные стеновые и перегородочные керамические блоки.

Новым продуктом завода является КЕТРА климатблок – новый продукт, снижающий энергозатраты. В условиях постоянного повышения стоимости энергоносителей, будущие владельцы





частных домов ставят задачу снижения затрат на отопление. Одним из лучших решений этой задачи в настоящее время является использование теплой керамики при строительстве дома. Именно с целью максимальной экономии энергоресурсов были разработаны блоки КЕТРА с характеристикой КЛИМА, обладающие пониженной теплопроводностью. Его формат 10,7NF, пустотность 52,5%, теплопроводность 0,11 Вт/(м·°С).

Экологичность.

В современном мире экологичность производства и, как следствие, экологичность и качество выпускаемых материалов, выдвигается на первое место. К людям приходит понимание, что жить нужно в экологичных и комфортных домах, и в будущем кирпичное домостроение получит все большее распространение. Вся продукция КЕТРА является экологически безопасной. Для поддержания высокой планки качества своей продукции завод привлекает иностранных специалистов, которые на каждом этапе контролируют процесс производства.

Аргументов в пользу строительства из керамики

• **Повышенная энергоэффективность.**

Даже в холодное время года кирпич обеспечивает наилучший микроклимат в помещении. Пористая и капиллярная структура керамического камня позволяет сохранять тепло и выводит лишнюю влагу. Благодаря массивным стенам из поризованных керамических блоков, их низкой теплопроводности можно существенно сократить расходы на отопление.



• **Превосходная звукоизоляция.**

Массивность стен из керамических блоков и кирпича обеспечивает высокие звукоизоляционные характеристики строениям. Кирпич КЕТРА создает превосходную звукоизоляцию, как от внешнего шума с улицы, так и между квартирами.

• **Огнестойкость.**

Кирпич не горит – он уже прошел обжиг. Конечно, пожар может случиться в любом доме, но кирпичные дома имеют более высокую степень огнестойкости, и последствия пожара будут менее разрушительными. Важно, что даже в случае пожара кирпич не выделяет опасных продуктов горения.

• **Прочность.**

Кирпич и керамические блоки обладают высокой прочностью при сжатии. Из них можно возводить несущие стены до трех этажей, а при каркасном строительстве – самонесущие стены – до 16 этажей.

• **Комфортный микроклимат помещения.**

Кирпич обладает низкой равновесной влажностью, что способствует благоприятному микроклимату в помещении.

• **Низкая стоимость владения.**

Кирпичи «КЕТРА» – это выгодный строительный материал с высоким качеством и неизменной ценностью. Выбор строительного материала для стен может существенно повлиять не только на общие строительные расходы, но и на качество постройки. Низкие расходы на ремонт, низкое энергопотребление и высокая ликвидность при продаже делают постройку хорошей инвестицией в будущее.

Компания «КЕТРА» не останавливается на достигнутом. В планах – наращивание мощности, расширение ассортимента продукции, обеспечение комплексной поставки кирпича и сухих смесей.



И.А. ЖЕНЖУРИСТ, канд. техн. наук (lr.jenjur@yandex.ru)

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

Перспективы микроволнового спекания алюмосиликатной композиции в технологии керамики

Приведены результаты исследования возможности спекания золожидкостеклольной композиции, полученной на основе золы ТЭЦ-2 г. Казани, состоящей из 70% стеклофазы и 15% аморфной фазы, и Ново-Иркутской ТЭЦ с 44% кристаллической и 56% аморфной фазы. Золы состоят из полых остеклованных сфер и содержат минералы, которые входят в состав обожженного керамического материала, прежде всего кварц и муллит. На образцах, полученных методом прессования из порошка на основе золы и жидкого стекла, показаны результаты сравнительного анализа прочности образцов после термообработки в муфельной печи по традиционному в керамической технологии обжигу до 1000°C и термообработки в условиях микроволнового нагрева в электрическом поле СВЧ. Образцы, прошедшие облучение в поле СВЧ, показали большую прочность по сравнению с образцами после обычного термического нагрева. Показана структура спекенного материала и отличия в цвете образцов термического обжига и нагрева в печи СВЧ. На основании ранее проведенных исследований влияния поля СВЧ на алюмосиликатные композиции, учитывая различия содержания в золах доли активной аморфной фазы и отличия в прочностных показателях, высказано предположение о влиянии структуры алюмосиликата (доли кристаллической и аморфной фазы) на его реакционную способность в процессе спекания.

Ключевые слова: зола, жидкое стекло, поле СВЧ, полые остеклованные сферы, алюмосиликат.

Для цитирования: Женжурист И.А. Перспективы микроволнового спекания алюмосиликатной композиции в технологии керамики // *Строительные материалы*. 2017. № 4. С. 28–30.

I.A. ZHENZHURIST, Candidate of Sciences (Engineering) (lr.jenjur@yandex.ru)
Kazan State University of Architecture and Engineering (1, Zelenaya Street, Kazan, 420043, Russian Federation)

Prospects of Microwave Sintering of a Alumo-silicate Composition Using Ceramic Technology

Results of the study of sintering possibility of an ash-liquid glass composition produced on the basis of ash of the Thermal Power Station-2 of Kazan, consisting of 70% of glass phase and 15% of amorphous phase and ash of the Novo-Irkutsk TPP with 44% of crystal phase and 56% of amorphous phase are presented. Ashes consist of hollow vitrified spheres and contain minerals which are part of the burned ceramic material, quartz and mullite first of all. On the basis of samples produced by pressing from the powder on the basis of ash and liquid glass, results of the comparative analysis of strength of samples after heat treatment in the muffle furnace according to the traditional burning in the ceramic technology up to 1000 °C and heat treatment under conditions of microwave heating in the electric field of ultra-high frequency are shown. Samples past irradiation in the ultra-high frequency field have shown greater strength comparing with the sample after conventional thermal heating. The structure of the sintered material and differences in color of the samples of thermal roasting and heating in the UHF furnace are shown. On the basis of the early conducted study of the effect of UHF field on the alumo-silicate compositions taking into account the difference in content of the active amorphous phase part in the ash and differences in strength indicators, it is assumed that the alumo-silicate structure of (share of crystal and amorphous phases) impacts on its reaction ability during the sintering process.

Keywords: ash, liquid glass, UHF field, hollow vitrified spheres, alumo-silicate.

For citation: Zhenzhurist I.A. Prospects of microwave sintering of a alumo-silicate composition using ceramic technology. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 4, pp. 28–30. (In Russian).

Повышение эффективности, экологической безопасности является важной задачей для технологии получения любых материалов и особенно керамических как обжиговых.

Разработка энергетически рациональной технологии связана с возможностью интенсификации процессов фазообразования на начальных стадиях структурных преобразований сырьевых композиций до завершения спекания отформованного конгломерата сырца.

Для реализации этого направления необходимо использование при формовании материала исходных компонентов высокой дисперсности и проведение спекания материала при минимальной скорости рекристаллизационных процессов. Это необходимо для получения мелкозернистой структуры материала, при которой реализуются повышенные эксплуатационные характеристики.

Первое условие в традиционной технологии обычно реализуется при длительном размоле и диспергировании исходных компонентов шихты, на которые затрачиваются значительные материальные и энергетические ресурсы предприятия. Возможно использование высокодисперсных порошков или высокоактивных, лучше наноразмерного уровня, модификаторов.

Второе условие реализуется при проведении спекания при пониженной температуре и высокой скорости

прохождения процесса. Это требование выполняется при спекании керамики в микроволновом (СВЧ) электрическом поле.

По сравнению с термическим способом нагрева, при котором тепло от теплоносителя к поверхности материала передается контактно и затем проникает в его объем, СВЧ-излучение обеспечивает избирательный нагрев поглощающих излучение компонентов с высоким коэффициентом полезного использования энергии, высокую мощность нагрева (более 100 Вт/см³), минимальную инерционность нагрева. Изнутри по всему локально выделенному объему нагрев характеризуется способностью материала поглощать СВЧ-энергию и преобразовывать ее в теплоту реагентов. Механизм поглощения излучения веществом, обусловленный электронной упругой поляризацией, наблюдается во всех диэлектриках (кристаллических, аморфных), к которым относятся основные фазы керамического материала [1].

Исследования поведения различных алюмосиликатных композиций под действием импульсного микроволнового излучения показали возрастание дисперсности исходных минеральных образований, изменение структуры тонкой фракции водных зол в процессе кристаллизации, увеличение доли фазовой структуры наноразмерного уровня обожженного материала, проч-

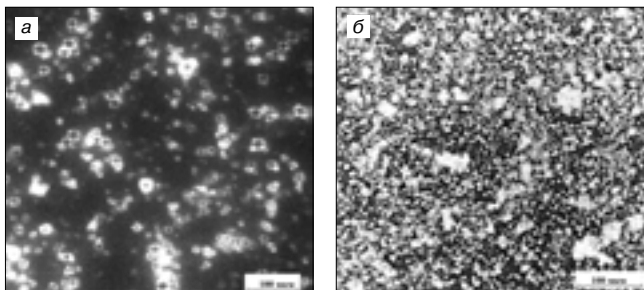


Рис. 1. Микроструктура золы Казанской ТЭС-2 (а) и термически обработанного в СВЧ образца (б)

Зола ТЭС	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O+K ₂ O	ППП
Казань	48–52	21,5	0,6	5,6	4,5	2,8	1,85	8–19
Иркутск	56,22	24,5	0,6	7,8	4,2	1,7	1,45	1,32

ность которого была наибольшей [2–4]. Как показали исследования ИК-спектроскопии, эти процессы связаны с валентными и деформационными колебаниями связей кремне- и алюмосиликатных каркасов, деформацией силоксановых групп, переориентацией зарядов, что способствует повышению реакционной активности на границе раздела фаз, образованию ассоциатов и в присутствии модификатора – характерных структур [2]. Была отмечена повышенная активность кварца, особенно активированного алюмооксидным модификатором [2].

Эта технология реализуется в оксидных композициях и осложняется в полиминеральных массах из-за различной реакции каждого компонента сырьевой смеси на поле СВЧ, хотя есть примеры спекания силикатно-щелочной композиции в микроволновой печи [5, 6].

Для изучения возможности спекания алюмосиликатной композиции в поле СВЧ в качестве алюмосиликатного сырья выбрали золу – отход переработки угля на ТЭС. Золы, скопившиеся в больших количествах в Сибири, не находят должной утилизации и являются большой проблемой у энергетиков. Одновременно с этим остро стоит вопрос экологии.

Золы ТЭС являются эффективным сырьем для изготовления различных видов материалов: силикатного кирпича, зольной керамики, минеральной ваты, стекла. Зола состоит из стекловидных сфер, частично пустотных, размер которых колеблется от менее 1 до 100 мкм (рис. 1), и состоит из минералов, которые входят в состав обожженного керамического материала, прежде всего кварца и муллита [7, 8].

По традиционной керамической технологии для получения материала в глину (в зависимости от ее пла-

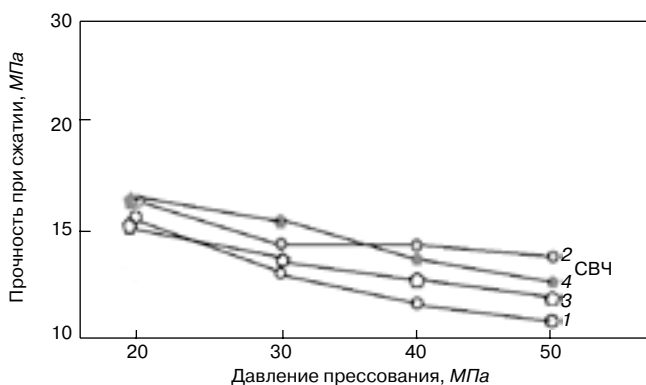


Рис. 2. Зависимость прочности при сжатии от давления прессования образцов с 8% добавки жидкого стекла на основе золы: 1, 2 – Казанской ТЭС-2; 3, 4 – Ново-Иркутской ТЭС

стичности) добавляют от 10–40% золы, формируют, сушат и обжигают изделия. При этом на сырье, уже однократно прошедшее термическое воздействие, повторно затрачивают энергию и подвергают преобразованиям. Увеличение добавки золы приводит к повышению трещиноватости сырца, а глина должна быть достаточно пластичной, поскольку зола – это активный отошитель. В регионах страны, где скопилось много золы, например в Сибири, такого качества глин практически нет. Известен способ получения зольной керамики, где зола – основное сырье, а вяжущее – жидкое стекло. Однако и в этом случае предлагается традиционная технология высокотемпературного обжига [5, 8].

Проведены исследования по изучению возможности спекания образцов, отформованных из масс на основе золы ТЭС с жидким стеклом, в поле СВЧ. Образцы готовили методом прессования из порошка, полученного после увлажнения золы жидким стеклом плотностью 1,4 г/см³ в количестве 8–16%. Формовочная влажность 16% поддерживалась добавлением в жидкое стекло воды. Были опробованы составы с добавкой жидкого стекла менее 8%, но при этом сырец не имел достаточной прочности для посадки в печь. Формовали образцы-цилиндры диаметром 30 мм, высотой 50 мм при давлении прессования 20–50 МПа. Образцы, полученные с использованием разбавленного водой жидкого стекла и высокого давления, при быстром увеличении мощности облучения СВЧ трескались из-за большого давления паров воды. Образцы, полученные в одинаковых условиях, обжигали в муфельной печи до температуры 1000°C и выдержкой 1 ч. Термообработку образцов в микроволновой печи проводили при частоте поля 2450 МГц, плавном подъеме мощности до 600–800 Вт. В зависимости от состава общее время термообработки было 5–7 мин с выдержкой при максимальной мощности 1–2 мин. Составы на разбавленном водой жидком стекле выдерживались при низкой мощности на 1 мин дольше. Образцы осматривали, замеряли и испытывали прочность.

Для изучения процесса спекания были выбраны компоненты: зола ТЭС-2 г. Казани, состоящая из 70% кристаллической фазы и 15% аморфной фазы, и зола Ново-Иркутской ТЭС с 44% кристаллической и 56% аморфной фазы, состав которых приведен в таблице.

Результаты испытаний представлены на рис. 2, 3. Видно, что образцы, полученные при термообработке в поле СВЧ, имели превышенную прочность в сравнении с прочностью образцов, обожженных в печи. Причем у образцов из золы Ново-Иркутской ТЭС показатели выше, чем у образцов из золы Казанской ТЭС-2. Предположительно это связано с большим количеством наиболее реакционной аморфной фазы в составе золы Ново-Иркутской ТЭС. Усадка образцов лежала в преде-

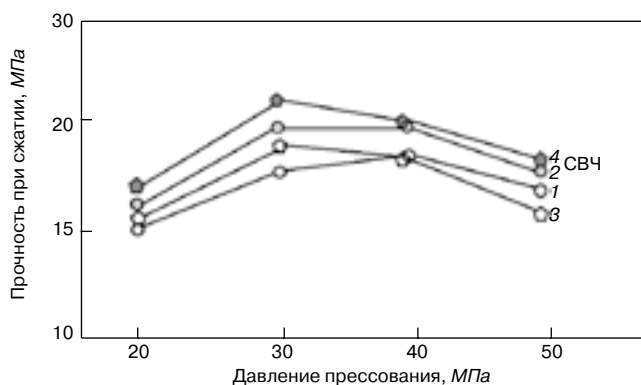


Рис. 3. Зависимость прочности при сжатии от давления прессования образцов с 16% добавки жидкого стекла на основе золы: 1, 2 – Казанской ТЭС; 3, 4 – Ново-Иркутской ТЭС

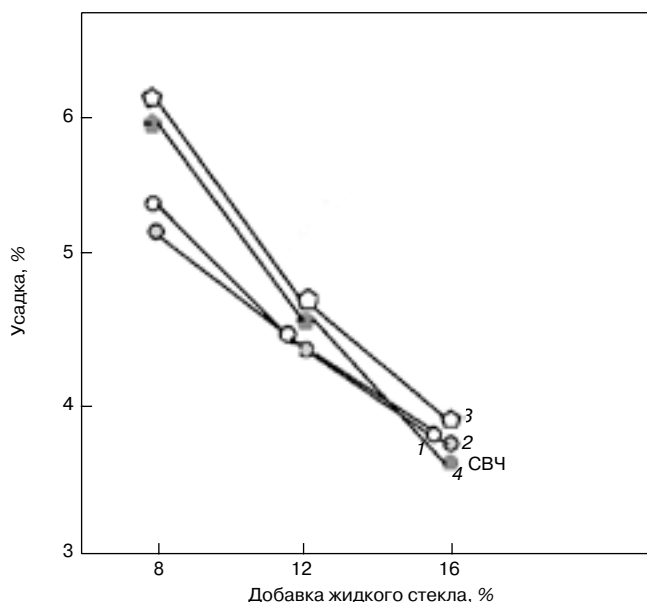


Рис. 4. Зависимость усадки термически обработанных образцов на основе Ново-Иркутской ТЭЦ от количества добавки жидкого стекла и давления прессования: 1, 2 – 30 МПа; 3, 4 – 40 МПа

лах 3–7% в зависимости от добавки жидкого стекла и давления прессования (рис. 4), чуть меньше при термообработке в поле СВЧ. Водопоглощение образцов составило 14–18%. При определении водопоглощения образцы находились в воде несколько суток, видимых изменений массы не наблюдалось. Только у образцов, полученных при давлении прессования ниже 20 МПа и добавке жидкого стекла менее 8%, после суточной выдержки в воде наблюдалось обсыпание массы.

На рис. 1 показана структура спеченного материала. В структуре обожженного в СВЧ образца видно частичное слияние и преобразование стеклянных гранул золы при взаимодействии с жидким стеклом в единый пористый конгломерат. Высокотемпературные кристаллические фазы золы при взаимодействии с аморфным жидким стеклом и энергоактивацией полем СВЧ приводят к формированию прочного пористого каркаса алюмосиликата.

Внешний вид образцов, термически обработанных в микроволновой печи, отличается от образцов, полученных традиционным обжигом (рис. 5). Серо-бежевый цвет образцов из печи СВЧ и бежевый при традиционном обжиге. Для составов с большим содержанием жидкого стекла при повышении мощности излучения выше 700 Вт и выдержке более 0,5–1 мин начиналось плавление и точечное вспучивание массы. Этот процесс сопровождался красным калением, что в свою очередь приводило к изменению окраски в этой области до бежево-коричневого цвета.

На данной стадии исследования можно сделать вывод, что спекание композиций, состоящих из высокотемпературных минералов или компонентов, ранее подвергнутых термической обработке, возможно с помощью энергии поля СВЧ и наиболее предпочтительно, с точки зрения энергоэффективности и длительности термообработки материала. В качестве распространенного и сравнительно дешевого связующего может быть использовано жидкое стекло.

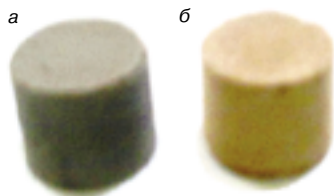


Рис. 5. Образцы из композиции с 16% жидкого стекла и золы Ново-Иркутской ТЭЦ после обжига в печи СВЧ (а); муфельной (б)

Список литературы

1. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высшая школа, 2000. 494 с.
2. Женжурист И.А. Микроволновая обработка силикатов полем СВЧ с модификаторами на основе оксида алюминия // *Стекло и керамика*. 2015. № 7. С. 39–43.
3. Жужков А.В., Паукштис У.А., Криворучко О.П., Молина И.Ю., Ларина Т.В., Пармон В.Н. Особенности формирования Льюисовских центров при воздействии СВЧ излучения на гиббсит // *Журнал физической химии*. 2013. № 9. С. 1496–1506.
4. Знаменский Л.Г., Варламов А.С. Низкотемпературный синтез муллита в керамике по золь-гель процессу при электроимпульсном воздействии на коллоиды // *Огнеупоры и техническая керамика*. 2014. № 4–5. С. 2–5.
5. Страхов А.В., Иващенко Н.А., Тимохин Д.К. Влияние активных минеральных наполнителей на формирование структуры и свойств энергоэффективных строительных композитов // *Вестник СГТУ*. 2012. № 3 (67). С. 228–230.
6. Суворов С.А., Туркин И.А., Дедовец М.А. Свойства корундо-циркониевых материалов, полученных саморазогревом в электромагнитном поле СВЧ // *Огнеупоры и техническая керамика*. 2003. № 6. С. 2–5.
7. Макаренко С.В., Коновалов Н.П. Исследование физико-химических свойств зол ТЭЦ-9 и Новой Иркутской ТЭЦ для применения в золощелочных вяжущих // *Строительные материалы*. 2011. № 6. С. 60–62.
8. Железный П.Н., Женжурист И.А., Хозин В.Г. Керамические строительные материалы на основе местного сырья и отходов теплоэнергетики Татарстана // *Строительные материалы*. 2004. № 8. С. 54–55.

References

1. Pavlov P.V., Khokhlov A.F. Fizika tverdogo tela [Physics of a solid body]. Moscow: Vysshaya shkola. 2000. 494 p.
2. Zhenzhurist I.A. Microwave processing of silicates by the field microwave oven with modifiers on the basis of aluminum oxide. *Steklo i keramika*. 2015. No. 7, pp. 39–43. (In Russian).
3. Zhuzhkov A.V., Paukshtis U.A., Krivoruchko O.P., Molina I.Yu., Larin T.V., Parmon V.N. Features of formation of the Lyuisovsky centers at influence of the microwave oven of radiation on are gibbsite. *Zhurnal fizicheskoy khimii*. 2013. No. 9, pp. 1496–1506. (In Russian).
4. Znamensky L.G., Varlamov A.S. Low-temperature synthesis of mullite in ceramics on zol-gel to process at electropulse impact on colloids. *Ogneupory i tekhnicheskaya keramika*. 2014. No. 4–5, pp. 2–5. (In Russian).
5. Strakhov A.V., Ivashchenko N.A., Timokhin D.K. Influence of active mineral fillers on formation of structure and properties of energy efficient construction composites. *Vestnik SSTU*. 2012. No. 3 (67), pp. 228–230. (In Russian).
6. Suvorov S.A., Turkin I.A., Dedovets M.A. Properties the corundum-zirconium materials received by self-heating in the electromagnetic field microwave oven. *Ogneupory i tekhnicheskaya keramika*. 2003. No. 6, pp. 2–5. (In Russian).
7. Makarenko S.V., Kononov N.P. Research in physical and chemical properties of ashes of the thermal power plant-9 and new irkutsk tpp for use in ash-alkaline binders. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 6, pp. 60–62. (In Russian).
8. Zheleznyy P.N., Zhenzhurist I.A., Khozin V.G. Ceramic construction materials on the basis of local raw materials and waste of power system of Tatarstan. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2004. No. 8, pp. 54–55. (In Russian).

В издательстве
«Стройматериалы»
 вы можете приобрести
 специальную литературу



Учебное пособие «Практикум по технологии керамики»
 Авторы – коллектив ученых РХТУ им. Д.И. Менделеева.

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



Книга «Теоретические основы белизны и окрашивания керамики и портландцемента»

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

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

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

**Заказать литературу можно через редакцию,
 направив заявку произвольной формы
 по факсу: (499) 976-22-08, 976-20-36;
 e-mail: mail@rifsm.ru,
 или оформить заявку на сайте www.rifsm.ru**

**ПЕРЕДОВЫЕ
 ТЕХНОЛОГИИ
 СУШКИ**

ROTHO®

www.rotho.de

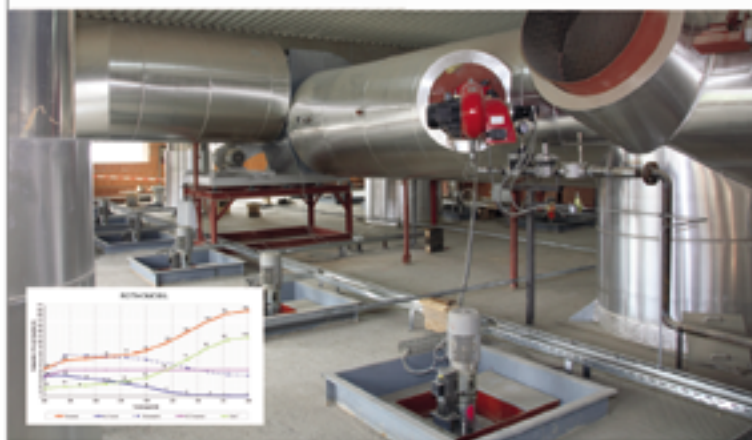
БЫСТРО · ЭФФЕКТИВНО · НАДЕЖНО

ИНЖИНИРИНГ И ПРОИЗВОДСТВО



Паллеты

Сушильные носители



ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ СУШКИ

ROTHO

ROBERT THOMAS

Metal- und Elektrowerke GmbH & Co. KG
 Hellerstraße 6 · 57290 Neukirchen / Germany

Дмитрий Кудрин

Тел.: +49 2735 788 546 Факс: +49 2735 788 559

Моб.: +49 171 300 78 80 e-mail: d.kudrin@rotho.de

www.rotho.de

**ПРЕДСТАВИТЕЛЬ В
 РОССИИ:**

Андрей Федотов
 Москва

Тел.: +7 963 680 70 55

e-mail: a-fedotov@rotho.de

В.А. ГУРЬЕВА, д-р техн. наук (victoria-gurieva@rambler.ru), А.В. ДОРОШИН, инженер,
К.М. ВДОВИН, инженер, Ю.Е. АНДРЕЕВА, магистрант

Оренбургский государственный университет (460018, г. Оренбург, пр. Победы, 13)

Пористая керамика на основе легкоплавких глин и шламов

Приведены результаты исследований возможности получения пористых стеновых керамических материалов из масс на основе композиции низкосортного глинистого сырья и непластичных компонентов по технологии поризации исходной сырьевой смеси и последующего закрепления пористой структуры обжигом. Определены составы масс, обеспечивающие получение необходимой пористости и механической прочности керамической матрицы на основе легкоплавких глин и шламов различного происхождения. Выявлена необходимость ввода в состав масс в качестве дополнительной порообразующей добавки алюминиевой пудры в количестве 0,1–1,3% в зависимости от количества гидроксида кальция в смесях. Установлена целесообразность применения стеклобоя в количестве 15–20%, ускоряющего процесс спекания керамической матрицы.

Ключевые слова: пористые керамические материалы, техногенные отходы, буровой шлам, шлам водочистки, метод выгорающих добавок.

Для цитирования: Гурьева В.А., Дорошин А.В., Вдовин К.М., Андреева Ю.Е. Пористая керамика на основе легкоплавких глин и шламов // *Строительные материалы*. 2017. № 4. С. 32–36.

V.A. GURIEVA, Doctor of Sciences (Engineering) (victoria-gurieva@rambler.ru), A.V. DOROSHIN, Engineer,
K.M. VDOVIN, Engineer, Yu.E. ANDREEVA, Magstrand
Orenburg State University (13, Pobedy Avenue, 460018, Orenburg, Russian Federation)

Porous Ceramics on the Basis of Low-Melting Clays and Slurries

Results of the study of possibility to obtain porous wall ceramic materials from the masses on the basis of a composition of low-grade clay raw materials and non-plastic components according to the technology of making the initial raw mix porous and subsequent fixation of the porous structure by burning are presented. Compositions of masses ensuring the obtaining of necessary porosity and mechanical strength of a ceramic matrix on the basis of low-melting clays and slurries of different origin have been determined. The need to introduce the aluminum powder into the mass composition as an additional pore-forming additive in an amount of 0.1–1.3% depending on the amount of calcium hydroxide in the mixes is revealed. The reasonability to use the broken glass in an amount of 15–20% for accelerating the process of the ceramic matrix sintering has been determined.

Keywords: porous ceramic materials, anthropogenic waste, drilling slurry, water treatment slurry, method of burnable additives.

For citation: Gurieva V.A., Doroshin A.V., Vdovin K.M., Andreeva Yu.E. Porous ceramics on the basis of low-melting clays and slurries. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 4, pp. 32–36. (In Russian).

Основное направление исследования и производства современных материалов — получение улучшенных строительных материалов, которые обеспечат принципиально новые качества изделий и конструкций. При этом важной задачей является обеспечение более высокой работоспособности и надежности разрабатываемых материалов и изделий [1].

В настоящее время традиционный керамический кирпич является одним из широко используемых материалов для возведения стен и перегородок зданий и сооружений. Среди достоинств кирпича — его прочность, хорошая звукоизоляция, экологичность. Вместе с тем кирпич обладает такими недостатками, как высокая себестоимость и трудоемкость работ, относительно высокая теплопроводность.

Российский рынок стеновых материалов в последнее время завоевывают поризованные крупноформатные керамические блоки, которые наиболее перспективны для строительства. Принципиальное отличие поризованного кирпича от обычного заключается в особой структуре материала, характеризующейся большим количеством микропор. Поэтому плотность камня на 30% ниже в сравнении с обычным керамическим кирпичом, более низкая теплопроводность, более высокая теплоизоляция, легкость монтажа и небольшой вес элементов. Применение поризованной керамики позволяет также сократить затраты на строительство и приобретение материалов для изготовления раствора: цемент, песок и т. п.

Целью работы явилось исследование возможности получения пористых стеновых керамических материалов из масс на основе композиции низкосортного глинистого сырья и непластичных компонентов по техно-

логии поризации исходной сырьевой смеси и последующего закрепления пористой структуры обжигом.

Так как свойства пористой керамики обеспечиваются твердостью алюмосиликатной матрицы (перегородками межпорового пространства) после обжига и характером пористости, на первом этапе проведены исследования по формированию свойств твердой матрицы межпорового пространства и структуры пористой керамики.

При планировании и проведении эксперимента руководствовались тем, что формирование свойств твердой матрицы пористой керамики осуществляется, как и в плотной керамике, и определяется исходным составом сырьевых смесей и принятой технологией. Исходя из анализа литературы [2, 3] установлено, что для получения матрицы с требуемыми свойствами после обжига из смесей на основе глинистого сырья эффективно применять щелочесодержащие и щелочно-земельные продукты разного происхождения, например полевой шпат, стеклобой и другие.

При проведении исследований в качестве исходных компонентов использовались сырьевые материалы Оренбургской области (табл. 1):

— буровой шлам Пашийского месторождения с горизонтом 3700–3850 м;

— глинистое сырье, доставленное с карьера г. Бузулука. В настоящее время глина используется на кирпичном заводе для производства кирпича марки М75.

Минералогический состав исходного сырья изучен с применением рентгенофазового анализа. Рентгенограммы бурового шлама и глины представлены соответственно на рис. 1, 2.

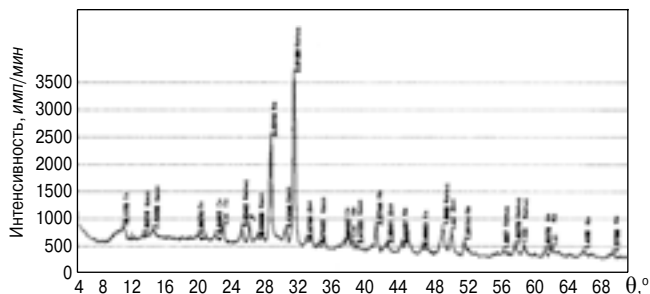


Рис. 1. Рентгенограмма бурового шлама: кв – кварц; каол – каолинит; кальц – кальцит; дол – доломит; гл – гидрослюда

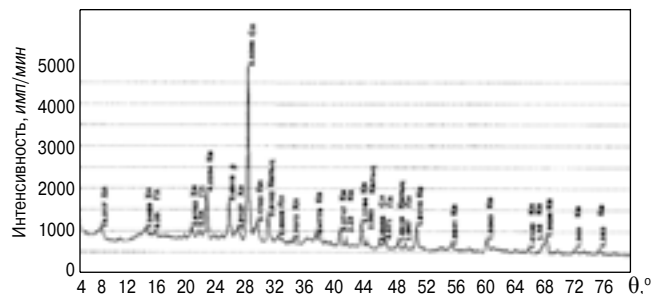


Рис. 2. Рентгенограмма глины Бузулукского месторождения: кв – кварц; кальц – кальцит; сл – слюда; хл – хлорит; пл – полевые шпаты; гл – гидрослюда

Таблица 1

Наименование	Химический состав сухого вещества, %								
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ΣTiO ₂ , MnO, P ₂ O ₅	R ₂ O	Al ₂ O ₃	ППП
Глина Бузулукского месторождения	41,71	2,1	25,6	0,37	–	0,36	1,12	3,92	23,05
Буровой шлам месторождений ПАО «Оренбургнефть»	13,84	10,8	31,28	2,28	1,81	–	10,83	3,72	29,24

Таблица 2

№ состава	Состав шихты, %	Вид затворителя	Температура термической подготовки, °С
1	Глина 100%	Вода 10%	200, 300, 400, 500
2	Глина 90–70%, БШ 10–30%	Вода 20%	200, 300, 400, 500
3	Глина 95–80%, ВО 5–20%		
4	Глина 90–70%, БШ 10–30%	Нефть 25%	200, 300, 400, 500
5	Глина 90–70%, БШ 10–30%	Нефть 25%+ вода 10%	
6	Глина 95–70%, ВО 5–30%	Нефть 25%+ вода 10%	200, 300, 400, 500
7	Глина 85–65%, БШ 10–30%, стеклобой 5%	Вода 20%	
8	Глина 85–65%, БШ 10–30%, ВО 5%		
9	Глина 80–60%, глина белая 5%, БШ 10–30%, Al(OH) ₃ 5%		
10	Глина 85–65%, БШ 10–30%, КП 5%	Вода 20% + солевой раствор 2%	
11	Глина 90–70%, БШ 10–30%	H ₃ PO ₄ 20%	

Примечание. БШ – буровой шлам; ВО – шлам водоочистки; Al(OH)₃ – гидроксид алюминия; H₃PO₄ – ортофосфорная кислота; КП – керамзитовая пыль.

При приготовлении масс использовался шлам водоочистки (ВО), характеризующийся следующим составом: карбонат кальция 65–70%; гидроксид железа 5–10%; гидроксиды кальция и магния 2–5%; гипс 2–5%; влажность воздушно-сухого шлама ~40–45%.

В настоящее время применяются следующие способы получения пористой керамики [4, 5]:

- использование монофракционных составов исходных сырьевых материалов;
- метод выгорающих добавок;
- метод вспенивания;
- метод химического порообразования.

Недостатком первого способа является зависимость размера пор от размера частиц порошка. Последние два метода позволяют получить необходимый размер пор, однако технологии являются затратными. Наиболее дешевым является метод выгорающих добавок, который позволяет регулировать размеры и количество пор в широких диапазонах. Данный метод применялся при

проведении экспериментов. Подготовку и формование образцов осуществляли по порошково-пластическому способу. Он отличается от пластического тем, что вначале помолем сухого глинистого сырья получали порошок, а потом из этого порошка при добавлении затворителя – воды и др. получали пластичную глино-массу, из которой проводили формование гранул. Необходимость помола связана с удалением крупных фракций карбонатов кальция и увеличения степени дисперсности глинистого сырья. Согласно [6] увеличение степени дисперсности глинистого сырья позволяет резко изменить содержание в нем компонентов. Так, у слабовспучивающихся суглинков, к которым относится используемая глина, содержание кремнезема увеличивается с 41,71 до 50–52%; содержание глинозема – с 3,92 до 8,7–10,74%. Увеличивается также ППП – с 23,05 до 29,01–30,3%.

Так как сырьевые материалы, доставленные с карьеров, характеризуются влажностью 13–15% и более, пе-



Рис. 3. Свежеотформованная гранула

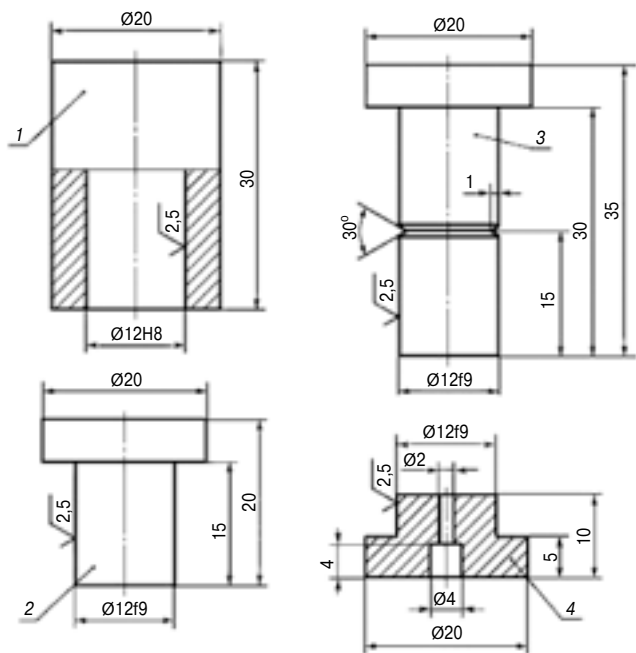


Рис. 4. Металлическая форма для изготовления сырцовых гранул: 1 – цилиндр; 2 – пуансон; 3 – стержень для выталкивания гранул из формы; 4 – съемное дно

ред помолом осуществлялась их сушка. Глинистое сырье и шлам высушивались в сушильном электрошкафу до постоянной массы при температуре $105 \pm 5^\circ\text{C}$. При этих условиях глина сравнительно плотная и может подвергаться тонкому дроблению без замазывания механизмов.

Сначала в соответствии с методикой эксперимента проводилась разработка составов двух- и трехкомпонентных систем. Согласно результатам ранее проведенных исследований [7, 8], количество техногенного сырья в массах изменялось от 5 до 30%, в зависимости от состава сырьевой шихты (табл. 2) и режима термической обработки.

Сырьевые материалы, смеси, образцы подготавливались по стандартной методике. Формование сырцовых гранул, предназначенных для поризации, проводилось по пластическому способу. Для этого навеска перемешивалась и делилась на две равные части. Одна часть навески затворялась водой до получения массы с формовочной влажностью, а в другую вводились отработанные нефтепродукты по ГОСТ 21046–86 или другие добавки. Навеска с добавкой также затворялась водой до получения формовочной влажности 18–22%.

Приготовленные массы помещались в эксикатор и выдерживались в течение 4–5 ч с последующей формовкой сырцовых гранул диаметром и высотой, равными 30 мм (рис. 3). Для формования использовалась металлическая форма с отверстием для выдавливания излишка глиняной массы (рис. 4).



Рис. 5. Образцы после сушки



Рис. 6. Обжиг образцов

После изготовления гранулы в количестве 4 шт. подсушивались при температуре 18–20°C в течение суток (рис. 5). Цвет гранул определялся составом сырьевой смеси.

Далее образцы осматривались, сортировались и помещались в муфельную печь для обжига (рис. 6) на первом этапе по четырем режимам: при температуре 200, 300, 400 и 500°C с выдержкой в течение 20 мин, с последующим подъемом температуры до максимальной – 1100°C. Наблюдения за поризацией гранул проводились с интервалом 20°C начиная с температуры обжига 1000°C.

По полученным данным были построены графики водопоглощения и средней плотности образцов, наиболее интересные из которых представлены на рис. 7.

Из результатов осмотра образцов и анализа степени их поризации с учетом химических составов масс очевидно, что большое влияние на поризацию оказывает оксид кальция, который образуется в результате диссоциации карбонатов кальция, содержащихся как в глине, так и в буровых шламах и шламах водоочистки в интервале температуры 720–1000°C [9]. Однако энергия углекислого газа, образующегося при этом, не работает как активатор газонасыщения массы. Это, очевидно, связано с тем, что керамическая матрица к этому моменту не обладает еще достаточной степенью спекания и твердостью. В результате образующийся газ достаточно свободно выделяется в рабочее пространство печи. Исходя из анализа полученных зависимостей для улучшения спекания керамической матрицы следует увеличить содержание в шихте количество стеклобоя, в зависимости от исходных компонентов, до 15–20%. Такое содержание плавня приве-

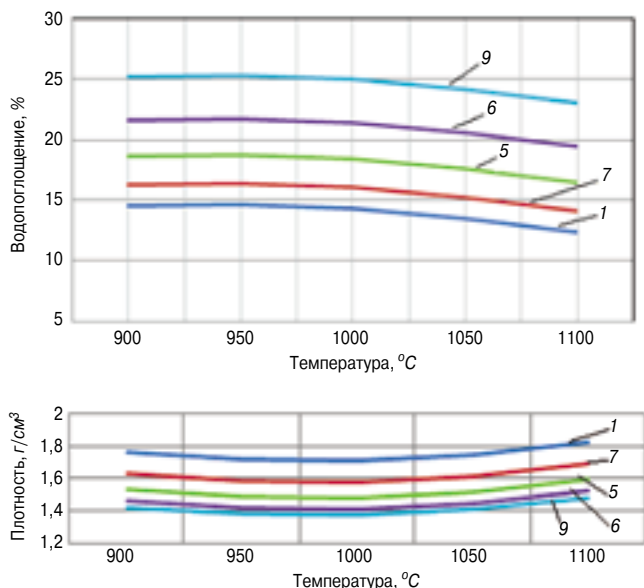
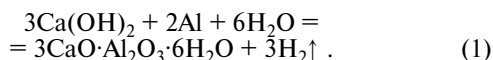


Рис. 7. Зависимости водопоглощения и плотности образцов пористой керамики от состава и температуры обжига (указаны составы из табл. 2): 1 – состав 1; 2 – состав 2; 3 – состав 3; 4 – состав 4; 5 – состав 5

дет к увеличению жидкой фазы при более низкой температуре, что будет способствовать активации формирования кристаллических фаз, уплотнению структуры поверхностной оболочки керамической матрицы и замыканию внутри структуры материала образовавшегося газа.

Вместе с тем из кривых рис. 7 видно, что образующейся газовой составляющей недостаточно для получения необходимой пористости (30–65%) [10]. Для решения данной задачи в состав масс необходимо ввести дополнительно порообразующую добавку. Наиболее интересным, по мнению авторов, для высококальцинированных составов является алюминиевая пудра. После ввода в состав сырьевой смеси алюминиевая пудра вступает в реакцию с гидроксидами кальция, образующимися при взаимодействии с водой затворения оксидов кальция, с выделением водорода по следующей реакции [11].



Необходимое количество алюминиевой пудры рассчитывалось теоретически исходя из количества гидроксида кальция в смесях и составило 0,1–1,3%. Опытным путем подбирались количество воды, необходимое для затворения масс, протекания реакции и сохранения твердости поризованных образцов.

Таким образом, наиболее оптимальные свойства: пористость и механическая прочность матрицы получена на составах с содержанием стеклобоя 20%, бурового шлама 20–30%, алюминиевой пудры 0,65%, глины 49,35–59,35%. В целом доказана возможность получения пористой керамики на основе рационально подобранной композиции низкосортного глинистого сырья и бурового шлама с добавлением порообразующих добавок и плавней.

В ходе исследований установлено изменение цветовой шкалы образцов в зависимости от состава масс и вида затворителя: от красного, характерного для образцов из чистой глины, содержащей 2,1 мас. % Fe_2O_3 , до светло-бежевых оттенков при вводе бурового шлама в количестве 10–30% (содержание в котором Fe_2O_3 согласно табл. 1 – 10,8 мас. %). Теплые оттенки бежевых тонов получаются в результате осветления окрашивающего



Рис. 8. Цветовая палитра образцов на основе композиции легкоплавкой глины, шламов и ортофосфорной кислоты после обжига

воздействия Fe_2O_3 присутствующими в шламах карбонатами кальция и магния в количестве соответственно 31,28 и 2,28%. При использовании в качестве затворителя ортофосфорной кислоты возможно получение керамики на основе красножгущейся глины практически белого цвета (рис. 8). Таким образом, применение бурового шлама, шлама водоочистки, содержащих карбонатные соединения, в составах масс позволяет при производстве изделий стеновой керамики по традиционной технологии на основе красножгущихся легкоплавких глин осуществить без дополнительных затрат одновременно отбеливание керамического камня от красно-коричневых до светло-бежевых оттенков, вплоть до белого.

Список литературы

1. Кувькин Н.А., Бубнов А.Г., Гриневич В.И. Опасные промышленные отходы. Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2004. 148 с.
2. Жуков А.А. Результаты контрольно-надзорной деятельности в части обращения с отходами производства и потребления Управления Росприроднадзора по Оренбургской области по итогам 9 месяцев и задачи на IV квартал 2012 г. Оренбург: Управление Росприроднадзора, 2012. 6 с.
3. Полигон по утилизации и переработке отходов бурения и нефтедобычи: Принципиальные технологические решения. Кн. 3. Разработка принципиальных технологических решений по обезвреживанию и утилизации буровых шламов и нефтезагрязненных песков / Под ред. Савельева В.Н. Сургут: НГДУ, 1996. 101 с.
4. Садыков Р.К., Сабитов А.А., Кабиров Р.Р. Перспективы использования минерально-сырьевой базы керамзитового сырья в Республике Татарстан // *Строительные материалы*. 2014. № 5. С. 4–7.
5. Петров В.П., Токарева С.А. Пористые заполнители из отходов промышленности // *Строительные материалы*. 2011. № 12. С. 46–51.
6. Онацкий С.П. Производство керамзита. М.: Стройиздат, 1971. 305 с.
7. Гурьева В.А., Дубинецкий В.В., Вдовин К.М. Буровой шлам в производстве изделий строительной керамики // *Строительные материалы*. 2015. № 4. С. 75–77.
8. Гурьева В.А., Дубинецкий В.В., Вдовин К.М., Бутримов Н.В. Стеновая керамика на основе высококальцинированного сырья Оренбуржья // *Строительные материалы*. 2016. № 12. С. 55–57.
9. Яценко Н.Д., Зубёхин 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.

10. Роговой М.И. Технология искусственных пористых заполнителей в керамике (Репринтное воспроизведение издания 1974 г.) М.: ЭКОЛИТ, 2011. 320 с.

References

1. Kuvykin N.A., Bubnov A.G., Grinevich V.I. *Opasnye promyshlennye otkhody* [Hazardous industrial waste]. Ivanovo: Ivanovo State University of Chemical Technology. 2004. 148 p.
2. Zhukov A.A. Control and Supervisory activities Results in terms of waste production and consumption management of Department of Russian Natural Supervision across the Orenburg region in the first 9 months and tasks for the fourth quarter of 2012. Orenburg: Department of Russian Natural Supervision. 2012. 6 p. (In Russian).
3. Poligon po utilizatsii i pererabotke otkhodov bureniya i nefte dobychi: Printsipial'nye tekhnologicheskie resheniya. Kn. 3. Razrabotka printsipial'nykh tekhnologicheskikh reshenii po obezvezhivaniyu i utilizatsii buroykh shlamov i neftezagryaznennykh peskov [The disposal and treatment of waste drilling and oil production: Basic technology solutions. Book 3. Development of fundamental technology solutions for deactivation and disposal of drilling sludge and oil-contaminated sands. Ed. By Saveliev V.N.] Surgut: Oil and gas production. 1996. 101 p.
4. Sadykov R.K., Sabitov A.A., Kabirov R.R. Prospects of using the mineral-raw material base of haydite raw materials in the Republic of Tatarstan. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 5, pp. 4–7. (In Russian).
5. Petrov V.P. Tokareva S.A. Porous fillers produced from industrial waste. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 12, pp. 46–51. (In Russian).
6. Onatsky C.P. *Proizvodstvo keramzita* [Production of expanded clay]. Moscow: Stroyizdat. 1971. 305 p.
7. 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. 75–77. (In Russian).
8. Gurieva V.A., Dubinetskiy V.V., Vdovin K.M., Butrimova N.V. Wall ceramic on the basis of highly calcined raw materials of Orenburzhye. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2016. No. 12, pp. 55–57. (In Russian).
9. 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).
10. Rogovoy M.I. *Tekhnologiya iskusstvennykh poristykh zapolnitelei v keramike* (Reprintnoe vosproizvedenie izdaniya 1974 g.) [Technology of artificial porous aggregates in ceramics (Reprinted edition 1974)]. Moscow: EKOLIT. 2011. 320 p.

Реклама



ИЗНОСОСТОЙКИЕ МАТЕРИАЛЫ

СДЕЛАНО НА УРАЛЕ!

Ремонтно-механический завод «НИХАРД-СЕРВИС» производит:

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

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

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



ООО РМЗ «Нихард-сервис»
456209, Челябинская область,
г. Златоуст, ул. Им. А. Н. Радищева, 3

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

E-mail:
nihard-servis@mail.ru



РЕКЛАМА

LINGL – ПАРТНЕР ДЛЯ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



Грубая керамика



Огнеупоры



Техническая керамика



Санитарная керамика

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

Сервисное обслуживание является для фирмы LINGL важным и основным моментом. Силами нашего сервисного филиала „ООО 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 учебных и тренингов.

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

LINGL - качество „Сделано в Германии“



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

КЕРАМТЭК 2017
 14-05, июня 2017
 Представительство ЛИНГЛ в России:
 Глеб Юшин - gleb.yushin@lingl.ru
 Тел. - +7 812 309 5611 - Моб. - +7 911 812 2237

www.lingl.com



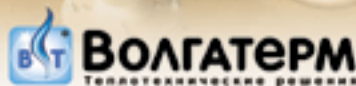
Honeywell

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
 volgathern@kromschroeder.ru



РЕКЛАМА

В.Д. КОТЛЯР, д-р техн. наук, Х.С. ЯВРУЯН, канд. техн. наук

Донской государственный технический университет (344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162)

Стеновые керамические изделия на основе тонкодисперсных продуктов переработки терриконикиков

Показана высокая перспективность производства изделий стеновой керамики на основе тонкозернистых продуктов переработки терриконикиков (ТППТ) с повышенным содержанием угольной составляющей. Приводится характеристика данных материалов, являющихся фактически готовой керамической шихтой, а также характеристика получаемых изделий в зависимости от температуры обжига. Установлена взаимосвязь между различными свойствами получаемых изделий, предел прочности при сжатии которых составляет от 10 до 19 МПа. Даны рекомендации по основным технологическим параметрам производства. Подчеркивается, что низкая себестоимость изделий обусловлена: исключением затрат на сырьевые материалы, связанных с разработкой и содержанием месторождений; практическим отсутствием затрат на массоподготовку; сушкой изделий за счет отбора тепла из печи; отсутствием затрат на топливо, необходимое для обжига. Указывается, что при производстве изделий стеновой керамики на основе тонкозернистых продуктов переработки терриконикиков появляются дополнительные источники доходов, связанные с сокращением капитальных и текущих затрат на содержание отвалов ТППТ и использованием избыточного тепла в различных направлениях.

Ключевые слова: стеновая керамика, техногенное сырье, терриконикики, технология.

Для цитирования: Котляр В.Д., Явруян Х.С. Стеновые керамические изделия на основе тонкодисперсных продуктов переработки терриконикиков // *Строительные материалы*. 2017. № 4. С. 38–41.

V.D. KOTLYAR, Doctor of Sciences (Engineering) (diatomit_kv@mail.ru), K.S. YAVRUYAN, Candidate of Sciences (Engineering) Don State Technical University (162, Socialisticheskaja Street, Rostov-on-Don, 344022, Russian Federation)

Wall Ceramic Articles on the Basis of Fine-Disperse Products of Waste Pile Processing

The high perspectivity of production of wall ceramic articles on the basis of fine-grained products of processing of waste piles with high content of a coal component is shown. Characteristics of these materials, which factually are the ready ceramic mixture as well as characteristics of articles produced depending on the burning temperature are presented. The interconnection between various properties of articles produced, compression strength limit of which are 10–19 MPa at low density, is established. Recommendations on main technological parameters of the production are made. It is emphasized that the low cost of products are due to the exclusion of expenditures for raw materials related to the development and content of deposits, the practical absence of expenditures for mass preparation, products drying due to the heat extraction from the kiln, the absence of expenditures for fuel required for burning. It is indicated that when producing wall ceramic articles on the basis of fine-grained products of waste piles processing, additional sources of profits related to the reduction in capital and current expenditures for maintenance of waste piles and the use of surplus heat in different directions appear.

Keywords: wall ceramic, anthropogenic raw materials, waste piles, technology.

For citation: 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).

В настоящее время различное техногенное сырье угольного ряда привлекает все большее внимание с целью производства изделий стеновой керамики. Это обусловлено несколькими причинами, основными из которых являются:

- необходимость производства изделий в современных экономических условиях с минимальной себестоимостью, что достигается за счет сокращения затрат на обжиг и переработку сырья;

- увеличивающийся спрос на изделия высокой эффективности с классом по средней плотности 0,7–0,8 (менее 700–800 кг/м³) и коэффициентом теплопроводности кладки в сухом состоянии до 0,2 Вт/(м·°С). Прежде всего это касается пустотелых поризованных керамических камней размером от 2,1 до 14,9 НФ;

- изменившиеся экономические условия, которые сделали техногенное сырье угольного ряда более доступным для производителей керамических стеновых материалов;

- разработанные обжиговые печи для сырья с высоким содержанием топливного компонента и с возможностью отбора излишков тепла.

Об использовании отходов угольной промышленности в качестве сырья для производства керамических стеновых изделий известно давно. В Советском Союзе в этом направлении особенно активно велись работы в 70–80-х гг. прошлого века [1–3]. Были выполнены большие лабораторно-технологические исследования. Однако практическое внедрение осуществлялось отно-

сительно редко. Предприятиям угольной отрасли это было неинтересно – основной задачей был уголь. Хотя как-то подстраиваться под кирпичные заводы для них не имело экономического смысла. Для кирпичных заводов самостоятельно заниматься разработкой терриконикиков было весьма хлопотно и затратно.

Ситуация изменилась коренным образом в последние годы. Углеобогатительные фабрики теперь рассматривают попутные продукты обогащения углей как товар и всячески стараются подстроиться под конкретного потребителя в вопросах свойств и стоимости [4–8]. Активно начали разрабатываться неперегоревшие терриконикики. Дело в том, что содержание угля в них составляет от 10 до 25%. И экономически гораздо более выгодным является в настоящее время разработка терриконикиков с целью извлечения угля, чем подземная добыча угля. Только на территории Восточного Донбасса сформировано около 500 отвалов шахт и обогатительных фабрик с массой 600–700 млн т. Несмотря на разработку, объем накопленных отвалов практически не уменьшается, так как в процессе добычи и обогащения на 1 т товарного угля в среднем приходится около 3 т попутных продуктов. Также в последние годы технологии извлечения и обогащения угля значительно усовершенствовались в плане того, что свойства попутных продуктов можно регулировать по содержанию угольной составляющей, зерновому составу, влажности и т. д.

Авторами проведены исследования по возможности получения стеновых керамических изделий высокой

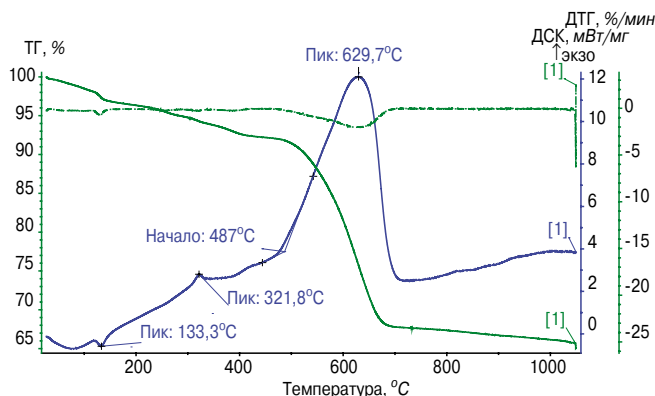


Рис. 1. Термограмма ТППТ Восточного Донбасса

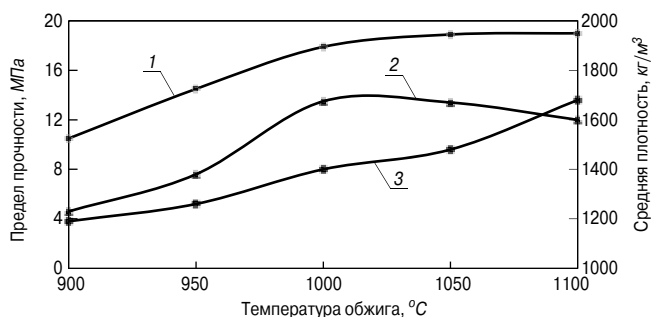


Рис. 2. Зависимость предела прочности при сжатии (1), изгибе (2) и средней плотности (3) от температуры обжига

эффективности на основе тонкозернистых продуктов переработки террикоников с повышенным содержанием угольной составляющей. В процессе извлечения угля при переработке террикоников образуется несколько видов материалов. Крупнофракционные материалы с размером зерен от 2 до 70 мм. Они практически не содержат угля, их разделяют на фракции (2–5; 5–10; 10–20; 20–40; 40–70 мм) и используют в строительстве. Мелкофракционные материалы с размером зерен от 0 до 2 мм, для которых нет общепринятых названий. Они разделяются на два вида по фракционному составу: фракция 0,5–2 мм, условно названная нами *кек*, и фракция 0–0,5 мм, названная нами *тонкодисперсные продукты переработки террикоников* (ТППТ).

В качестве основного сырья для производства стеновой керамики наиболее интересны ТППТ, так как кек является отощителем для керамических масс. ТППТ могут содержать различное количество угольной составляющей, но в основном, при используемых современных технологиях, это 20–25%. Нашей задачей было установление возможности получения изделий стеновой керамики высокой эффективности на основе ТППТ. Традиционно считается, что для получения качественного кирпича потери при прокаливании для углеотходов не должны превышать 20% [1, 3]. Однако

экспериментальных данных по этому вопросу очень мало, и они достаточно противоречивые.

Усредненный химический состав тонкодисперсных продуктов переработки террикоников Восточного Донбасса представлен в табл. 1. В отличие от глинистого сырья ТППТ обладают повышенными показателями потерь при прокаливании – 25–29%, связанными с наличием угольной составляющей. Если ее не учитывать, ТППТ будут изменяться в интервале 5–8%. Содержание SiO_2 и Al_2O_3 без учета угольной составляющей такое же, как и у полукислого глинистого сырья. Особенностью является повышенное содержание оксидов железа и оксида калия, что согласуется с минералогическим составом.

Преобладающим компонентом ТППТ Восточного Донбасса являются камнеподобные глинистые породы различной степени литификации. Основные слагающие их минералы – хлорит, гидрослюды, слюды, каолинит, кварц, полевые шпаты, оксиды и гидроксиды железа.

На рентгенограмме типичных ТППТ Восточного Донбасса пики в районе углов 9 и 18° говорят о наличии гидрослюды и слюд. Пики в районе углов 6, 12 и 19° говорят о наличии хлорита и каолинита. Пики 3,34; 4,26; 2,58 Å четко указывают на наличие кварца. Небольшой пик в 3,19 Å говорит о наличии полевых шпатов. Присутствие монтмориллонита в продуктах углеобогащения является большим недостатком, но некоторые авторы указывают на его наличие.

Зольность собственно угольных частиц составляет 5–8%, выход летучих компонентов – 3–4%. Это является важным моментом при определении оптимального режима обжига изделий на основе ТППТ. Удаление летучих компонентов происходит в районе 300–350°C, что подтверждается экзоэффектом при температуре 321°C (рис. 1). Возгорание антрацита происходит при 630°C, что четко видно по экзоэффекту и потере массы. Однако при обжиге кирпича на основе ТППТ в промышленных печах это происходит при температуре 700–750°C.

В экономическом плане стоимость калории тепла в ТППТ в 15–20 раз ниже по сравнению с газом или чистым углем. Например, стоимость мелкого угля составляет 4–5 тыс. р./т, энергетического угля – 3–4 тыс. р./т, газа – 8–10 тыс. р./т, а ТППТ – 100–200 р./т.

Фактически ТППТ являются подготовленной шихтой для производства стеновой керамики. Основной операцией массоподготовки является доведение массы в смесителе до нормальной формовочной влажности, которая составляет 18–20%. Влажность ТППТ на выходе после обогащения составляет 10–14%. Пластичность колеблется в интервале 9–12 единиц. Воздушная усадка в сравнении с глинами невелика и составляет 3,5–4,5%. Усредненный гранулометрический состав, определение которого проводилось на лазерном дифракционном анализаторе модели NanoТес 2 (Германия) с диспергированием материала в воде и ультразвуковой обработкой (мощность 70 Вт, частота 36 КГц), приведен в табл. 2. Формовочные свойства массы на основе ТППТ

Таблица 1

Усредненный химический состав ТППТ Восточного Донбасса (мас. %)

ППП	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3 общ.	CaO	MgO	SO_3 общ.	K_2O	Na_2O	TiO_2
25–29	34–38	13–17	7–12	1–4	0,5–2	0,4–1,5	3–4	0,5–2	0,5–1

Таблица 2

Гранулометрический состав ТППТ

Содержание фракций, мм, %					
0,5–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001
4–6	6–10	21–25	23–27	28–32	7–11

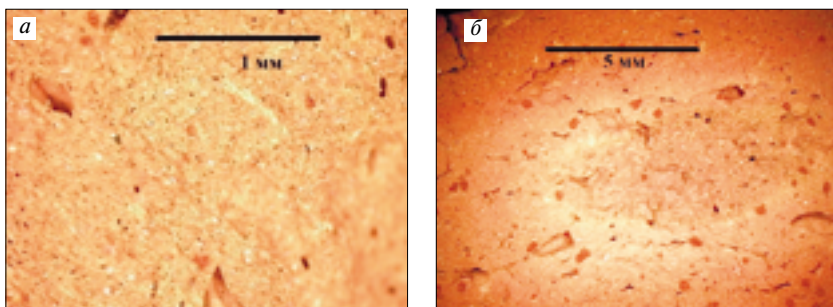


Рис. 3. Керамический камень на основе ТППТ, обожженный при температуре 900°C (а) и 950°C (б)

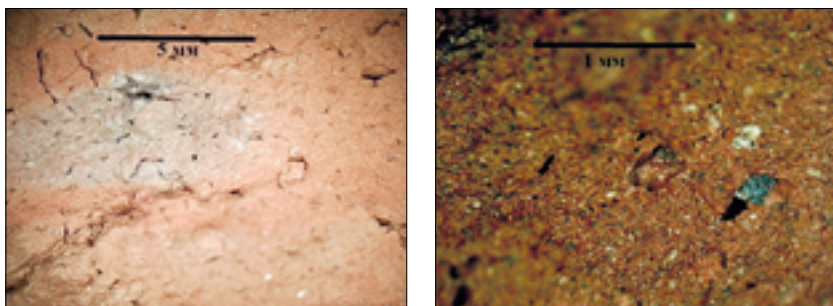


Рис. 4. Керамический камень на основе ТППТ, обожженный при температуре 1050°C

вполне удовлетворительные как для экструзионного (пластического) формования изделий, так и для компрессионного. Однако необходим тщательный подбор технологических параметров формования исходя из способа формования и вида изделий.

Особый интерес при этом вызывают ТППТ с повышенным содержанием угольной составляющей – более 20%. По содержанию угольной составляющей (органического углерода) выделяются породы малоуглеродистые ($C_{орг} = 0–8\%$), среднеуглеродистые ($C_{орг} = 8–20\%$) и высокоуглеродистые ($C_{орг}$ более 20%). При этом считается, что если содержание углерода превышает 20%, то прочность изделий будет весьма низкой [1, 2]. Проведенные эксперименты позволили получить интересные результаты. На рис. 2 показаны зависимости предела прочности при сжатии, изгибе и средней плотности для образцов пластического формования на основе ТППТ с содержанием угольной составляющей 21,8% от температуры обжига.

Данные исследований показывают, что полученные изделия обладают вполне приемлемыми для стеновых изделий свойствами, на которые существенное влияние оказывает температура обжига. Например, средняя плотность полнотелых изделий при температуре обжига 900°C составляет 1190 кг/м³, и по мере повышения температуры обжига до 1050°C она возрастает до 1480 кг/м³.

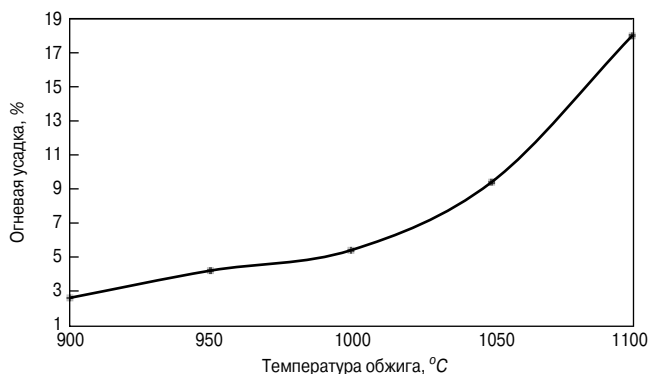


Рис. 5. Огневая усадка керамического камня на основе ТППТ

Предел прочности при сжатии при температуре обжига 900°C составляет 10,5 МПа, и по мере повышения температуры обжига до 1050°C она возрастает до 18,9 МПа. Предел прочности при изгибе также повышается с ростом температуры обжига от 4,6 до 13,5 МПа. Эти показатели изделий вполне приемлемы для несущих конструкций. Для достижения средней плотности изделий 750 кг/м³ при температуре обжига 900°C пустотность должна составлять 37%, при температуре обжига 1050°C – 50%. Соответственно пропорционально уменьшится прочность при сжатии и будет составлять 5–10 МПа, что также вполне приемлемо для высокоэффективных керамических камней.

Изделия на основе ТППТ обладают повышенной пористостью, которая составляет при температуре обжига 900°C 55% и при температуре обжига 1050°C – 45%. Это существенно снижает теплопроводность изделий. Повышенная пористость не оказывает отрицательного влияния на морозостойкость изделий, так как в керамическом камне имеется достаточное количество резервных пор

с размером больше 200 мкм (рис. 3).

Особое внимание при производстве изделий стеновой керамики на основе ТППТ должно быть уделено процессу обжига. Обжигать изделия следует по режиму с изометричной выдержкой и окислительной средой при температуре выгорания угольной составляющей. При этом следует учитывать, что содержание топлива в ТППТ существенно превышает количество, необходимое для обжига, и конструкция печи должна предусматривать возможность отбора избыточного тепла и постепенную четко контролируемую подачу воздуха в период выгорания угля и коксового остатка.

При температуре обжига 1050°C и выше начинают проявляться признаки пережога, обусловленные повышенным содержанием оксидов железа, которое из трехвалентной формы переходит в двухвалентную (рис. 4). Образующийся при этом FeO является сильным плавнем, существенно ускоряющим процесс спекания. Это проявляется резким ростом огневой усадки начиная с температуры 1030–1050°C (рис. 5).

Проведенные исследования показали, что на основе тонкодисперсных продуктов переработки терриконигов с высоким содержанием угольной составляющей (более 20%) вполне возможно получение облегченных изделий стеновой керамики с хорошими физико-механическими показателями. При этом себестоимость изделий будет минимальной за счет:

- исключения затрат на сырьевые материалы, связанные с разработкой и содержанием карьеров;
- практическим отсутствием затрат на массоподготовку;
- сушки изделий за счет отбора тепла из печи;
- отсутствием затрат на топливо, необходимое для обжига.

По предварительным расчетам себестоимость условного кирпича на основе ТППТ будет составлять 2,5–3 р. Кроме того, при производстве изделий стеновой керамики на основе тонкодисперсных продуктов переработки терриконигов появляются дополнительные источники доходов, связанные с сокращением капитальных и текущих затрат на содержание отвалов ТППТ и использованием избыточного тепла в весьма различных направлениях.

Список литературы

1. Бурмистров В.Н., Варшавская Д.А., Новинская В.Т. и др. Использование отходов угольной промышленности в качестве сырья для производства керамических стеновых изделий. М.: ВНИИЭСМ, 1976. 44 с.
2. Лундина М.Г. Добавки в шихту при производстве керамических стеновых материалов. М.: ВНИИЭСМ, 1974. 96 с.
3. Золотарский А.З., Шейман Е.Ш. Производство керамического кирпича. М.: Высшая школа, 1989. 264 с.
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. Котляр В.Д., Устинов А.В., Ковалёв В.Ю., Терёхина Ю.В., Котляр А.В. Керамические камни компрессионного формования на основе опок и отходов углеобогащения // *Строительные материалы*. 2013. № 4. С. 44–48.
6. Котляр В.Д., Устинов А.В. Эффективная стеновая керамика на основе опок и отходов углеобогащения // *Наукоедение. Интернет-журнал*. 2013. № 3 (16). Идентификационный номер статьи в журнале: 44TRGSU313. <http://naukovedenie.ru/index.php?p=issue-3-13-RGSU> (дата обращения 21.02.2017).
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. Кара-сал Б.К., Котельников В.И., Сапелкина Т.В. Получение керамического стенового материала из вскрышных пород углеобогащения // *Естественные и технические науки*. 2015. № 2. С. 160–163.

References

1. Burmistrov V.N., Varshavskaya D.A., Novinskaya V.T. and others. Ispol'zovanie otkhodov ugol'noi promyshlennosti v kachestve syr'ya dlya proizvodstva keramicheskikh stenovykh izdelii [The use of coal industry waste as raw material for the production of ceramic wall products]. Moscow: VNIIESM. 1976. 44 p.
2. Lundina M.G. Dobavki v shikhtu pri proizvodstve keramicheskikh stenovykh materialov [Additives in fusion mixture in the production of ceramic wall materials]. Moscow: VNIIESM. 1974. 96 p.
3. Zolotarskii A.Z., Sheiman E.Sh. Proizvodstvo keramicheskogo kirpicha [Manufacture of ceramic bricks]. Moscow: Vishaya Shkola. 1989. 264 p.
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.D., Ustinov A.V., Kovalev V.Yu., Terekhina Yu.V., Kotlyar A.V. Ceramic compression molding stones on the basis of flasks and waste of coal enrichment. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 4, pp. 44–48. (In Russian).
6. Kotlyar V.D., Ustinov A.V. Effective wall ceramics on the basis of flasks and wastes of coal enrichment. *Naukovedenie. Internet-journal*. 2013. No. 3 (16). Identification number of the article in the journal: 44TRGSU313. <http://naukovedenie.ru/index.php?p=issue-3-13-RGSU> (date of access 21.02.2017). (In Russian).
7. Kotlyar V.D., Kozlov A.V., Kotlyar A.V., Terekhina Yu.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).
8. Kara-sal B.K., Kotel'nikov V.I., Sapelkina T.V. Receiving ceramic wall material from overburden breeds of coal preparation. *Estestvennye i tekhnicheskije nauki*. 2015. No. 2, pp. 160–163. (In Russian).

Реклама

ТОРГОВЫЙ ДОМ
ИНТА-СТРОЙ

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

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОПИЛОК

Дозаторы	Дробилки	Дисковая мельница	Бункеры
			

Использование в кирпичном производстве предварительно подготовленных и измельченных опилок позволяет:

- снизить простоты формовочной линии из-за попадания крупных включений;
- повысить качество выпускаемого кирпича;
- устранить накопление отходов после просеивания опилок на сите-бурат.

МЫ ЗВЕНЬЯ ОДНОЙ ЦЕПИ

УДК 691.41

А.М. САЛАХОВ^{1,4}, канд. техн. наук (salakhov8432@mail.ru); В.П. МОРОЗОВ², д-р геол.-мин. наук; А.И. ГУМАРОВ¹, инженер; К.А. АРИСКИНА³, техник-лаборант, А.Р. ВАЛИМУХАМЕТОВА³, техник-лаборант, О.Н. ЛИС³, техник-лаборант, М.В. ПАСЫНКОВ³, техник-лаборант

¹ Казанский федеральный университет. Институт физики (420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 16а)

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

³ Малое инновационное предприятие «Клинкерная керамика КФУ» (420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18)

⁴ ОАО «Алексеевская керамика» (422900, РТ, п.г.т. Алексеевское, ул. Кирпичнозаводская, 10)

Опыт поверхностной обработки керамических материалов строительного назначения

С применением атомно-силового и лазерного микроскопов исследованы характеристики поверхности различных керамических материалов. Среди различных методов поверхностной обработки выделены глазури. Методом сканирующей электронной микроскопии исследована приграничная зона глазури и керамического камня. Проведен анализ полимерных покрытий кирпича, выявлен их элементный состав, показано высокое содержание атомов углерода. Отмечены положительные и проблемные характеристики полимерных покрытий, связанные с неоднородностью их структуры и низкой твердостью. Показана возможность управления цветом поверхностного слоя лицевого кирпича путем изменения атмосферы обжига. Отмечен положительный опыт предприятий по поверхностной обработке кирпича мягкого формования. Показана перспективность использования нитрида титана в качестве материала для обработки поверхности изделий строительной керамики на примере тонкой пленки, нанесенной на керамическую плитку методом реактивного магнетронного распыления.

Ключевые слова: керамика, характеристика поверхности, глазурь, ангоб, полимерное покрытие, минеральный состав, магнетронное распыление, нитрид титана.

Для цитирования: Салахов А.М., Морозов В.П., Гумаров А.И., Арискина К.А., Валимухаметова А.Р., Лис О.Н., Пасынков М.В. Опыт поверхностной обработки керамических материалов строительного назначения // *Строительные материалы*. 2017. № 4. С. 42–46.

A.M. SALAKHOV^{1,4}, Candidate of Sciences (Engineering) (salakhov8432@mail.ru); V.P. MOROZOV², Doctor of Sciences (Geology and Mineralogy); A.I. GUMAROV¹, Engineer; K.A. ARISKINA³, Laboratory Technician; A.R. VALIMUKHMETOVA³, Laboratory Technician; O.N. LIS³, Laboratory Technician; M.V. PASYNKOV³, Laboratory Technician.

¹ Kazan Federal University. Institute of Physics (16a, Kremlyovskaya Street, 420008, Kazan, Russian Federation)

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

³ University spin-off «Clinker ceramics of KFU» (18, Kremlyovskaya Street, 420008, Kazan, Russian Federation)

⁴ ОАО «Алексеевская Керамика» (10, Kirpichnozavodskaya Street, town settlement Alekseevskoye, Republic of Tatarstan, 422900, Russian Federation)

Experience of Surface Treatment of Ceramic Materials of Construction Purpose

The surface characteristics of various ceramic materials using atomic-force and laser microscopes have been investigated. Among various methods of surface treatment glazes were noted. The boundary zone of the glaze and the ceramic shard with the help of scanning electron microscopy have been investigated. The analysis of polymer coatings of bricks, their elemental composition are shown. Due to the heterogeneity of the structure and low hardness the problematic characteristics of polymer coatings are noted. The possibility of controlling the color of the surface layer of the face brick by changing the burning atmosphere is shown. Positive experience of enterprises on surface processing of brick were noted. The results of magnetron sputter deposition of a thin film of titanium nitride on ceramic materials have been presented. It was suggested that this method should be used for surface treatment of building ceramics.

Keywords: ceramics, surface characteristics, glaze, engobe, polymer coating, mineral composition, magnetron sputtering, titanium nitride

For citation: Salakhov A.M., Morozov V.P., Gumarov A.I., Ariskina K.A., Valimukhmetova A.R., Lis O.N., Pasyнков M.V. Experience of surface treatment of ceramic materials of construction purpose. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 4, pp. 42–46. (In Russian).

Поверхность изделий строительной керамики представляет собой достаточно нерегулярное образование. Даже на поверхностях, кажущихся гладкими, отмечаются существенные отклонения от плоскости. Как правило, с повышением температуры обжига степень шероховатости образцов уменьшается (рис. 1).

Однако даже на «совершенно гладкой» визуально поверхности при исследовании лазерным микроскопом выявляется значительное количество пор размером в десятки нанометров и различных дефектов (рис. 2).

Дефектность поверхности керамических материалов вызывает необходимость их поверхностной обработки.

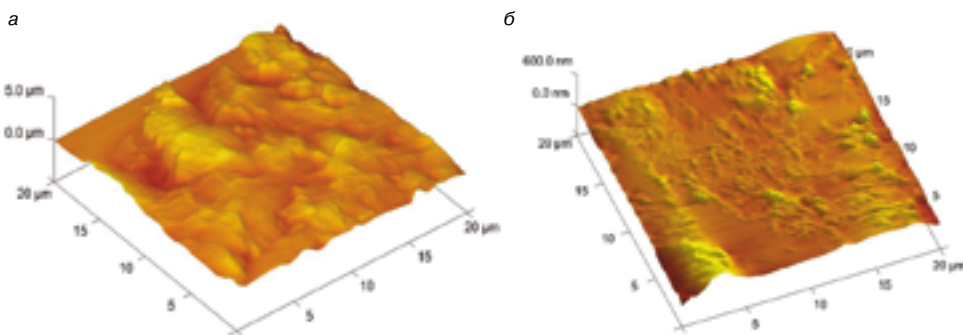


Рис. 1. 3D-изображение поверхности керамики: а – $T_{обж} = 1000^{\circ}\text{C}$; б – $T_{обж} = 1100^{\circ}\text{C}$. Атомно-силовой микроскоп

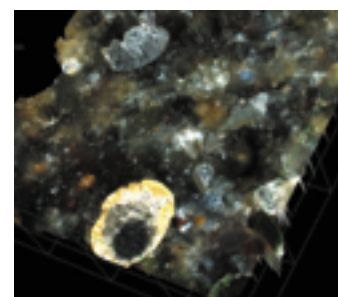


Рис. 2. 3D-изображение «гладкой» поверхности керамики: $T_{обж} = 1100^{\circ}\text{C}$. Лазерный микроскоп

Таблица 1

Изменение удельного объема кремнезема при полиморфных превращениях [2]

Модификация	Удельный объем, см ³ /г	Изменение удельного объема, %
α-кварц	0,3766	4,94
β-кварц	0,3952	9,944
α-тридимит	0,4345	1,956
β-тридимит	0,443	3,023
α-кristобалит	0,43	4,186
β-кristобалит	0,448	1,004
Плавленный кварц	0,4525	-

Известны различные способы поверхностной обработки стеновой керамики [1]. Уже тысячелетия используют глазури, которые отличаются устойчивостью к агрессивным воздействиям внешней среды. Требования к глазурям достаточно жесткие, поскольку они должны обладать определенными свойствами (оптические, химические, физические, биологические и т. д.). Исследования и разработки по данной тематике продолжаются. Достаточно часто возникают проблемы отслаивания глазурного покрытия, как правило, это связывают с существенными отличиями коэффициентов линейного термического расширения (КЛТР). При этом важно знать фазовый состав керамического камня. Например, наличие кристобалита скорее можно считать нежелательным, поскольку известно [2], что при температуре 160°C бета-альфа переход приводит к существенному изменению объема (табл. 1).

В литературе отмечается [3], что существенная роль в прочности сцепления отделочного слоя и подложки принадлежит характеру границы между ними. В работе проведены детальные исследования приграничного слоя глазури и керамического камня (рис. 3).

Установлено, что слой глазури толщиной 136 мкм характеризуется явно выраженным стеклообразным состоянием, глазурь проникает в поры и надежно закрывает дефекты поверхностного слоя керамического камня. Для анализа элементного состава приграничного слоя были сняты линейные спектры по линии, пересе-

Рис. 4. Элементный состав спектров приграничного слоя глазури и керамического камня

Обозначение спектра	Массовая доля элементов, мас. %								
	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	Pb
Линейный спектр 1	65	1	1	3	20	1	1	1	6
Линейный спектр 2	67	1	-	6	20	4	-	-	1
Линейный спектр 3	69	1	-	6	20	4	-	-	-

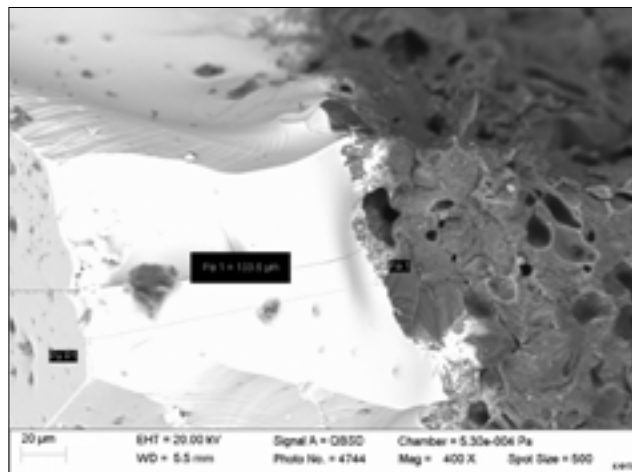
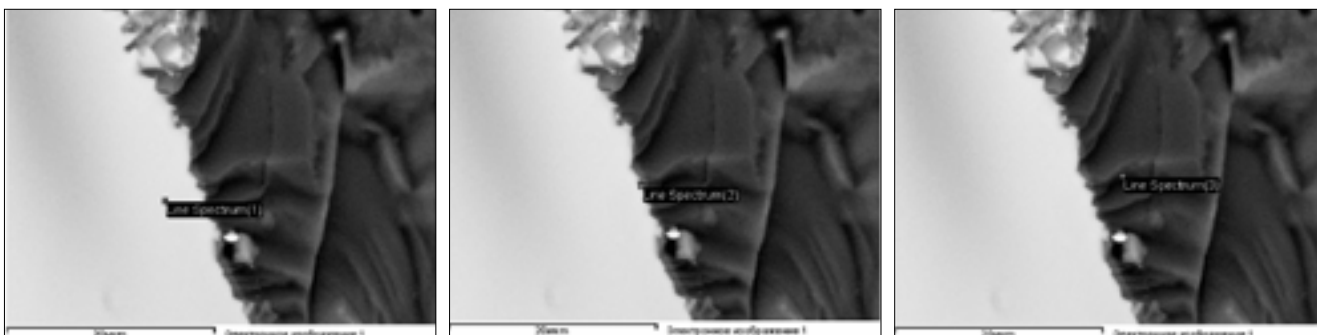


Рис. 3. РЭМ изображение приграничного слоя глазури и керамического кирпича

кающей границу глазури и керамического камня, через каждые 4 мкм и зафиксировано существенное изменение содержания свинца. Содержание кислорода и кремния остается практически идентичным (рис. 4).

Интересным опытом является использование отходов химической промышленности в производстве глазурей. В частности, установлена зависимость свойств керамических покрытий от количества бокситового шлама [4]. Наряду с глазурями ряд исследователей считают перспективным использование в качестве покрытий ангобов на основе каолинист-гидрослюдистых легкоплавких глин, мела и стеклобоя [5].

Ученые Ростовского архитектурно-строительного университета предлагают методику нанесения порошковой краски методом электростатического напыления для получения градиентных цветовых переходов [6].

При исследовании покрытия керамического кирпича полимерными составами, используемыми Ижевским заводом «Альгаир», нами были использованы методы рентгено-флуоресцентного анализа и электронной микроскопии. Совпадение результатов двух методов исследования дают гарантию достоверности полученных результатов.

В первую очередь это покрытие нельзя отнести к глазурям, его состав и структура не могут характеризоваться стеклообразным состоянием. Структура покрытия пористая и неоднородная, что не гарантирует его долговечности. Твердость покрытия ниже твердости керамического камня, что приводит к риску повреждений. Элементный состав в основном представлен углеродом. Цвет покрытия в значительной степени определяется кристаллическими включениями размером менее 10 мкм (рис. 5, 6).

Поверхностный слой кирпича синего цвета имеет другой элементный состав: титан не фиксируется, зато отмечается существенное содержание бария (рис. 7).

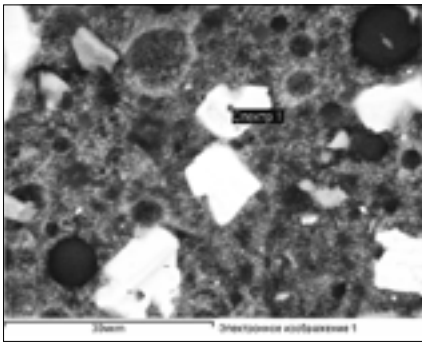


Рис. 5. РЭМ изображение фрагмента кирпича с бежевым покрытием. Элементный состав из рентгеновского спектра участка, обозначенного «Спектр 1», мас. %: С – 13; О – 79; Al – 1; Si – 1; Ti – 6; Pb – 1

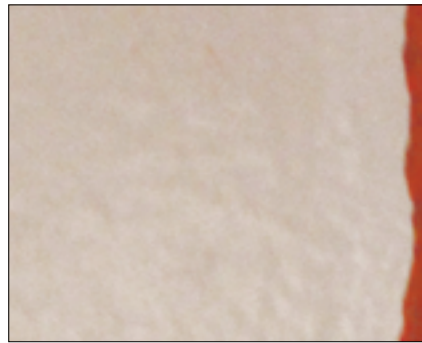
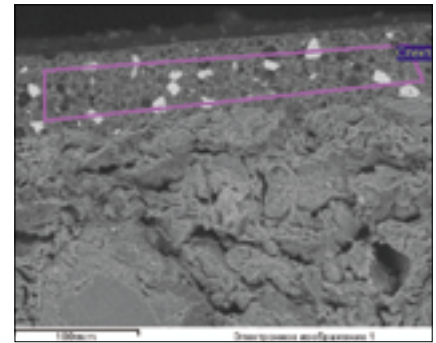


Рис. 6. Фрагмент кирпича с бежевым покрытием (слева); справа – приграничный слой покрытия и керамического камня. «Спектр 1», мас. %: С – 13; О – 79; Al – 1; Si – 1; Ti – 6; Pb – 1



Изделия завода «Альтаир» с полимерным покрытием имеют хорошие эстетические характеристики. Использование полимерных композиций для создания декоративных покрытий по керамическому кирпичу обусловлено высокой стойкостью полимеров к температурно-влажностным эксплуатационным воздействиям, хорошей адгезией к минеральной основе, неограниченным количеством цветовых оттенков, однако пока не изучен вопрос их долговечности и устойчивости к солнечной радиации.

Принципиально другой способ поверхностной обработки, используемый для изменения цвета кирпича, традиционно использовался в России еще с XIX в. Такие кирпичи с практически черной поверхностью называли «железняк» [7], однако внутренние их слои оставались красными.

Сопоставление минерального состава поверхностного и внутренних слоев кирпича-«железняк» выявило существенные отличия (табл. 2).

Подобный прием поверхностной обработки используется и в настоящее время. Дополнительное оборудование печи периодического действия на заводе ОАО «Алексеевская керамика» (Татарстан) позволяет увеличивать давление подаваемого в печь воздуха. Поверхностный слой кирпича, при обжиге которого при 1000°C на 8 мин увеличивалось давление подаваемого воздуха, отличается минеральным составом (табл. 3). Цвет поверхности темно-коричневый, середины – красный.

Данные табл. 3 показывают, что содержание аморфной фазы на поверхности кирпича и в его сердцевине практически идентично, однако содержание оксидов железа отличается весьма существенно. Можно предположить, что имеет место поверхностная диффузия ионов железа, что приводит к повышению концентрации магнетита и маггемита в поверхностном слое. Мы полагаем, что образование магнетита и магге-

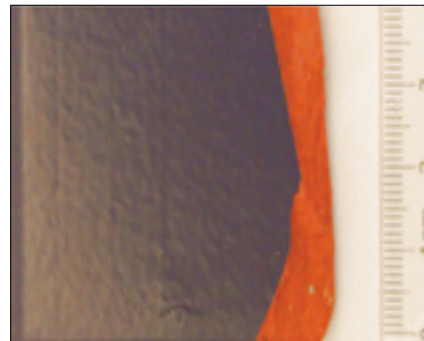


Рис. 7. Фрагмент кирпича с синим покрытием (слева); справа – приграничный слой покрытия и керамического камня. «Спектр 5», мас. %: С – 62; О – 22; Al – 1; Si – 3; Ba – 11

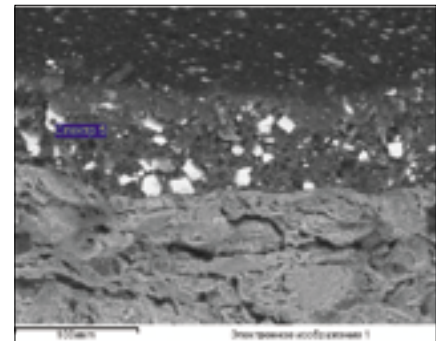


Таблица 2

Минеральный состав различных частей кирпича

Кирпич-«железняк» Здания XIX в.	Минеральный состав, мас. %							Аморфная фаза
	Кварц	Альбит	Мусковит	Магнетит	Маггемит $\gamma - Fe_2O_3$	Гематит $\alpha - Fe_2O_3$	Кристобалит	
Поверхность	59	24	–	3	14	–	74	26
Сердцевина	67	20	9	–	–	4	75	25

Таблица 3

Минеральный состав различных частей кирпича завода «Алексеевская керамика»

Кирпич, полученный при изменении атмосферы обжига	Минеральный состав, мас. %							Аморфная фаза
	Кварц	Альбит	Микроклин	Магнетит	Маггемит $\gamma - Fe_2O_3$	Гематит $\alpha - Fe_2O_3$	Кристобалит	
Поверхность	50,9	29,2	16,5	1,1	2,3	–	75,5	24,5
Середина	53,4	25,9	19,1	–	–	1,7	75,2	24,8

Таблица 4

Минеральный состав керамики из глины Алексеевского месторождения, обожженной при разной температуре

Температура обжига алексеевской глины, °С	Минеральный состав, мас. %				Аморфная фаза, %
	Кварц	Микроклин	Альбит	Гематит	
1100	68,6	8,22	19,3	3,87	35
1150	60,9	0,16	33,1	5,89	41



Рис. 8. Кирпичи мягкого формования ОАО «Алексеевская керамика»

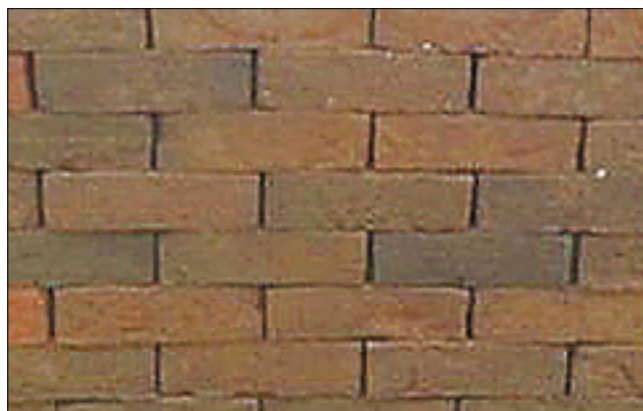


Рис. 9. Кирпичи мягкого формования ОАО «Тульский кирпичный завод»



мита не связано с температурой обжига; так, в образцах керамики из глины Алексеевского месторождения после обжига при 1100 и 1150°C увеличивается доля аморфной фазы, растет содержание гематита, но ни магнетит, ни маггемит не выявлены (табл. 4).

Известно [8], что кристаллы маггемита темно-коричневого цвета, а магнетита – черного. Мы полагаем, что именно эти минералы придают поверхности кирпича темно-коричневый цвет, тогда как сердцевина кирпича имеет красный цвет, характерный для керамики из глины Алексеевского месторождения после обжига в печи при температуре 1000°C.

Широкие возможности поверхностной обработки раскрываются при использовании мягкого («ручного») формования. Такие кирпичи, в частности, производятся и успешно реализуются на ОАО «Алексеевская керамика» и «Тульский кирпичный завод» (рис. 8, 9).

В настоящее время широко рекламируется керамическая плитка с «золотым покрытием» испанского

производства. Известно, что золото – достаточно мягкий материал, который легко можно поцарапать металлической щеткой, кроме того, очень дорогой. Очевидно, что золото в данном случае присутствует только в названии, а плитка покрывается тончайшим слоем нитрида титана. Такого рода покрытия изучаются как отечественными, так и зарубежными исследователями [9–11]. Нитрид титана характеризуется высокой твердостью, его практически невозможно поцарапать металлическим предметом. Нитрид титана уже много лет используется для покрытия куполов православных храмов, визуальнo купола выглядят «золотыми» десятилетия. Например, 20 лет назад на одном из предприятий оборонного комплекса было выполнено покрытие из нитрида титана на металлических облицовочных элементах куполов собора в п.г.т. Алексеевское (рис. 10).

С целью получения эффекта «золотого покрытия» на поверхности керамических изделий нами были прове-

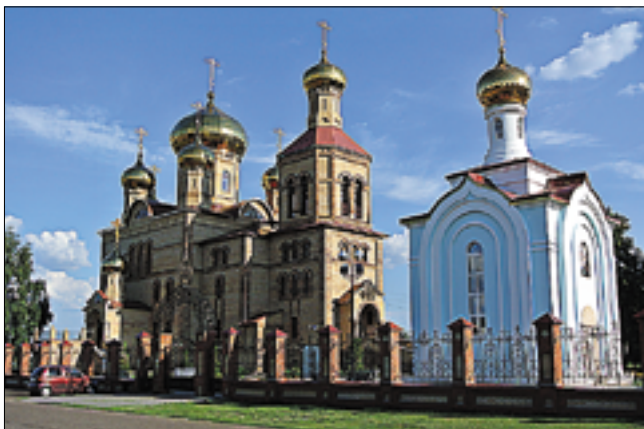


Рис. 10. Воскресенский собор в п.г.т. Алексеевское. Металлические облицовочные элементы куполов покрыты нитридом титана



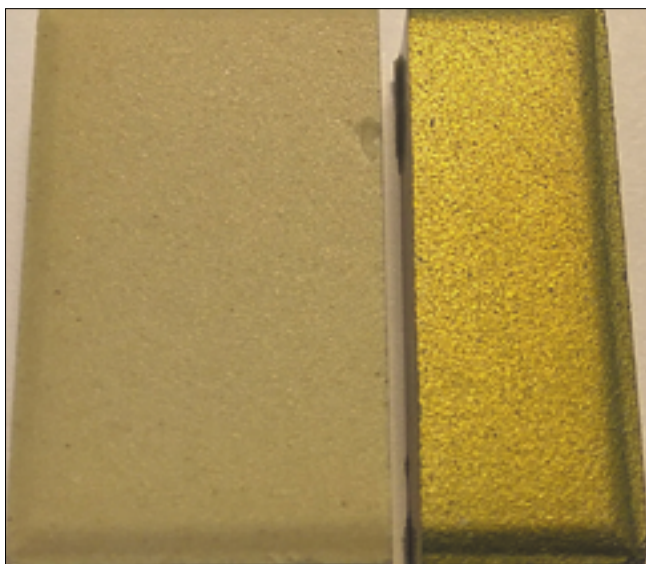


Рис. 11. Поверхность керамической плитки: слева – до напыления; справа – после напыления пленки нитрида титана 50 нм толщиной

дены эксперименты по напылению нитрида титана на поверхность керамической плитки методом реактивного магнетронного распыления мишени из титана марки ТПЧ (99,99%) в газовой смеси аргона Ar и азота N₂.

Список литературы

1. Casasola R., Rincon J. Ma, Romero M. Glass-ceramic glazes for ceramic tiles: a review, Received: 18 July 2011 / Accepted: 19 September 2011 / Published online: 4 October 2011.
2. Красников Г.Я., Зайцев Н.А. Система кремний – диоксид кремния субмикронных СБИС. Москва: Техносфера, 2003. 384 с.
3. Simonis H. Ceramische Erfahrungen Glasuren Eigenschaften, Fehler und Beseitigungen, besondere Oberflächen 1994. Gruppo Editoriale Faenza Editrice S.p.A, pp. 28–29.
4. Харыбина Ю.В., Питак О.Я., Питак И.В. Разработка составов декоративных покрытий для лицевых керамических изделий // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2013. № 6. С. 56–58.
5. Зубехин А.П., Яценко Н.Д., Ратькова В.П. Ангобы на основе красножгущихся легкоплавких глин // *Строительные материалы*. 2009. № 3. С. 40–41.
6. Котляр В.Д., Новикова А.С., Терехина Ю.В. Технология и дизайн керамического кирпича с декоративным полимерным покрытием с эффектом «деграде» // *Электронный научный журнал. Инженерный вестник Дона*. 2013. № 4. <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2091> (дата обращения 20.03.2017)
7. Котляр, В.Д., Терехина Ю.В., Котляр А.В. Особенности свойств, применение и требования к клинкерному кирпичу // *Строительные материалы*. 2015. № 4. С. 72–74.
8. Горшков В.С. Вяжущие, керамика и стеклокристаллические материалы: Структура и свойства: Справ. пособие / В.С. Горшков, В.Г. Савельев, А.Б. Абакумов. М.: Стройиздат, 1994, 564 с.
9. Краснокутский Ю.И., Верещак В.Г. Получение тугоплавких соединений в плазме. К.: Вища школа, 1987. 200 с.
10. Юрьев Ю.Н., Михневич К.С., Кривоногов В.П., Сиделёв Д.В., Киселева Д.В., Новиков В.А. Свойства пленок нитрида титана, полученных методом магнетронного распыления // *Известия Самарского научного центра РАН*. 2014. № 4 (3). С. 672–676.
11. Gotman I., Gutmanas E.Y., Hunter G. Wear-resistant ceramic films and coatings, in Ducheyne, P. (ed.), *Comprehensive Biomaterials*. 2011. Vol. 1, pp. 127–155.

Пленка напылялась при комнатной температуре подложки (плитки) в сверхвысоковакуумной камере, время напыления составило 90 мин. Предварительная очистка поверхности плитки проводилась в ультразвуковой ванне сначала в изопропиловом спирте, затем в дистиллированной воде.

Калибровка толщины пленки проводилась на профилометре DektakXT Bruker и составила 50 нм. В качестве подложки для калибровки использовался монокристаллический кремний. Исследования стехиометрического состава пленки проводились с помощью метода рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС).

Толщина слоя покрытия составляет 40–50 нм, расход материала, например для покрытия одного кирпича, не превышает 0,001 г. Учитывая, что такого рода покрытия способны кардинально улучшить характеристики строительной керамики, этот метод можно считать одним из перспективных. В то же время специалистам отрасли еще предстоит решить технологическую задачу эффективного нанесения покрытия в промышленных условиях.

Авторы благодарят сотрудников научно-исследовательской лаборатории синтеза и анализа тонкопленочных систем Л.Р. Тагирова, А.И. Гумарова, И.Р. Вахитова и И.В. Янилкина за неоценимую помощь в проведении экспериментов по нанесению пленок нитрида титана на поверхность керамических изделий.

References

1. Casasola R., Rincon J. Ma, Romero M. Glass-ceramic glazes for ceramic tiles: a review, Received: 18 July 2011 / Accepted: 19 September 2011 / Published online: 4 October 2011.
2. Krasnikov G.Ya., Zaitsev N.A. Sistema kremnii – dioksid kremniya submikronnykh SBIS [The silicon-silicon dioxide system of submicron VLSI]. Moscow: Tekhnosfera, 2003. 384 p.
3. Simonis H. Ceramische Erfahrungen Glasuren Eigenschaften, Fehler und Beseitigungen, besondere Oberflächen 1994. Gruppo Editoriale Faenza Editrice S.p.A. pp. 28–29.
4. Kharybina Yu.V., Pitak O.Ya., Pitak I.V. Development of decorative coatings for facial ceramic products. *Vostochno-evropeiskii zhurnal peredovykh tekhnologii*. 2013. No 6, pp. 56–58. (In Russia).
5. Zubekhin A.P., Yatsenko N.D., Rat'kova V.P. Angobes based on red-burning low-melting clays. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2009. No. 3, pp. 40–41. (In Russia).
6. Kotlyar V.D., Novikova A.S., Terekhina Yu.V. *Technology and design of ceramic bricks with a decorative polymer coating with the effect of "ombr"*. *Inzhenernyi vestnik Dona*. Scientific Internet-journal, 2013. No. 4. <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2091> (date of access 20.03.2017) (In Russia).
7. Kotlyar V.D., Terekhina Yu.V., Kotlyar A.V. Properties, applications and requirements for clinker bricks. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 4, pp. 72–74. (In Russia).
8. Gorshkov V.S., Savel'ev V.G., Abakumov A.B. Vyazhushchie, keramika i steklokristallicheskie materialy: Struktura i svoistva [Binders, ceramics and glass-crystalline materials: Structure and properties]: Sprav. Posobie. Moscow: Stroyizdat. 1994. 564 p.
9. Krasnokutskiy Yu.I., Vereshchak V.G. Poluchenie tugo-plavkikh soedinenii v plazme [Production of refractory compounds in plasma]. Kiev: Vishcha shkola. 1987. 200 p.
10. Yuryev Y.N., Mikhnevich K.S., Krivobokov V.P., Sidel'ov D.V., Kiselyova D.A. The properties of titanium nitride films, obtained by magnetron sputtering. *Izvestiya Samar'skogo nauchnogo tsentra RAN*. 2014. No. 4 (3), pp. 672–676. (In Russia).
11. Gotman I., Gutmanas E.Y., Hunter G. (2011). Wear-resistant ceramic films and coatings, in Ducheyne, P. (ed.), *Comprehensive Biomaterials*. 2011. Vol. 1, pp. 127–155.

УДК 693.22

Г.И. ГРИНФЕЛЬД¹, инженер (greenfeld@mail.ru), А.А. ВИШНЕВСКИЙ², канд. техн. наук,
П.П. ПАСТУШКОВ³, канд. техн. наук, А.Н. КОЗЛОВ¹, инженер

¹ ООО «ЛСР. Стеновые» (193091, г. Санкт-Петербург, Октябрьская наб., 40 а)

² Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19)

³ Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

Кирпичные фасады. Правильные технические решения и примеры успешной реализации

Описаны причины статистически низкого качества кирпичных фасадов, спроектированных в 2000-е гг. Приводится перечень воздействий на кирпичную облицовку многослойных стен с поэтажным опиранием, учет которых не был предписан нормативами, но которые оказывали прямое воздействие на целостность кирпичной фасадной облицовки. Даны рекомендации по снижению влияния этих воздействий на облицовочные слои. Описана необходимость и способ учета выхода начальной влаги из внутренних слоев стен в первые сезоны эксплуатации. Дан обзор технических решений, реализация которых обеспечивает безаварийную эксплуатацию кирпичных фасадов зданий с несущим каркасом. Приведена классификация навесных фасадных систем с облицовкой каменной кладкой, показаны примеры успешной реализации кирпичных фасадов, в которых учтены все требования, ставшие обязательными с 2012 г.

Ключевые слова: кирпич керамический, стеновые материалы, кирпичная кладка, кирпичная облицовка, многослойные ограждающие конструкции, дефекты кладки, опирание облицовочной кладки, температурные деформации, гибкие связи, нормативные требования.

Для цитирования: Гринфельд Г.И., Вишневецкий А.А., Пастушков П.П., Козлов А.Н. Кирпичные фасады. Правильные технические решения и примеры успешной реализации // *Строительные материалы*. 2017. № 4. С. 47–50.

G.I. GRINFEL'D¹, Engineer, A.A. VISHNEVSKIY², Candidate of Sciences (Engineering),

P.P. PASTUSHKOV³, Candidate of Sciences (Engineering), A.N. KOZLOV, Engineer

¹ LSR. Stenovye, ООО (40 а, Oktjabr'skaja Embankment, Sankt-Peterburg, 193091, Russian Federation)

² Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsi (19, Mira Street, Ekaterinburg, 620002, Russian Federation)

³ Scientific-Research Institute of Building Physics of the Russian Academy architecture and construction sciences (21, Lokomotivny Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

Brick Facades. Correct Technical Solutions and Examples of Successful Realization

Reasons for the statistically low quality of brick facades designed in the 2000s are described. The list of impacts on the brick facing of multilayered walls with floor-by-floor support, accounting of which is not prescribed by regulations, but which have had a direct effect on the integrity of the brick facade facing is presented. Recommendations to reduce the influence of these impacts on facing layers are made. The need and method for accounting of the output of initial moisture from the inner layers of walls in the first seasons of operation are described. An overview of the technical solutions, the implementation of which provides the trouble-free operation of brick facades of buildings with a bearing frame is done. The classification of suspended facade systems which are finished with stone masonry is presented; examples of the successful realization of brick facades with due regard for all the requirements which became mandatory from 2012 are also presented.

Keywords: ceramic brick, wall materials, brick masonry, brick facing, multi-layer enclosing structures, masonry defects, leaning of facing masonry, temperature deformations, flexible connections, normative requirements.

For citation: Grinfel'd G.I., Vishnevskij A.A., Pastushkov P.P., Kozlov A.N. Brick facades. Correct technical solutions and examples of successful realization. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 4, pp. 47–50. (In Russian).

Введение.

С конца 1990-х гг., после отказа от традиционных конструктивных решений наружных ограждающих конструкций, вызванного сменой парадигмы нормирования тепловой защиты [1], широкое распространение получила облицовочная кладка из кирпича толщиной 120–250 мм, отделенная от основного слоя стены воздушным зазором. Такая кладка устраивается с опиранием на несущие перекрытия и выполняет функцию наружного декоративно-защитного слоя ненесущих или ограждающих стен.

Переход от массивной кладки несущих и самонесущих стен к широкому внедрению многослойной кладки, заполняющей ячейки несущего каркаса, произошел быстро и был осуществлен децентрализованно силами множества изолированных неспециализированных проектных организаций. Следствием такого способа перехода стал ряд типовых ошибок на стадии проектирования и строительства, которые обусловили соответствующие типовые дефекты, а те в свою очередь стали поводом для периодически возникающих кампаний по

дискредитации кирпичных фасадов вообще либо каких-то отдельных значимых их компонентов.

Вместе с тем анализ типичных дефектов, разбор проектных и строительных ошибок [2, 3], моделирование работы облицовочной кладки с учетом реальных характеристик материалов, используемых при устройстве облицовочной кладки [4], позволил разработать технические решения, обеспечивающие надежность и долговечность защитных функций кирпичной облицовки [5] и длительную сохранность декоративных свойств облицовочной кладки толщиной в полкирпича.

Поиск правильных решений.

Наиболее подробный анализ причин дефектов каменных облицовок слоистых стен сделан в работе [2] на примере московских строительных объектов. Основными выявленными причинами разрушения лицевого слоя стали: нарушение условий опирания кладки лицевого слоя на элементы несущего каркаса зданий; отсутствие или некачественное исполнение горизонтальных деформационных швов, ведущее к защемлению обли-

очковочной кладки; отсутствие вертикальных деформационных швов, ведущее к чрезмерным напряжениям вследствие температурных деформаций; применение не соответствующих задачам гибких связей между слоями стен. Также одной из причин названа высокая пустотность современных изделий для лицевой кладки со сквозными вертикальными пустотами, обуславливающая статистически пониженный ресурс морозостойкости и меньшую прочность изделий при изгибе и растяжении.

Глубокий анализ, проведенный в работе [2], позволил при актуализации СНиП II-22-81* «Каменные и армокаменные конструкции» [6] изложить требования к армированию каменных облицовок многослойных стен в Приложении Д СП 15.13330.2012 [5], к конструктивным решениям и материалам, в пп. 9.32–9.33, к гибким связям — в п. 9.34, к назначению деформационных швов — в пп. 9.83–9.84 [5]. Таким образом, анализ причин повреждения каменных облицовок был воплощен в нормативных требованиях к проектированию каменного лицевого слоя слоистых стен. При внесении изменений в СП 15.13330 [7] развитие правил проектирования облицовочной кладки было продолжено.

В настоящее время отсутствуют свидетельства того, что каменные облицовочные слои, запроектированные в соответствии с [5] и возведенные в соответствии с указаниями проекта, имеют тенденцию к разрушению.

Обеспечение механической целостности облицовочной кладки.

Причины дефектов облицовочной кладки, не связанные с морозным или химическим разрушением составляющих ее материалов, можно разделить на две группы. Первая — это ошибочное сопряжение кладки с элементами несущего каркаса, вторая — недостаточный учет температурных деформаций.

Опирающие облицовочной кладки непосредственно на элементы несущего каркаса — перекрытия — должно обеспечивать выполнение двух условий: исключение передачи вертикальных нагрузок от расположенного выше перекрытия на кладку путем устройства горизонтальных деформационных швов под перекрытием (толщиной не менее 30 мм по п.9.34 [7]) и ограничением прогибов опорной зоны перекрытия, а также минимизацией растягивающих усилий в нижней зоне поэтажно опертой кладки путем ограничения прогиба опорной зоны перекрытия и устройства слоев скольжения между перекрытием и опирающейся на него кладкой. Устройство слоев скольжения не включено в число конструктивных нормативных требований, однако позволяет перекрытию и кладке деформироваться независимо. Необходимым условием обеспечения целостности облицовочной кладки, опирающейся на перекрытие, является ее армирование, более частое именно в нижней трети поэтажно опертых фрагментов облицовки.

Учет температурных воздействий в требованиях [5] детализирован. Поскольку тонкие слои облицовочной кладки испытывают более значительные температурные деформации, чем массивная кладка, армирование облицовок должно назначаться равномерно распределенным по площади кладки и учитывать расположение областей концентрации напряжений — в нижней зоне кладки, в углах проемов, по краям перемычек, в углах кладки. Помимо армирования, целостность облицовки требует частого устройства вертикальных деформационных швов, членящих облицовку на фрагменты длиной до 6–7 м. В местах излома плоскости фасада облицовочная кладка расчленяется деформационными швами на Г- и Z-образные фрагменты еще меньшей длины. Дополнительное уменьшение напряжений в облицо-

вочной кладке позволяет обеспечить слои скольжения, обеспечивающие независимость деформаций массивного диска перекрытия, обладающего значительной тепловой инерцией, и легкой облицовочной кладки, динамичность температурного режима которой является весьма высокой.

Для обеспечения целостности при температурных деформациях существенным является правильный подбор гибких связей. Поскольку наружный облицовочный слой подвергается температурным деформациям большей амплитуды, чем внутренний слой стены, как правило, отделенный от облицовки слоем теплоизоляционного материала, гибкие связи должны обладать подвижностью как в вертикальной плоскости — разница в деформациях, которая может достигать значений 0,6 мм/м, в верхней зоне фрагмента высотой 5–6 м составит до 4 мм, — так и в горизонтальной: если в зоне опирания на перекрытие при стесненности деформаций адгезией опорного раствора относительное смещение слоев будет малым, то к верхней части фрагмента облицовки разница в горизонтальной деформации на краях фрагментов длиной 6–7 м может составить те же 3–4 мм. Постановка этой проблемы описана в [8]. Поэтому для устройства гибких связей мало пригодны элементы из полосовой стали или проволочные, замкнутые в устойчивые треугольники. Следовательно, облицовочный и основной слои стены не следует связывать сетками с треугольной ячейкой и пластинами всех видов, включая получившие значительное распространение перфорированные полосы.

Развитием идеи устройства деформационных швов и обеспечения независимости температурных деформаций несущего каркаса здания, внутренних слоев стены и облицовочной кладки стали навесные фасадные системы с воздушным зазором и облицовочным каменным слоем.

Такие системы закрепляются к торцам межэтажных перекрытий и относятся от них на кронштейнах. Фасадные системы с облицовочной кладкой позволяют существенно повысить декоративность кирпичной облицовки за счет визуального закрытия торцов перекрытий, уменьшения ширины деформационного шва с минимальных 30 до 10–15 мм, а также за счет того, что при использовании таких систем, как правило, применяют системные хомуты и плоские арматурные каркасы для устройства рядовых армированных перемычек с подвешиванием надпроемного ряда за утопленные в слое нанесенного на тычок раствора элементы.

Системы навесных кирпичных фасадов можно разделить на два основных типа:

- с опорными профилями и вертикальными направляющими, служащими для обеспечения устойчивости кладки обливки;
- с опорными профилями и закреплением кладки к основному слою стены гибкими связями.

Первый из двух типов НФС позволяет использовать в облицовке многоэтажных зданий все виды лицевого кирпича, включая кирпич форматов 0,7НФ (85 мм), 0,5НФ (60 мм) и даже практически не производящийся пока в России из-за неразвитости спроса кирпич формата 0,33НФ (40 мм). Возможность использовать лицевой кирпич малой толщины возникает благодаря тому, что механическая сопротивляемость облицовочной кладки действию горизонтальных нагрузок обеспечивается жесткостью вертикальных направляющих профилей подсистемы. Однако уменьшение толщины облицовочной кладки увеличивает интенсивность и амплитуду температурных деформаций, поскольку тепловая инерция однослойной кладки линейно зависит от ее поверхностной плотности (здесь — толщины). Этот факт требует более частого армирования тонких облицовочных кладок и более частого расположения вертикальных деформационных швов.

Обеспечение благоприятного влажностного состояния лицевого слоя.

Существуют два основных пути проникновения влаги в толщу облицовочной кладки:

– снаружи – при пропадании влаги, приносимой осадками;

– изнутри – при конденсации паров, мигрирующих из помещения или при выходе начальной (строительной, технологической) влаги из конструкций в первые годы после ввода в эксплуатацию.

Проникновение влаги извне ограничено физическими характеристиками материалов кладки (капиллярное всасывание и динамическая влажпроводность кирпича и кладочного раствора), обустройством мест примыкания к обрамляющим и примыкающим конструкциям (козырьки над верхним обрезом фрагментов кладки, устройство растворных или оцинкованных отливов по верху кладки и в подоконной зоне проемов, уплотнение вертикальных зазоров между заполнением проемов и сформированной лицевой кладкой декоративной четвертью. Необходимым условием предотвращения затекания воды в пустоты пустотного кирпича или во внутренние трещины полнотелого является правильная расшивка кладочных швов. Расшивка не должна формировать внешний валик (который будет задерживать стекающую по фасаду воду или идущий снег) и не должна обнажать верхнюю плоскость кирпича (т. е. не должны применяться кладка с западающей подрезкой швов, с косой с отрицательным углом наклона подрезкой или «впустошовку»). Расшивку следует осуществлять подрезкой заподлицо с плоскостью кладки либо с вогнутым валиком диаметром больше 1,5 толщин кладочного шва. Так называемая «кладка под пруток», при которой толщина шва задается не переставной рамкой, а укладываемыми по краям очередного ряда кирпича стержнями квадратного сечения размером 10×10 или 12×12 мм, не может быть рекомендована для облицовочной кирпичной кладки.

Второй механизм увлажнения облицовочной кладки – выход влаги из толщи и через толщу внутренних слоев стены. Основная ошибка, ведущая к замачиванию облицовочной кладки влагой, поступающей изнутри, – отсутствие воздушного зазора между облицовкой и расположенным перед ней теплоизоляционным или конструктивно-теплоизоляционным материалом. В такой конструкции, даже если она удовлетворяет требованиям СП 50.13330 [9] к защите конструкции от переувлажнения, в слое теплоизоляции в подавляющем большинстве случаев вблизи границы теплоизоляционного и облицовочного слоев выпадает конденсат. Даже если расчет показывает отсутствие недопустимого приращения влаги в среднем по толщине слоя материала, примыкающего к лицевой кладке, увлажнение материала на границе слоев будет значительным. Если воздушного зазора нет, эта влага посредством влажпроводности проникает в толщу лицевого кирпича, установленного вплотную.

Наличие воздушного зазора тоже не гарантирует сухости облицовочной кладки. Если зазор не вентилируется наружным воздухом, конденсат выпадает на внутренней поверхности облицовочного слоя. Для большинства конструктивных решений интенсивность этой конденсации по расчету мала, однако есть два исключения, при которых увлажнение может создавать риски нормальной эксплуатации облицовки.

Первое – это ошибочно запроектированное или выполненное с низким качеством заполнение деформационного шва между внутренними слоями стены и расположенным выше перекрытием. При неплотности в этом узле возникает сквозное движение воздуха из по-

мещения наружу. Теплый влажный воздух, проходя деформационный шов напрямую, остывает в зазоре, отдавая всю лишнюю влагу стенкам воздушного зазора, в первую очередь внутренней поверхности облицовочной кладки как имеющей статистически более низкую температуру.

Второе – выход начальной влаги из материалов кладки. Интенсивная сушка характерна для силикатного кирпича, бетонных, в том числе керамзитобетонных блоков, кладки из кирпича малых форматов с большим количеством раствора, но особенно характерна интенсивная сушка в начальный период для ячеистого бетона, широкого используемого для внутреннего слоя двуслойных стен.

Поэтому при проектировании и устройстве облицовочной кладки следует учитывать как возможность неплотного заполнения деформационного шва, так и начальную влажность строительных конструкций. Для учета этого механизма увлажнения существует апробированное конструктивное решение – обеспечить вентилирование воздушной прослойки между внутренними слоями стены и облицовочной кладкой. Достигается это устройством вентиляционных продухов в верхней и нижней зонах фрагментов кладки, ограниченных горизонтальными деформационными швами, в нижней зоне – совмещением функции вентиляционных продухов и дренажных отверстий в одних и тех же конструктивных элементах. Как правило, продухами и дренажными отверстиями выступают не заполненные раствором вертикальные швы в нижних рядах облицовочной кладки. В навесных системах с лицевым кирпичным слоем вентилирование воздушного зазора обеспечивается конструктивно во всех случаях.

Материалы для облицовочной кладки.

Правильный подбор материалов является дополнительной возможностью снизить риск замачивания толщи облицовочной кладки осадками или поступающей изнутри влагой.

В первую очередь внимание следует уделять назначению кладочного раствора. Кладочный раствор для облицовочной кладки должен обладать низкой прочностью (в пределах М50–М75). Невысокая прочность ограничит напряжения на границе раствор-кирпич, возникающие при влажностной деформации твердеющего, а затем увлажняемого и высушиваемого раствора, ограничит передачу от раствора на кладку деформаций сдвига, возникающих вблизи зоны опирания на стесняющее температурно-влажностные деформации перекрытие. Благодаря невысокому модулю упругости низкомарочный раствор будет вызывать ограниченные растягивающие напряжения в камнях, принимая значительную часть деформаций на себя.

Дополнительным плюсом является объемная гидрофобизация раствора. Гидрофобность препятствует движению атмосферной влаги по капиллярам и микротрещинам в толщу наружного слоя стены.

Для облицовочной кладки следует использовать кирпич с ограниченной пустотностью: утолщенная внешняя стенка снижает риск прямого попадания воды в пустоты, сетка мелких пустот предпочтительнее нескольких крупных, так как ограничивает продавливание раствора в пустоты. Некоторые характеристики, влияющие на долговечность и декоративные свойства облицовочной кладки на фасадах зданий, остаются за пределами нормирования. Например, модуль упругости, стойкость к ударным воздействиям, стойкость к действию солей и кислот, верхняя граница водопоглощения.

Важной характеристикой кирпича, используемого для устройства облицовочных слоев, является его морозостойкость, определяемая по сохранности внешнего вида. Наибольшую стойкость к атмосферным воздействиям показывает клинкерный кирпич – материал с низким водопоглощением, высокой кислото-, соле-, морозостойкостью и прочностью при сжатии и изгибе. Клинкерный кирпич – вид кирпича, наименее требовательный к характеристикам раствора. Единственная важная для кладки клинкерного кирпича характеристика кладочного раствора – адгезия к клинкерному кирпичу.

В лаборатории кирпичного холдинга, входящего в Группу ЛСР, кирпич проходит проверку не только в части требуемых для вывода на рынок характеристик, но и дополнительные испытания [11]. Комплекс испытаний включает проверку на соответствие требованиям ГОСТа, дополнительно – на соответствие некоторым параметрам, нормируемым в Евросоюзе (стойкость к действию солей и кислот). В лаборатории ведутся исследовательские работы, направленные на выявление новых факторов, влияющих на стойкость кирпичных фасадов к эксплуатационным воздействиям.

Примеры успешной реализации кирпичных фасадов.

За пять лет, прошедших с введения в действие СП 15.13330.2012, в разных городах было запроектиро-

вано, начато строительство и введено в эксплуатацию значительное число многоэтажных жилых комплексов и общественных зданий.

В числе наиболее ярких можно назвать: жилой комплекс «ЗИЛАРТ», Визовый центр у Курского вокзала (Москва), «Дом на излучине Невы» (Санкт-Петербург).

Заключение

Выполнение требований СП 15.13330 к проектированию облицовочной кладки и последующая точная реализация указаний проекта на строительном объекте позволяют возводить здания с надежными и долговечными кирпичными фасадами.

Устройство дополнительных мероприятий сверх необходимого минимума: устройство слоев скольжения между опорной поверхностью железобетонных несущих конструкций и облицовочной кладкой, устройство вентиляционных и дренажных отверстий, обеспечивающих осушение воздушного зазора между облицовочной кладкой и внутренними слоями стены, позволяют создавать кирпичные фасады, внешним видом и долговечностью не уступающие таковым у массивных кирпичных стен, послуживших визуальным прототипом современной облицовочной кладки, выполняемой одним ложковым рядом все более узкого кирпича.

Список литературы

1. Гринфельд Г.И. Диалектика нормативных требований к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций // *Жилищное строительство*. 2012. № 1. С. 22–24.
2. Ищук М.К. Требования к многослойным стенам с гибкими связями // *Жилищное строительство*. 2008. №3. С. 28–31.
3. Ищук М.К. Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки. М.: РИФ «Стройматериалы», 2009. 360 с.
4. Орлович Р.Б., Найчук А.Я., Деркач В.Н. Анизотропия прочности каменной кладки из кладочных элементов с шелевыми вертикальными пустотами // *Строительная механика и расчет сооружений*. 2010. № 3. С. 35–38.
5. СП 15.13330.2012 «Актуализированная редакция СНиП II-22–81* Каменные и армокаменные конструкции».
6. СНиП II-22–81* «Каменные и армокаменные конструкции».
7. Приказ Минстроя РФ № 821/пр от 18.11.2016 г. Об утверждении Изменения №1 к СП 15.13330.2016 «СНиП II-22–81* Каменные и армокаменные конструкции»
8. Орлович Р.Б., Рубцов Н.М., Зимин С.С. О работе анкеров в многослойных ограждающих конструкциях с наружным кирпичным слоем // *Инженерно-строительный журнал*. 2013. № 1. С. 3–11.
9. СП 50.13330.2012 «Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»
10. Гринфельд Г.И., Вишневецкий А.А., Кирпич и камни с высокой пустотностью в облицовочной кладке наружных стен // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2016. № 11. С.22–36.
11. Саенко Э.Г., Корепанова В.Ф., Гринфельд Г.И. Возможность фасадного клинкерного кирпича марки «ЛСР» в замещении импорта // *Строительные материалы*. 2016. № 4. С. 60–63.

References

1. Grinfeld G.I. Dialectics of specified requirements for resistance of enclosing structures to heat transfer. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2012. No. 1, pp. 22–24. (In Russian).
2. Ishchuk M.K. Requirements for multi-layer walls with flexible connections. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2008. No. 3, pp. 28–31. (In Russian).
3. Ishchuk M.K. Otechestvennyi opyt vozvedeniya zdaniy s naruzhnyimi stenami iz oblegchennoi kladki [Domestic experience in the erection of buildings with external walls of lightweight masonry]. Moscow: RIF «Stroimaterialy». 2009. 360 p.
4. Orlovich R.B., Naichuk A.Ya., Derkach V.N. Anisotropy of the strength of masonry from masonry elements with slotted vertical voids. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy*. 2010. No. 3, pp. 35–38. (In Russian).
5. Code of Regulations 15.13330.2012 “Updated version of SNiP II-22–81* Stone and reinforced-stone constructions”. (In Russian).
6. SNiP II-22–81* “Stone and reinforced-stone constructions”. (In Russian).
7. Order of the Ministry of Construction of the Russian Federation No. 821/pr dated November 18, 2016. On approval of Amendment No. 1 to JV 15.13330.2016 “SNiP II-22–81* Stone and reinforced-stone constructions”. (In Russian).
8. Orlovich R.B., Rubtsov N.M., Zimin S.S. On the work of anchors in multi-layered enclosing structures with an outer brick layer. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal*. 2013. No. 1, pp. 3–11. (In Russian).
9. Code of Regulations 50.13330.2012 “Updated version of SNiP 23-02–2003” Thermal protection of buildings”. (In Russian).
10. Grinfeld G.I., Vishnevskiy A.A. Brick and stones with high emptiness in the cladding of external walls. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy*. 2016. No. 11, pp. 22–36. (In Russian).
11. Saenko E.G., Korepanova V.F., Grinfeld G.I. Capabilities of facade clinker brick of «LSR» brand to substitute import. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2016. No. 4, pp. 60–63. (In Russian).

УДК 69.378

В.Г. ХОЗИН, д-р техн. наук (Khozin@kgasu.ru)

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

Стратегия развития отрасли до 2030 г. утверждена. Как обеспечить ее реализацию высококвалифицированными инженерами, если их выпуск в России прекращен?

Для кадрового обеспечения реализации «Стратегии инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации до 2030 г.» и «Стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 г. и дальнейшую перспективу до 2030 г.» предлагается начать подготовку в региональных строительных университетах высококвалифицированных инженеров по шестилетнему учебному плану с углубленными программами: по естественным наукам (физике, химии, математике), общеинженерным (теоретической механике, сопромату, теплотехнике и др.), по специальным дисциплинам с обязательной научно-исследовательской работой, ежегодной начиная с третьего курса двухмесячной производственной практикой и завершением учебы выпускной научно-исследовательской работой или инновационным проектом на актуальную для стройиндустрии тему. Трудоустройство таких инженеров на передовые предприятия или в проектные организации должно осуществляться на контрактной основе с достойной зарплатой и социальными льготами.

Ключевые слова: Стратегия-2030, строительная промышленность, инновационное развитие, инженерно-строительная элита, строительные вузы, образование.

Для цитирования: Хозин В.Г. Стратегия развития отрасли до 2030 г. утверждена. Как обеспечить ее реализацию высококвалифицированными инженерами, если их выпуск в России прекращен? // *Строительные материалы*. 2017. № 4. С. 51–54.

V.G. KHOZIN, Doctor of Sciences (Engineering) (khozin@kgaza.ru)
Kazan State University of Architecture and Engineering (1, Zelenaya Street, 420043, Kazan, Russian Federation)

Development Strategy of the Industry Till 2030 Has Been Approved How to ensure its implementation with high-qualified engineers, if their graduation in Russia was stopped?

To provide personnel for the Strategy of innovation development of the building industry of the Russian Federation till 2030 and for the Strategy of development of building materials industry for the period till 2020 and for further perspective till 2030, it is proposed to start at the regional civil engineering university the training of high-qualified engineers on the basis of a 6-year education plan with advanced programs in natural sciences (physics, chemistry, mathematics) and in special disciplines with the obligatory research work with a yearly – beginning from the third course – two-month job training. The education is to be completed with a graduating research work or an innovative project on a topic actual to the construction industry. The employment of such engineers at advanced enterprises or design institutions should be realized on a contract basis with decent salaries and social benefits.

Keywords: strategy of 2030, construction industry, innovative development, engineering-construction elite, civil engineering higher educational institutions, education.

For citation: Khozin V.G. Development strategy of the industry till 2030 has been approved. How to ensure its implementation with high-qualified engineers, if their graduation in Russia was stopped? *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 3, pp. 51–54. (In Russian).

Как известно, Постановлением Правительства № 577 от 3 июня 2015 г. Минпромторгу РФ переданы от Минстроя РФ функции по выработке государственной политики и нормативно-правового регулирования в сфере промышленности строительных материалов (изделий) и строительных конструкций. В результате в начале 2016 г. появились два проекта строительных стратегий, подготовленных разными министерствами: Минстроем РФ и Минпромторгом РФ. Первая – «Стратегия инновационного развития строительной отрасли РФ на период до 2030 г.» охватывает весь строительный комплекс, вторая, утвержденная премьер-министром Д.А. Медведевым 10 мая 2016 г. (№ 868-р), называется «Стратегия развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 г.» (далее – Стратегии-2030).

Стратегии-2030 должны стать основополагающими документами для разработки программ перспективного развития строительной отрасли в масштабе всей страны и каждого ее региона и имеют инновационную направленность, означающую широкомасштабное освоение новых научно-технических и организационных разработок, обеспечивающих возрастание экономической эффективности и экологической безущербности строительного комплекса и его предприятий.

В значительной мере соответствуя «Стратегии научно-технологического развития России», утвержденной Указом Президента РФ 1 декабря 2016 г., эти «строительные» Стратегии во главу угла ставят задачу обеспечения их реализации высококвалифицированными инженерными кадрами, имеющими опыт научной работы. Лозунг «Кадры решают все!» тут же с новой силой начал эксплуатироваться интерпретаторами вновь утвержденных Стратегий. Однако для понимания сути данной цитаты, вырванной из контекста, полезно было бы обратиться к источнику, где обосновывается, почему «...старый лозунг – «техника решает все», являющийся отражением уже пройденного периода, когда у нас был голод в области техники, должен теперь быть заменен новым лозунгом, лозунгом о том, что «кадры решают все». Очевидно, что высококвалифицированные кадры не возникают сами по себе, для этого необходима система и время...» [1]. Данное высказывание в полной мере относится к подготовке инженерных кадров. Ведь будущий уровень конкурентоспособности отрасли в значительной степени будет определяться качеством профессиональных кадров всех уровней и, в первую очередь инженерами. Между тем строительная отрасль России, включая стройиндустрию, уже сейчас испытывает кадровые трудности в связи со старением

профессионалов и низкой преемственностью поколений. За последние 10–20 лет обеспеченность строительных организаций РФ специалистами с высшим профессиональным образованием снизилась в 1,5 раза, выросла доля пенсионеров (работающих), а доля активной возрастной категории до 40 лет снизилась; постоянно увеличивается отток высококвалифицированных кадров (в том числе за рубеж). Дефицит молодых инженеров, профильных экономистов с высшим образованием в строительстве составляет порядка 100 тыс. человек. Демографический анализ показывает, что нехватка кадров будет усугубляться в течение ближайших пяти лет [2] и это станет ключевым сдерживающим фактором инновационного развития строительной отрасли. В стране нужно срочно запустить ту самую инновационную экономику, о которой мы все время говорим и которая соответствует вызову XXI в.

В то же время способной молодежи у нас достаточно – этот потенциал России, к счастью, почти неисчерпаем, очень много талантливых ребят с инновационной жилкой, с высокой жизнеспособностью в нынешних сложных условиях страны [3]. Нужно учесть, что сейчас «конкуренция за умы» в мире очень острая и западные фирмы зорко отслеживают способных выпускников российских вузов (сейчас это несложно сделать) и успешно сминают их в свои страны. В Указе Президента РФ [4] отмечается, что Россия выступает «в роли донора человеческого капитала для мировой науки». Мы относимся к этой тенденции беззаботно и даже поощряем выезд наших молодых способных специалистов за рубеж, поддерживая тем самым за свои деньги экономику стран-конкурентов. Весьма точно назвал Россию в этой ситуации утечки интеллектуального капитала «мозгоколонкой Болонской системы» декан Высшей школы (факультета) телевидения МГУ им. М.В. Ломоносова В.Т. Третьяков [4]. Вполне очевидно, что в настоящее время, как и 50 лет назад, в экономическом соперничестве выигрывает та страна, в которой наиболее совершенна система высшего образования. Мировое первенство советской системы образования России потеряла в результате принятия в конце 1990-х гг. Болонской системы высшего образования и ЕГЭ в школах в обмен на кредиты Всемирного банка. Как считает В.Т. Третьяков, «бенефициарами реформ являются ведущие европейские и американские университеты, которые Болонской системой не пользуются, а используют классические национальные системы образования. С помощью же болонской они отбирают для себя со всего мира (в том числе из России) молодые «мозги». Что же произошло и происходит в современном строительном образовании России? Как отмечают в своей аналитической статье академики РААСН В.А. Ильичев и В.И. Колчунов [5], «действующая в высшей школе Болонская система подготовки специалистов не адаптирована к потребителям строительной отрасли. За 20 лет непрерывных реформ в образовании снизилось не только качество подготовки специалистов отрасли, но и исчезла перспектива их трудоустройства, прежде всего в наукоемком секторе».

Дело в том, что выпуском инженеров-строителей строительные вузы уже не занимаются, закрыв в 2015 г. источник пополнения инженеров и архитекторов. Само понятие «профессиональное образование» исчезло по воле Минобрнауки РФ из названия вузов, осталось только «высшее образование»; вместо квалификации «специалист» теперь фигурируют «бакалавры» и «магистры». В самих вузах, научно-исследовательских и проектных организациях, КБ и в целом там, где нужны профессиональные «мозги» и требуются знания, пока еще работают специалисты, подготовленные советской

высшей школой; все четче выявляется разрыв профессиональной подготовки поколений. Авторы [3] отмечают, что в ходе реформ российского образования сознательно фактически демонтируется все полезное, что было создано советской высшей школой, которая была одной из лучших в мире, а по концепции образования – лучшей.

Кадровый голод в строительной отрасли и падающий уровень квалификации специалистов приводят к росту аварий в строительстве, причем четверть их происходит по причине низкого качества строительномонтажных работ и столько же – вследствие неудовлетворительного качества изготовления строительных материалов и конструкций. Ввиду низкой квалификации кадров в строительной отрасли она становится невосприимчивой к инновациям. И это – главный долговременный тормоз развития строительного комплекса России. Что делать?

Авторы Стратегий-2030, по-видимому, не в полной мере знакомые с ситуацией в высшем строительном образовании России, планируют мероприятия по перспективной оценке реальной кадровой потребности отрасли по видам строительной деятельности и по подготовке инженеров-строителей всех специальностей, (не ведая, что почетная профессия инженер канула в Лету.

Следующий губительный фактор – определение перечня вузов и факультетов, на базе которых осуществляется подготовка кадров высшей технической квалификации (инженеров) с целью оказания им фокусной государственной поддержки исходя из необходимости «проявления» таковых в каждом федеральном округе РФ. Реальность такова, что в результате слияния вузов самостоятельных строительных осталось всего восемь. И это при том, что строительство как созидательная деятельность человека осуществляется повсеместно. И инженеры-строители всех специальностей нужны в каждом регионе РФ. Результатом государственной поддержки (какой?) в области кадрового потенциала, по мнению авторов Стратегий-2030, станет: развитие региональной системы подготовки специалистов, основанной на балансе трудовых ресурсов; подготовка, привлечение и удержание в строительной отрасли перспективных высококвалифицированных кадров, имеющих, в том числе, перспективу для научной деятельности.

Хотя строительных вузов осталось мало, все-таки существуют строительные факультеты в политехнических и в других университетах, в которые строительные институты влились в результате объединения. Поэтому обеспечить строительную отрасль всех регионов России высококвалифицированными инженерными и научными кадрами, нацеленными на инновационную деятельность в строительной сфере, эти объединенные вузы потенциально смогут. С чего начать?

Начать следует с кадрового анализа предприятий строительной промышленности, строительномонтажных организаций всех видов, предприятий дорожно-строительного комплекса, а также проектных и исследовательских организаций и лабораторий разного профиля, научно-производственных фирм, занимающихся трансфертом технологий с целью определения ближайшей (5–10 лет) и дальнейшей (20–30 лет) потребности в высококвалифицированных инженерах разных специальностей, а также в инженерах с ученой степенью и опытом внедрения НИР. Эту работу должны сделать министерство строительства и ЖКХ и министерство промышленности и торговли регионов РФ исходя из планов и программ их социально-экономического развития и соответственно регионального строительного комплекса.

Параллельно, следуя предлагаемой в Стратегиях-2030 региональной системе подготовки специалистов, опре-

делить соответствующий вуз и начать целевую подготовку в нем инженеров-строителей и кандидатов наук тех специальностей, которые будут покрывать выявленную перспективную потребность в них.

В качестве примера для реализации программы регионального обеспечения Стратегии-2030 высококвалифицированными кадрами рассмотрим Республику Татарстан, которая является одним из самых экономически развитых регионов России, с мощной нефтехимией, авто-, авиа- и судостроением, пищевой промышленностью, развитым аграрным сектором, мощным строительным и дорожно-строительным комплексами, включающими сотни различных строительного-монтажных фирм, десятки заводов по производству строительных материалов, изделий и конструкций, десятки испытательных и исследовательских лабораторий, множество малых проектных организаций, три крупных общероссийского масштаба проектных института: ГипроНИИАвиапром, Татинвестгражданпроект, Союзхимпроект. Безусловно, строительная отрасль Татарстана, чтобы стать конкурентоспособной, должна развиваться инновационным путем, реализуя обе Стратегии-2030.

Кадры высококвалифицированных архитекторов, инженеров-строителей всех профилей, инженеров-технологов стройиндустрии и дорожников до сих пор готовит Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КГАСУ). В настоящее время его выпускники – бакалавры и магистры, кроме одной специальности «Строительство уникальных зданий и сооружений» (специалист, срок обучения 6 лет). Но первые, по сути, «недоинженеры», которые ввиду недостаточного объема полученных знаний и компетенций не могут быть эффективными участниками инновационных процессов в строительстве. Соответственно строительство их не готово воспринять. Вторые предназначены пополнять ряды преподавателей вуза, поступая в аспирантуру для подготовки кандидатских диссертаций. Но бюджетная аспирантура в КГАСУ ликвидирована, а платная не многим по карману, в том числе одаренным и трудолюбивым. Поэтому говорить о стабильном воспроизводстве научно-педагогических кадров для самого вуза уже затруднительно, как и о ответственности научных школ КГАСУ. Столь же проблематичным становится вопрос подготовки специалистов с навыками научных исследований, которые необходимы для инновационного развития строительной отрасли республики.

Следует подчеркнуть, что в нынешней России вузы как место деятельности для талантливой и конкурентоспособной молодежи перестали быть привлекательными учреждениями ввиду крайне низкой оплаты труда преподавателей, не соответствующей их статусу [6]. Это ведет к повышению среднего возраста преподавателей, снижению их профессионального уровня и уровня вузовской науки (если судить по качеству диссертаций и публикаций). К этому следует добавить слабый уровень знаний и общего образования абитуриентов—выпускников школ, нацеленных на ЕГЭ.

Как готовить в КГАСУ в рамках существующей двухуровневой (не считая аспирантуры) Болонской системы образования инженерно-строительную элиту, которая будет реализовывать инновационное развитие стройиндустрии, жилищного, промышленного и дорожного строительства в Татарстане и соседних регионах?

Подготовку высококвалифицированных инженеров, нацеленных на инновационную деятельность, следует осуществлять по расширенному учебным планам, рассчитанным на шесть лет обучения, включающим усовершенствованные программы по общенаучным

фундаментальным дисциплинам (физике, химии, математике, теоретической механике, философии и др.), общеинженерным (строительным материалам, строительной механике, сопромату, теории машин и механизмов, деталям машин, гидравлике и теплотехнике, электротехнике, автоматике и др.) и расширенным программам по специальностям (аналогичным программам советского периода, но адаптированным к современным требованиям и техническим достижениям отрасли с обязательными полноценными, а не виртуальными лабораторными и практическими занятиями, курсовыми проектами).

Особое внимание – информационным технологиям и современным системам расчета и проектирования конструкций, зданий и сооружений. Для технологов – обязательное изучение химических наук (общей, физической, органической, коллоидной химии и физикохимии силикатов и полимеров), ведь в большинстве школ химия остается второстепенной дисциплиной, тогда как вся технология строительных материалов – это химическая технология. Необходимо также обеспечить углубленное обучение деловому иностранному языку (английскому, немецкому, китайскому), а также экономике и предпринимательству.

Производственная практика на 3, 4, 5-м курсах и преддипломная на 6-м должны проходить на передовых стройках и крупных предприятиях с новейшими технологиями производства, в НИИ и проектных институтах на должностях от рабочего и лаборанта до мастера, прораба, технолога цеха, инженера-конструктора и т. д. с продолжительностью каждой практики не менее двух месяцев (преддипломной – не менее трех).

Обязательной дисциплиной начиная со 2-го курса должна быть научно-исследовательская работа, завершающаяся дипломной НИР или инновационным дипломным проектом на актуальную для строительной отрасли Татарстана тему. Кстати, такой опыт уже есть на кафедре ТСМИК (технологии строительных материалов, изделий и конструкций) КГАСУ.

После 4-го года обучения студент получает возможность выбора темы будущей дипломной работы (проекта) и предприятия, для которого эта тема актуальна и на котором ее автор предполагает работать после завершения учебы по контракту (выбрать предприятие для будущей работы студент может после производственной практики 5-го курса).

Учебные планы и программы по специальностям для подготовки высококвалифицированных инженеров должны быть разработаны при участии ведущих специалистов профильных предприятий строительной отрасли и (или) профессиональных объединений (СРО, ассоциаций и др.) и утверждены Министерством архитектуры, строительства и ЖКХ Республики Татарстан. Для преподавания специальных дисциплин и руководства дипломными инновационными проектами следует приглашать опытных специалистов-производственников, в том числе с учеными степенями. Для подготовки ими кандидатских и докторских диссертаций по строительной тематике КГАСУ должен оказывать максимальную помощь в проведении экспериментальных исследований, в научном руководстве и консультировании.

Количество студентов, обучающихся по расширенному учебному плану подготовки высококвалифицированных инженеров, должно соответствовать перспективной потребности в них строительной отрасли РТ, но не менее одной группы по каждой специальности. Конкурсный прием в эти группы должен включать кроме высокого балла ЕГЭ устные экзамены по физике, математике для инженерно-строительных специальностей и физике и химии для технологов промышленно-

сти строительных материалов (строиндустрии). Их подготовка будет осуществляться параллельно с обучением других студентов по учебным планам нынешней двух-уровневой системы бакалавр – магистр. Но... где взять деньги?

Финансировать подготовку этой инженерно-строительной элиты предлагается за счет целевых отчислений, составляющих 0,5% от сметной стоимости объектов капитального строительства и объектов капитального ремонта РТ. Для управления и целевого расходования этих средств должен быть создан Фонд инженерно-строительного образования РТ. Из средств этого фонда может финансироваться также аспирантура КГАСУ, тематика диссертационных работ которой должна быть связана с направлениями инновационного развития строительной отрасли в регионе. Выпускники элитных курсов обучения подлежат трудоустройству по заказам предприятий и организаций строительного комплекса Татарстана, с которыми заключается контракт на три года, гарантирующий выпускнику работу по специальности с достойной зарплатой и социальными гарантиями.

В связи с ликвидацией в России многих отраслевых НИИ общесоюзного уровня прикладные научные исследования сосредоточены в основном в вузах, поэтому целесообразно создавать региональные НИИ или НИЦ при строительных университетах для научно-технологического обеспечения инновационного развития строительной отрасли в целом и стройиндустрии в частности. Например, в Татарстане не было и нет какого-либо НИИ строительного профиля, не считая давно угасших филиалов НИИЖБа и ВНИИСТРОМа.

Без научно-технологической базы, без инженерных и научных кадров развивать строительный комплекс республики инновационным путем, т. е. внедрением научно-технических разработок, невозможно. Придется, как и ныне, садиться «на иглу» западных и китайских новых технологий и оборудования, опосредованно финансируя их науку, разработку их технологий и их машиностроение.

Поэтому для определения направлений инновационного развития строительного комплекса РТ и научно-технического сопровождения их реализации на предприятиях отрасли, а также для участия в подготовке инженерно-строительной элиты с опытом научной работы и внедрения ее результатов в реальное произ-

водство при КГАСУ должен быть создан «Инновационный центр строительных технологий, материалов и конструкций» с введением в его структуру уже созданных в вузе Инжинирингового центра «Стройхимкомпозит», НИЦ «Прочность» и Испытательного центра «Татстройтест». Главная практическая цель ИЦ – внедрение в строительную отрасль Татарстана и соседних регионов научно-технических разработок КГАСУ и других организаций прикладной науки (российских и зарубежных), способствующих ее инновационному развитию, росту экономической эффективности ее предприятий, конкурентоспособности строительной продукции на рынке России. Инновационный центр должен стать экспериментальной базой для выполнения кандидатских и докторских диссертаций, актуальных для строительной отрасли и стройиндустрии.

Планирование текущей, среднесрочной и долгосрочной тематики инновационного центра должно базироваться на потребностях развития строительной отрасли РТ, включая промышленность строительных материалов, изделий и конструкций, и она должна быть согласована с Министерством архитектуры, строительства и ЖКХ и Министерством промышленности и торговли РТ. Стартовое финансирование для создания ИЦ предлагается из федерального или республиканского бюджета, текущая деятельность – на основе хозрасчета – выполнения договорных НИР и испытаний по заказам предприятий. В дальнейшем при успешном функционировании инновационного центра на его базе может быть создан региональный НИИ строительства.

Реализация предлагаемых мероприятий позволит:

1. Поднять уровень и престиж высшего строительного образования и стать примером сохранения (точнее восстановления) образовательного суверенитета России.
2. Повысить востребованность строительной отрасли страны его выпускников – высококвалифицированных инженеров инновационного типа.
3. Сократить отток талантливой молодежи за рубеж;
4. Главное – вырастить кадры, способные выполнить Стратегию инновационного развития как всей строительной отрасли, так и стройиндустрии России не на словах, а на деле.

Список литературы

1. Неvezhin В.А. Застольные речи Сталина: Документы и материалы. М.: АИРО-XX; СПб.: Дмитрий Буланин, 2003. С. 89.
2. Шестопалова О.Н., Окунева Т.В. Роль университета в образовательных и профессиональных траекториях современной молодежи // *Вестник Уральского государственного университета путей сообщения*. 2016. № 2 (30). С. 100–107. DOI:10.20291/2079–0392–2016–2–100–107.
3. Марголин А. Как удерживать цены // *Аргументы и факты*. 2017. № 6. С. 5.
4. Чуйков А. Мозгоколонка Болонской системы // *Аргументы недели*. 2016. № 34 (525). С. 3.
5. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Бакаева Н.В. Современное архитектурно-строительное образование в свете решения задач безопасности среды жизнедеятельности // *Жилищное строительство*. 2016. № 3. С. 3–9.
6. Королев Е.В. Экономика образовательного процесса: основные параметры и результаты моделирования // *Интеграция образования*. 2015. Т. 19. № 3. С. 59–69. DOI: 10.15507/Inted.080.019.201503.059.

References

1. Nevezhin V.A. Zastol'nye rechi Stalina: Dokumenty i materialy [Stalin's drinking speeches: Documents and materials]. Moscow: AIRO-XX; Saint-Petersburg: Dmitrii Bulanin. 2003, pp. 89.
2. Shestopalova O.N., Okuneva T.V. The role of the university in the educational and professional trajectories of modern youth. *Vestnik of the Ural State University of Railway Engineering*. 2016. No. 2 (30), pp. 100–107. DOI: 10.20291 / 2079-0392-2016-2-100-107. (In Russian).
3. Margolin A. How to keep prices. *Argumenty i fakty*. 2017. No. 6, p. 5. (In Russian).
4. Chuikov A. Brain column of the Bologna system. *Argumenty nedeli*. 2016. No. 34 (525), p. 3. (In Russian).
5. Il'ichev V.A., Kolchunov V.I., Bakaeva N.V. Contemporary architectural-construction education in light of solving problems of safety of life activity environment. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2016. No. 3, pp. 3–9. (In Russian).
6. Korolev E.V. Economics of the educational process: the main parameters and results of modeling. *Integratsiya obrazovaniya*. 2015. Vol. 19. No. 3, pp. 59–69. DOI: 10.15507/Inted.080.019.201503.059. (In Russian).

П.Г. ЕРЕМЕЕВ, д-р техн. наук (eremeevpg@rambler.ru), И.И. ВЕДЯКОВ д-р техн. наук (vedyakov@gmail.com)
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство» (109428, г. Москва, 2-я Институтская ул., 6, корп. 5)

Проектирование и возведение металлических конструкций большепролетных уникальных зданий и сооружений

При проектировании уникальных сооружений возникают проблемы, выходящие за рамки действующих нормативных документов. Развитие в последние десятилетия современных технологий, определившее появление новых форм, материалов, методов проектирования и строительства, вызывает новые и сложные проблемы. Последствием новизны и инноваций, когда меняются даже основные принципы традиционного строительного проектирования и практики строительства являются отказы, которые вызываются отдельными или комбинированными причинами, нередко не имеющими прецедентов. Новизна технических решений требует от инженера-конструктора глубоких специальных знаний, опыта проектирования сооружений подобного рода. В целях обеспечения качества и высокой надежности (безопасности, функциональной пригодности и долговечности) большепролетных уникальных сооружений необходимо обязательное научно-техническое сопровождение (НТС) их проектирования и возведения – комплекс работ научно-методического, экспертно-контрольного, информационно-аналитического и организационного характера с учетом применения нестандартных проектных решений, материалов и конструкций. Дан ряд рекомендаций по проектированию и возведению металлических конструкций большепролетных уникальных зданий и сооружений. Освещены вопросы обеспечения их безопасности от лавинообразного (прогрессирующего) обрушения при аварийных воздействиях, а также технического мониторинга при их возведении и эксплуатации.

Ключевые слова: металлические конструкции, уникальные большепролетные здания и сооружения, научное сопровождение проектирования и возведения, мониторинг.

Для цитирования: Еремеев П.Г., Ведяков И.И. Проектирование и возведение металлических конструкций большепролетных уникальных зданий и сооружений // *Строительные материалы*. 2017. № 4. С. 55–58.

P.G. EREMEEV, Doctor of Sciences (Engineering) (eremeevpg@rambler.ru), I.I. VEDYAKOV, Doctor of Sciences (Engineering) (vedyakov@gmail.com)
TSNIISK named after A.V. Kucherenko, JSC Research Center of Construction (6, bldg. 5, Institutskaya Street, 109428, Moscow, Russian Federation)

Design and Erection of Metal Structures of Large-Span Unique Buildings and Facilities

When designing unique facilities, the problems, going beyond current regulations, arise. The development of modern technologies during the last decades, which determined the appearance of new forms, materials, methods of designing and construction, causes new and complex problems. The consequence of novelty and innovations, when changing even main principles of the traditional design and construction, is failures that are caused by single and combined reasons often without precedents. The novelty of technical solutions requires the deep special knowledge, experience in designing of such facilities from an engineer-designer. To provide the quality and high reliability (safety, functionality, and durability) of large-span unique structures, it is necessary to ensure the scientific-technical support of their design and construction, the complex of works of scientific-methodic, expert-control, information-analytical, and organization character with due regard for the use of non-standard design solutions, materials and structures. Examples of the use of modern spatial systems in the construction practice with some recommendations on their design are presented. Issues of ensuring the safety of large-span structures from an avalanche-like (progressive) collapse in case of emergency impacts as well issues of the technical monitoring during their erection and operation are outlined.

Keywords: metal structures, unique large-span structures, scientific support of design, progressive collapse, monitoring, unique large-span buildings.

For citation: Eremeev P.G., Vedyakov I.I. Design and erection of metal structures of large-span unique buildings and facilities. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 4, pp. 55–58. (In Russian).

К уникальным большепролетным сооружениям относятся объекты, характеризующиеся по критерию технической сложности следующими параметрами [1, 2]:

– пролеты свыше 100 м при конструктивных решениях, прошедших успешную апробацию в практике проектирования, строительства и эксплуатации;

– пролеты свыше 60 м при принципиально новых конструктивных решениях, не прошедших проверку в практике строительства и эксплуатации, требующих разработки специальных методов расчета, экспериментального исследования на физических моделях и т. п.

Уникальность сооружения определяется также значимостью объекта: количеством людей, постоянно или временно находящихся в пределах территории, размером материальной и моральной стоимости восстановления сооружения в случае аварии. Ряд источников относит к уникальным объектам с количеством людей, находящихся в нем постоянно, свыше 500 человек, либо находящихся там периодически, свыше 1000 человек, либо находящихся около сооружения, свыше 10 000 человек.

Задачи НТС: участие в разработке «Технического задания» и «Специальных технических условий» на проектирование; научно-техническое сопровождение на всех этапах проектирования; изготовление и исследование физической модели сооружения, испытания сложных натуральных

узлов; разработка рекомендаций по обеспечению жизнеспособности сооружения при экстремальных ситуациях, в том числе рекомендаций по обеспечению безопасности от прогрессирующего обрушения при аварийных воздействиях; научное сопровождение изготовления и монтажа конструкций; обеспечение надежности и безопасности конструкций путем проведения мониторинга на стадии возведения и эксплуатации сооружения.

«Техническое задание на проектирование» включает цели и задачи проекта, функциональное назначение, архитектурно-планировочные решения, особые условия строительства, исходные данные проектирования, требования по вариантной разработке и т. п. Техническое задание должно содержать информацию, требуемую для проверки расчета строительных конструкций и чертежей.

«Специальные технические условия (СТУ)» являются техническими нормами, которые содержат отсутствующие или дополнительные, более повышенные требования по надежности и безопасности зданий/сооружений, отражающие особенности проектирования, строительства и эксплуатации применительно к конкретному уникальному объекту. СТУ являются неотъемлемой частью проектной документации на объект. СТУ должны содержать перечень вынужденных отступлений от действующих нормативных документов, детальное обоснование их необходимости и

мероприятия, компенсирующие эти отступления для конкретного объекта. В СТУ должны быть приведены: данные об уровне ответственности, уникальности (социальной значимости) сооружения, расчетном сроке его эксплуатации, нагрузках и воздействиях, требования к расчетам и проектированию основных конструкций, по применению и объемам опытно-конструкторских и исследовательских работ, перечень основных нормативных документов, необходимых для проектирования. В состав СТУ могут быть включены отдельные положения, содержащиеся в нормативных документах зарубежных стран.

Научно-техническое сопровождение (НТС) при проектировании. Этап эскизного проектирования НТС включает исследование и анализ существующего мирового опыта возведения аналогичных объектов, разработку и научное обоснование новых рациональных вариантов конструктивных предложений, максимально используя современные достижения в области конструкций, материалов.

На стадии «Проект» для принятых технических решений исследуются схемы с различной компоновкой и расположением несущих конструкций, выполняется анализ их работы в составе системы при варьировании геометрических и жесткостных параметров, прорабатываются отдельные узлы и детали, учитывая различные факторы (архитектурные, конструктивные, технологические, экономические и т. п.).

На этом этапе разрабатываются рекомендации по назначению, отсутствующих в нормах, нагрузок. Для пространственных большепролетных покрытий обязательна разработка рекомендаций по определению снеговых и ветровых нагрузок на основании продувок модели сооружения в специализированной аэродинамической трубе, позволяющей моделировать действительные ветровые воздействия. Моделирование переноса снега в аэродинамической трубе дает возможность получить качественную характеристику возможных отложений снега на покрытиях сложной формы. Расчетные значения веса снегового покрова, превышаемые один раз в 25 лет, принимаются по СП 20.13330.2010. Для обеспечения повышенной надежности конструкций большепролетных покрытий в расчетах рекомендуется учитывать коэффициент надежности по ответственности. При $\gamma_n = 1,2$ такая нагрузка соответствует количеству снега, выпадающего один раз в 100 лет с учетом 15% сноса с покрытий малых уклонов [3]. В численных исследованиях учитывается динамическая составляющая ветровой нагрузки, различные формы резонансных воздействий. Эти явления весьма сложны и мало изучены, требуют дальнейшей разработки, особенно в части экспериментальных исследований [4]. На стадии рабочего проектирования, кроме того, следует учитывать температурные воздействия, гололедные нагрузки, воздействия, обусловленные деформациями основания, сейсмическую нагрузку для сейсмоопасных районов.

На стадии «РД» выполняется исследование новых (нестандартных) конструктивных решений, подготавливаются рекомендации на их проектирование и оптимальные параметры основных элементов. Разрабатывается методика расчета, не входящая в действующие нормативно-технические документы, моделирующая действительные условия работы конструкции, поэтапную последовательность монтажа с учетом фактических нагрузок и физико-механических свойств примененных материалов. Расчетная схема большепролетного сооружения принимается в виде конечно-элементной модели (3-х мерные стержневые, оболочечные и объемные элементы) как единая пространственная система. Расчетная схема должна включать основание, фундаменты, каркас сооружения и трибун (при их наличии), пространственное покрытие.

Выполняются поверочные статические и динамические расчеты конструкции в геометрически нелинейной постановке с применением современных вычислительных комплек-

сов, численное моделирование работы отдельных узлов и деталей. В ряде случаев учитывается физическая и конструктивная нелинейность. Для конструкций, непосредственно воспринимающих многократно повторяющиеся вибрационные или другого вида нагрузки, проводятся исследования на выносливость. Узлы, в которых возникают пластические деформации противоположных знаков (при двух возможных сочетаниях расчетных нагрузок и воздействий), подлежат дополнительной проверке на малоцикловую усталость.

Надежность конструктивных решений подтверждается анализом расчетных схем с оценкой принятых методов и средств выполнения расчетов; исследованием результатов расчетов (в том числе проверочных) на прочность и устойчивость пространственной системы сооружения; сопоставлением теоретических данных с экспериментальными. Проводится многофакторный анализ конструктивно-технологических показателей качества и согласование проектной документации. Принимается консультативное участие при рабочем проектировании.

Изготовление и исследование физической модели сооружения, проведение испытаний сложных натуральных узлов. Возможные цели исследований уникальных конструкций на моделях: оценка несущей способности и надежности конструкций на основе экспериментального определения напряженно-деформированного состояния; проверка расчетной модели и методики расчета, обоснованности принятых исходных предпосылок; экспериментальное исследование особенностей работы конструкций, которые трудно поддаются решению математическими методами и необходим синтез теории и эксперимента. Например, выявление механизма взаимодействия сложно сопряженных элементов.

Задачи экспериментальных исследований: определение и анализ усилий, деформаций и перемещений в элементах модели покрытия, экспериментальный расчет конструкции; исследование влияния на работу покрытия особенностей системы (различные граничные условия, варьирование жесткостных и геометрических параметров, а также методов монтажа, наличие предварительного напряжения и т. п.); выявление предельного состояния конструкции и экспериментальная оценка запаса ее несущей способности.

Исходя из поставленных цели и задач разрабатывается рабочая программа и методика проведения эксперимента, проектируется и изготавливается физическая модель, проводятся ее экспериментальные исследования. Для конструкций применяется механическое моделирование на геометрически (подобие формы) и физически (величины характерных явлений должны быть пропорциональны при аналогичных условиях) подобных моделях. Моделирование строительных конструкций осуществляется на основании теории подобия и размерностей. Условия подобия устанавливаются исходя из подобия напряженно-деформированного состояния модели и натурального объекта (напряжения, деформации, перемещения и другие величины, характеризующие изучаемое явление).

Крупномасштабные модели большепролетных объектов в большинстве случаев испытывают в упругой стадии на статические нагрузки. После монтажа модели проверяют ее геометрию, определяют действительные размеры сечений основных элементов. Для построения индикаторных диаграмм и определения фактических физико-механических характеристик (E и μ) испытывают образцы материалов, из которых изготовлена модель. Выявленные отклонения учитывают при обработке экспериментальных данных, уточняют масштабные множители, критерии и индикаторы подобия, определяют степень приближенного моделирования.

Для уменьшения случайных ошибок и накопления статистического материала, существенно увеличивающего точность и достоверность конечных результатов исследований, каждое испытание рекомендуется повторять несколько раз (не менее трех) при одних и тех же условиях.

Кроме того, проводятся предварительные контрольные испытания (многократное нагружение и разгрузка модели нагрузкой, составляющей до 0,8 расчетной) с целью определения надежности работы измерительных приборов и аппаратуры, выявления ошибок изготовления модели и установки измерительных приборов. При этом происходит обжатие узлов, выборка люфтов монтажных соединений, исключается проскальзывание и смятие на опорах и т. п.

Определение вертикальных прогибов элементов модели выполняют с помощью прогибомеров, в том числе электро-механических, с ценой деления 0,1–0,01 мм, а горизонтальных перемещений – мессурами (индикаторами часового типа) с ценой деления 0,01 мм. Для определения прогибов возможно использование высокоточных прецизионных нивелиров с точностью 0,1 мм. Кручение элементов измеряют клинометрами. Возможны варианты, когда кручение определяется мессурами или прогибомерами с использованием рычажных приспособлений. Измерения относительных деформаций производятся проволоочными тензодатчиками с базой 5–20 мм. Для регистрации результатов измерений используются автоматические комплексы. Обработку результатов испытаний моделей производят с помощью ЭВМ. После обработки данных их пересчитывают на натурный объект и выводят в виде таблиц и эпюр. Максимальная автоматизация исследований позволяет контролировать поведение модели на всех этапах ее работы и, при необходимости, вносить коррективы в ход эксперимента.

Для определения величин ожидаемых экспериментальных перемещений и усилий выполняются компьютерные расчеты с учетом фактических габаритных размеров и сечений элементов на нагрузки соответствующие всем этапам и схемам нагружений модели. На основе результатов экспериментальных исследований и численных решений строятся сопоставительные эпюры перемещений и усилий при разных уровнях нагрузки, изменении расчетных параметров и т. п. Для оценки надежности методики расчета проверяется адекватность расчетной модели, в случае необходимости анализируются причины несовпадения результатов, разрабатываются новые варианты расчетных моделей, разрабатываются рекомендации по совершенствованию конструкции.

На последнем этапе эксперимента модель может быть доведена до разрушения. При наступлении предельного состояния кроме анализа его причин (местная или общая потеря устойчивости, развитие пластических деформаций и т. п.) выполняется сопоставление предельной экспериментальной нагрузки с расчетной, для определения верхней границы коэффициента запаса несущей способности конструкции модели (и соответственно натуре). Для определения нижней границы - выполняется анализ результатов упругого расчета на предельную нагрузку с учетом фактических физико-механических характеристик материала, из которого выполнена модель.

Научно-техническое сопровождение изготовления и монтажа конструкций. Задачами этого раздела являются: разработка «Технических условий на изготовление, монтаж и приемку металлоконструкций», содержащих требования, не входящие в нормативно-технические документы или регламентирующие более высокие требования (основные положения показателей качества конструкций и применяемых материалов, а также методы их контроля и приемки); разработка (при необходимости) рекомендаций по применению сталей нового поколения, с более высокими рабочими свойствами, чем в требованиях нормативных документов [5]; консультативное участие в разработке проекта производства работ (ППР) с учетом исследований вопросов точности изготовления и сборки металлических элементов; проведение технического контроля качества применяемых материалов и проката; технический контроль и приемка металлоконструкций на стадии изготовления (контроль отсутствия изменений формы и остаточного

деформирования, отправочных марок металлоконструкций); контроль монтажных работ на соответствие ППР в части подготовки конструкций к монтажу, их укрупнительной сборки, последовательности установки конструкций; выверки и закрепления, мероприятий, обес-печивающих точность установки; пространственную неизменяемость и устойчивость конструкций в процессе их монтажа; безопасные условия труда, контроль и приемка монтажных болтовых и сварных соединений; испытание и сертификация стальных изделий зарубежной поставки; анализ результатов научно-технического контроля изготовления, монтажа и приемки конструкций с выводами о соответствии нормам, проекту и «Техническим условиям»; анализ и оценка геометрии пространственной системы смонтированных металлоконструкций от заданных проектом предельных допусков, на основании исполнительных геодезических схем.

Научное сопровождение проекта производства работ и их выполнение включает проведение численных расчетов, моделирующих все этапы монтажа системы, определение контрольных геометрических параметров (проектные величины и их корректировка с учетом фактического положения и размеров конструкций, ожидаемых перемещений в трех направлениях и т. п.), расчетных нагрузок на временные опоры и т. д.

С целью определения фактического качества проката применяется многоуровневая схема входного контроля металла. Испытания образцов проводятся на металлургическом комбинате, заводе–изготовителе металлических конструкций, а также в специализированных аккредитованных лабораториях (выборочный контроль). Кроме того, выполняется научно-технический контроль соответствия проекту, нормативным документам и «Техническим условиям» качества и марок материалов анализом сертификатов и паспортов качества проката, предоставляемых заводами-изготовителями. Выполняются исследования химического состава, содержания вредных примесей, микроструктуры, прочности, пластичности и вязкости металла, сопротивляемости металла хрупкому разрушению.

Выборочный технический контроль и приемка монтажных соединений на высокопрочных болтах включают: визуальную проверку подготовки контактных поверхностей элементов; контроль соблюдения технологических требований по огневой обработке поверхностей и последующей ручной зачистки металлическими щетками; приемочный контроль метизов на основании сертификатов завода-изготовителя; проверку подготовки метизов в соответствии с технологическими требованиями; контроль сборки соединений и натяжения высокопрочных болтов на проектное усилие при помощи динамометрического ключа с регулярной его тарировкой; контроль герметизации соединений визуальным осмотром сопрягаемых элементов.

Приемочный контроль высокопрочных болтов, гаек и шайб осуществляется на основании сертификатов завода-изготовителя. Учитывая уникальность объекта, дополнительно проводятся контрольные выборочные испытания на растяжение от 3 до 6 болтов из каждой партии для определения их фактической несущей способности. Испытания болтов проводятся с обязательной записью машинной диаграммы их деформирования. Указанным испытаниям предшествуют контрольные механические испытания материала болтов с определением пластических характеристик. Проводятся испытания на ударную вязкость, определяется твердость материала болтов.

Для обеспечения качества сварных монтажных соединений выполняется система научно-технических мероприятий, включающих: экспертизу проекта производства сварочных работ (ППСР); систематический операционный контроль соблюдения требований по выполнению основных технологических операций; приемочный контроль для подтверждения отсутствия опасных дефектов в

сварных соединениях, который осуществляется визуальным осмотром и ультразвуковой дефектоскопией.

Разработка рекомендаций по обеспечению безопасности сооружения от лавинообразного (прогрессирующего) обрушения при аварийных воздействиях. Безопасность конкретного большепролетного сооружения от лавинообразного (прогрессирующего) обрушения конструкций при аварийных воздействиях должна быть обеспечена правильным выбором и применением одного или нескольких перечисленных ниже мероприятий, в ряде случаев соответствующих определенному аварийному воздействию.

1. Назначение необходимых запасов несущей способности основных («ключевых») элементов конструкций, в первую очередь обеспечивающих общую устойчивость сооружения для минимизации влияния возможных ошибок проектирования, изготовления, монтажа или неправильной эксплуатации сооружения.

2. Исключение или предупреждение опасности аварийных воздействий, которым может подвергаться конструкция или объект.

3. Выбор рациональных конструктивных решений и материалов, обеспечивающих несущую способность сооружения даже при наличии локальных (в пределах одного конструктивного элемента) повреждений.

4. Проектирование «ключевых» элементов с учетом возможности восприятия аварийных воздействий в дополнение к стандартным проектным нагрузкам и воздействиям.

5. Мониторинг состояния несущих конструкций и организация надлежащей эксплуатации сооружения.

Перечисленные мероприятия должны обеспечиваться квалифицированным выполнением проектных и строительных работ, использованием надлежащих стройматериалов, выбором методов контроля и приемки и обязательным их выполнением на всех стадиях проектирования, возведения и эксплуатации сооружения.

На стадии проектирования большепролетных сооружений рекомендуется рассматривать несколько взаимосвязанных подходов по обеспечению безопасности конструкций от лавинообразного (прогрессирующего) обрушения при аварийных воздействиях, а именно: системный принцип – оценка уязвимости примененных конструктивных схем при аварийных воздействиях и лавинообразном обрушении, разработка решений, которые являются эффективными для уменьшения последствий при различных сценариях угрозы; превентивные меры безопасности –

снижение степени опасности аварийных воздействий; замедление обрушения – для обеспечения достаточного времени и путей эвакуации из здания после начала локального повреждения конструкции.

При принятии решений должны учитываться: причины и вид аварийных воздействий; возможные последствия лавинообразного обрушения, включающие опасность для жизни и увечий людей, экономические и социальные потери; стоимость и сложность мероприятий по обеспечению безопасности конструкций от лавинообразного (прогрессирующего) обрушения при аварийных воздействиях.

Применительно к одному и тому же уровню обеспечения безопасности конструкций от лавинообразного (прогрессирующего) обрушения при различных аварийных воздействиях варианты мероприятий могут быть взаимозаменяемыми. Ужесточение мер одного типа может компенсировать ослабление мер другого типа. Различные решения могут соответствовать определенному типу угрозы. Например, в случае пожара для сохранения несущей способности системы могут быть эффективны более долговечные огнезащитные покрытия. Однако в большинстве случаев следует принимать рациональное сочетание нескольких методов. Такой объединенный подход минимизирует расход средств при существенном улучшении способности конструкций сопротивляться лавинообразному обрушению при аварийных воздействиях.

Проведение мониторинга на стадии возведения и эксплуатации сооружения. Повышенные требования к надежности уникальных большепролетных сооружений определяют необходимость их контроля по техническому состоянию [6–7], с организацией системы мониторинга, который включает: оценку нагрузок, воздействий и факторов, являющихся причинами возникновения и развития дефектов; оценку видов дефектов, их расположение, характер развития; методы неразрушающего контроля для получения надежной и достоверной информации об объекте; расчет на фактические нагрузки по этапам измерений и анализ соответствия результатов мониторинга расчетным данным; разработку критериев оценки опасности обнаруженных дефектов и рекомендаций по безопасной эксплуатации сооружения. Результат натурных обследований – оценка и прогноз фактической несущей способности конструкций, прогнозирование на этой основе остаточного ресурса сооружения, принятие обоснованных решений о продлении срока безаварийной эксплуатации объектов.

Список литературы

1. Еремеев П.Г. Металлические конструкции покрытий уникальных большепролетных сооружений // *Промышленное и гражданское строительство*. 2007. № 3. С. 19–21.
2. Еремеев П.Г. Современные стальные конструкции большепролетных покрытий уникальных зданий и сооружений. М.: АСВ, 2009. 336 с.
3. Отставнов В.А., Лебедева И.В. Снеговые нагрузки на покрытие // *Монтажные и специальные работы в строительстве*. 2005. № 3. С. 56–59.
4. Попов Н.А. Рекомендации по уточненному динамическому расчету зданий и сооружений на действие пульсационной составляющей ветровой нагрузки. М.: Госстрой России, 2000. 75 с.
5. Одесский П.Д., Кулик Д.В. Сталь нового поколения в уникальных сооружениях. М.: Интернет Инжиниринг, 2005. 176 с.
6. Еремеев П.Г. Уникальные большепролетные металлические конструкции покрытий. от Олимпийских игр 1980 в Москве до 2014 в Сочи // *Вестник НИИСтроительство*. 2014. № 11 (34). С. 93–102.
7. Сысоева Е.В. Научные подходы к расчету и проектированию большепролетных конструкций // *Вестник МГСУ*. 2017. Т. 12. № 2 (101). С. 131–141.

References

1. Eremeev P.G. Metal designs of coverings of unique wide-span constructions. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2007. No. 3, pp. 19–21. (In Russian).
2. remeev P.G. Sovremennye stal'nye konstruktсии bol'sheproletnykh pokrytii unikal'nykh zdani i sooruzhenii [Modern steel structures of wide-span coverings of unique buildings and constructions]. Moscow: ASV. 2009. 336 p.
3. Otstavnov V.A., Lebedeva I.V. Snow loads of a covering. *Montazhnye i spetsial'nye raboty v stroitel'stve*. 2005. No. 3, pp. 56–59. (In Russian).
4. Popov N.A. Rekomendatsii po utochnennomu dinamicheskomu raschetu zdani i sooruzhenii na deistvie pul'satsionnoi sostavlyayushchei vetrovoi nagruzki [Recommendations about the specified dynamic calculation of buildings and constructions on action of the pulsation component of wind loading]. Moscow: Gosstroj Rossii. 2000. 75 p.
5. Odesskiy P.D., Kulik D.V. Stal of new generation in unique constructions. Moscow: Internet Engineering, 2005. 176 p.
6. Eremeev P.G. Unique wide-span metal designs of coverings. from the Olympic Games 1980 in Moscow till 2014 in Sochi. *Vestnik NITs Stroitel'stvo*. 2014. No. 11 (34), pp. 93–102. (In Russian).
7. Sysoyeva E. V. Scientific approaches to calculation and design of wide-span designs. *Vestnik MGSU*. 2017. T. 12. No. 2 (101), pp. 131–141. (In Russian).

УДК 624.072.2

Т.А. МУХАМЕДИЕВ, д-р техн. наук (takhir50@rambler.ru), Б.С. СОКОЛОВ, канд. техн. наук.
НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство» (109428, г. Москва, 2-я Институтская ул., 6, корп. 5)

Новое в нормировании сталефибробетона и расчетах сталефибробетонных конструкций

Изложены принципы предлагаемой в проекте свода правил «Конструкции сталефибробетонные. Правила проектирования» классификации и системы нормируемых прочностных характеристик сталефибробетона. Рассмотрены основные отличия в методиках расчета сталефибробетонных конструкций, изложенных в проекте свода правил, от положений действующего СП 52-104-2006 «Сталефибробетонные конструкции». Показана схема испытания сталефибробетонного образца-балки на изгиб. Приведены диаграммы деформирования сталефибробетона при сжатии и растяжении, схема усилий и эпюра напряжений в сечении, нормальном к продольной оси изгибаемого сталефибробетонного элемента прямоугольного сечения без арматуры при его расчете по прочности и с арматурой. Акцентировано внимание на том, что при определении кривизн от непродолжительного действия нагрузки в расчете используют диаграммы кратковременного деформирования сжатого и растянутого сталефибробетона, а при определении кривизн от продолжительного действия нагрузки – диаграммы длительного деформирования сталефибробетона с расчетными характеристиками для предельных состояний второй группы.

Ключевые слова: сталефибробетон, прочность, метод предельных усилий, нелинейная деформационная модель, фибробетонные конструкции, прочность изгибаемых элементов, растянутая и сжатая зоны, стержневая арматура, методы расчета.

Для цитирования: Мухамедиев Т.А., Соколов Б.С. Новое в нормировании сталефибробетона и расчетах сталефибробетонных конструкций // *Строительные материалы*. 2017. № 4. С. 59–64.

T.A. MUKHAMEDIEV, Doctor of Sciences (Engineering) (takhir50@rambler.ru), B.S. SOKOLOV, Candidate of Sciences (Engineering)
NIIZHB named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction (6, bldg 5, 2nd Institutskaya Street, 109428, Moscow, Russian Federation)

New in Rating of Steel Fiber Concrete and Calculations of Steel Fiber Concrete Structures

Principles of the classification and the system of specified strength characteristics of steel fiber concrete proposed in a draft code of rules "Steel Fiber Concrete Structures. Design Rules" are outlined. Main differences in the methods for calculation of steel fiber concrete structures outlined in the draft code of rules from the provisions of the existing SP 52-104-2006 "Steel Fiber Concrete Structures" are considered. The scheme of the bending test of a steel fiber concrete beam-sample is shown. Diagrams of the deformation of steel fiber concrete in the course of compression and tension, the scheme of forces and the plot of stresses in the section normal to the longitudinal axis of a bended steel fiber concrete element of rectangular cross-section when calculating its strength with reinforcement and without reinforcement are presented. The attention is focused on the fact that when determining the curvatures under short-term loading, the diagrams of short-time deformation of compressed and tension steel fiber concrete are used for calculation; when determining the curvatures under long-term loading, the diagrams of long-lasting deformation of steel fiber concrete with calculated characteristics for limit states of the second group are used.

Keywords: steel fiber concrete, strength, limit force method, non-linear deformation model, fiber concrete structures, bending elements strength, tensile and compressed zones, rod reinforcement, calculation methods.

For citation: Mukhamediev T.A., Sokolov B.S. New in rating of steel fiber concrete and calculations of steel fiber concrete structures. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 4, pp. 59–64. (In Russian).

Применение сталефибробетонных конструкций в современной отечественной практике строительства растет в связи с достаточно широким освоением производством различных видов стальной фибры отечественной металлургической промышленностью и освоением в строительстве технологии производства сталефибробетона. Накоплен обширный опыт научных исследований, проектирования и строительства широкого спектра сталефибробетонных конструкций [1–2]. Благодаря специфическим свойствам и характеристикам, отличающим сталефибробетон от обычного бетона (повышенные трещиностойкость, ударная прочность, вязкость разрушения, износостойкость, морозостойкость, сопротивление кавитации, пониженные усадка и ползучесть), этот материал получил широкое применение в конструкциях промышленных полов, дорожных, в том числе аэродромных, покрытий, в фасадных ограждающих конструкциях, в различных видах инженерных сооружений, в мостовых и тоннельных конструкциях [3–6]. Весьма эффективен этот материал в тонкостенных пространственных конструкциях [3].

Обобщение накопленного опыта в нормативном документе федерального уровня является актуальной задачей и отвечает потребностям настоящего времени. Существующие с 1980-х гг. технические документы, устанавливающие правила расчета и проектирования сталефибробетонных конструкций для промышленно-

го, гражданского и сельскохозяйственного строительства, – Руководства, Пособия, РТМ и др., имеют рекомендательный характер и либо морально устарели, либо имеют статус нормативного документа отдельной организации или ведомства (Проектирование и основные положения технологий производства фибробетонных конструкций. ВСН 56-97. М., 1997). Основные положения этих документов были обобщены в разработанном специалистами НИИЖБ своде правил СП 52-104-2006 «Сталефибробетонные конструкции», содержащем рекомендации по проектированию сталефибробетонных конструкций промышленных и гражданских зданий и сооружений из тяжелого или мелкозернистого бетона.

Введенный в 2007 г. и действующий в настоящее время свод правил основан на нормативной базе документов периода его разработки – до 2006 г. В связи с введением для обязательного применения ГОСТ 27751–2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения» и ряда актуализированных редакций основополагающих СНиПов – по нагрузкам и воздействиям, железобетонным конструкциям, стальным конструкциям и др. указанный свод правил нуждается в переработке во всех разделах.

Еще одной причиной, потребовавшей внесения коренных изменений, явилось существенное различие в отечественных и современных зарубежных подходах к

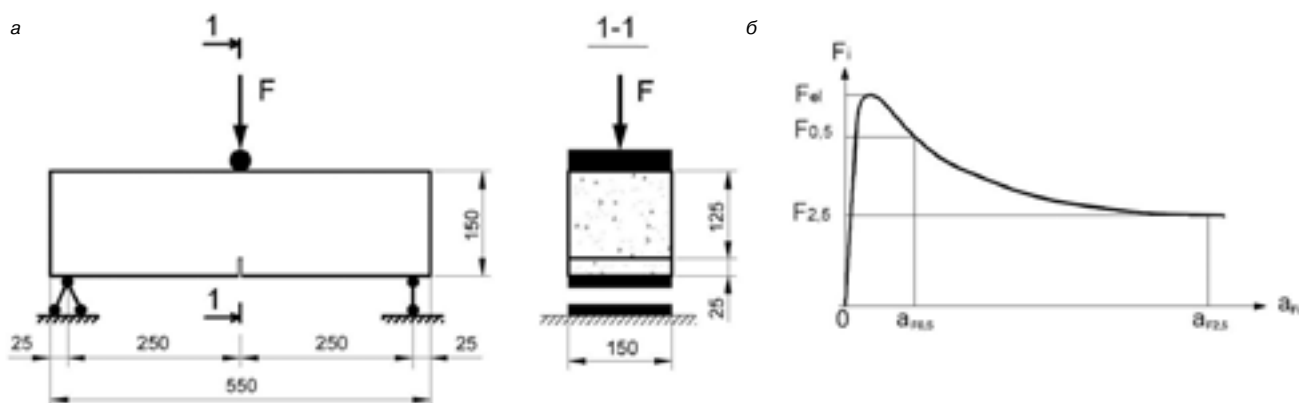


Рис. 1. Схема испытания сталефибробетонного образца-балки на изгиб (а) и график «нагрузка–перемещение» внешних граней надреза (б)

расчету сталефибробетона и наметившееся в этом за последнее десятилетие отставание отечественной нормативной базы.

Разработанный в 2016 г. проект свода правил «Конструкции сталефибробетонные. Правила проектирования» в целом повторяет структуру основополагающего свода правил СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» и состоит из восьми разделов и двух приложений.

В разделе «Область применения» определено, что свод правил распространяется на проектирование сталефибробетонных конструкций зданий и сооружений различного назначения и устанавливает требования к проектированию сталефибробетонных конструкций,

изготавливаемых из тяжелого и мелкозернистого бетонов и эксплуатируемых в климатических условиях России (при систематическом воздействии температура не выше +50°C и не ниже -70°C), в среде с неагрессивной степенью воздействия при статическом действии нагрузки.

Раздел «Общие требования» устанавливает рекомендуемые области применения сталефибробетонных конструкций без стержневой арматуры и со стержневой арматурой; порядок указания требований к сталефибробетону в проектной документации; требования к выполнению расчетов сталефибробетонных конструкций по предельным состояниям первой и второй групп для различных расчетных ситуаций, включая стадии

Таблица 1

Характеристика	Нормативные $R_{fbt2,n}$ и $R_{fbt3,n}$, расчетные для предельных состояний второй группы $R_{fbt2,ser}$ и $R_{fbt3,ser}$, значения сопротивления сталефибробетона растяжению при классе сталефибробетона по остаточной прочности на растяжение (МПа)															
	$B_{fb3}1i$	$B_{fb3}1,5i$	$B_{fb3}2i$	$B_{fb3}2,5i$	$B_{fb3}3i$	$B_{fb3}3,5i$	$B_{fb3}4i$	$B_{fb3}4,5i$	$B_{fb3}5i$	$B_{fb3}5,5i$	$B_{fb3}6i$	$B_{fb3}6,5i$	$B_{fb3}7i$	$B_{fb3}7,5i$	$B_{fb3}8i$	
$R_{fbt3,n}$ и $R_{fbt3,ser}$	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	
$R_{fbt2,n}$ и $R_{fbt2,ser}$	$i=a$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	$i=b$	1,43	2,14	2,86	3,57	4,29	5	5,71	6,43	7,14	7,86	8,57	9,29	10	10,71	11,43
	$i=c$	1,11	1,67	2,22	2,78	3,33	3,89	4,44	5	5,56	6,11	6,67	7,22	7,78	8,33	8,89
	$i=d$	0,91	1,36	1,82	2,27	2,73	3,18	3,64	4,09	4,55	5	5,45	5,91	6,36	6,82	7,27
	$i=e$	0,77	1,15	1,54	1,92	2,31	2,69	3,08	3,46	3,85	4,23	4,62	5	5,38	5,77	6,15

Таблица 2

Характеристика	Расчетные для предельных состояний первой группы R_{fbt2} и R_{fbt3} , значения сопротивления сталефибробетона растяжению при классе сталефибробетона по остаточной прочности на растяжение (МПа)															
	$B_{fb3}1i$	$B_{fb3}1,5i$	$B_{fb3}2i$	$B_{fb3}2,5i$	$B_{fb3}3i$	$B_{fb3}3,5i$	$B_{fb3}4i$	$B_{fb3}4,5i$	$B_{fb3}5i$	$B_{fb3}5,5i$	$B_{fb3}6i$	$B_{fb3}6,5i$	$B_{fb3}7i$	$B_{fb3}7,5i$	$B_{fb3}8i$	
R_{fbt3}	0,77	1,15	1,54	1,92	2,31	2,69	3,08	3,46	3,85	4,23	4,62	5	5,38	5,77	6,15	
R_{fbt2}	$i=a$	1,54	2,3	3,08	3,84	4,62	5,38	6,16	6,92	7,7	8,46	9,24	10	10,76	11,54	12,9
	$i=b$	1,1	1,64	2,2	2,74	3,3	3,84	4,4	4,94	5,5	6,04	6,6	7,14	7,69	8,24	9,21
	$i=c$	0,86	1,28	1,71	2,13	2,57	2,99	3,42	3,84	4,28	4,7	5,13	5,56	5,98	6,41	7,17
	$i=d$	0,7	1,05	1,4	1,75	2,1	2,45	2,8	3,15	3,5	3,85	4,2	4,55	4,89	5,25	5,86
	$i=e$	0,59	0,88	1,18	1,48	1,78	2,07	2,37	2,66	2,96	3,25	3,55	3,85	4,41	4,44	4,96

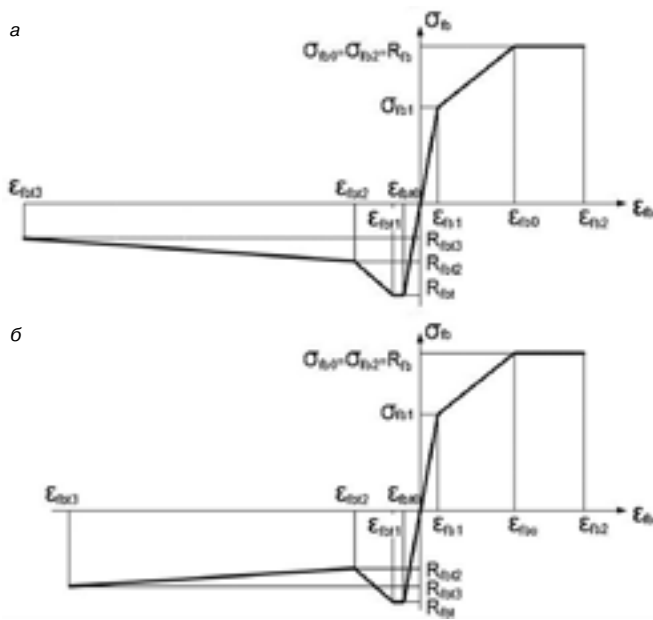


Рис. 2. Диаграммы деформирования сталефибробетона при сжатии и растяжении при (а) и при (б)

изготовления, транспортирования, возведения, эксплуатации, а также аварийные ситуации.

В разделе «Материалы» проекта свода правил, в отличие от СП 52-104–2006, в котором отдельно нормируются характеристики бетона-матрицы и стальной фибры, вводится классификация сталефибробетона. Основными нормируемыми и контролируемым показателями качества сталефибробетона приняты:

- класс по прочности на сжатие B_f , соответствующий значению кубиковой прочности сталефибробетона на сжатие, МПа, с обеспеченностью 0,95 (нормативная кубиковая прочность);

- класс по прочности на осевое растяжение B_{ft} , соответствующий значению прочности сталефибробетона на осевое растяжение, МПа, с обеспеченностью 0,95 (нормативная прочность сталефибробетона).

- класс по остаточной прочности на растяжение B_{ft3} , соответствующий значению остаточной прочности сталефибробетона на растяжение, МПа, с обеспеченностью 0,95 (нормативная прочность сталефибробетона);

- марка по морозостойкости F;
- марка по водонепроницаемости W.

Классы сталефибробетона по прочности на сжатие и по прочности на осевое растяжение назначают по результатам испытаний контрольных образцов в соответствии с ГОСТ 10180.

Класс сталефибробетона по остаточной прочности на осевое растяжение B_{ft3} назначают с указанием подкласса «а», «b», «с», «d» или «е» по результатам испытаний контрольных образцов на осевое растяжение или образцов-балок на изгиб (EN 14651:2005+A1:2007 Test method for metallic fibre concrete/ Measuring the flexural tensile strength (limit of proportionality (LOP), residual) [7] в соответствии с методикой, изложенной в Приложении Б проекта свода правил (рис. 1). При назначении класса сталефибробетона по остаточной прочности на растяжение B_{ft3} нормативные значения остаточного сопротивления растяжению $R_{ft3,n}$ принимают равными числовой характеристике класса сталефибробетона по остаточной прочности на растяжение, соответствующей в испытаниях на изгиб значению перемещений внешних граней надреза контрольных образцов, равному 2,5 мм.

Еще одной прочностной характеристикой, определяющей форму нисходящей ветви диаграммы состояния

сталефибробетона при растяжении, является остаточное сопротивление сталефибробетона осевому растяжению R_{ft2} . Нормативные значения $R_{ft2,n}$ принимают по остаточной прочности на растяжение, соответствующей в испытаниях на изгиб значению перемещений внешних граней надреза контрольных образцов, равному 0,5 мм. Отношением $R_{ft3,n} / R_{ft2,n} = 0,5, 0,7, 0,9, 1,1$ и $1,3$ определяют подклассы сталефибробетона соответственно «а», «b», «с», «d» и «е».

Класс сталефибробетона по прочности на осевое растяжение допускается назначать также по результатам испытаний контрольных образцов-балок на изгиб с использованием максимального значения нагрузки на графике «нагрузка-перемещение» (рис. 1, б). Предусмотренные в проекте СП классы сталефибробетона по остаточной прочности на осевое растяжение и соответствующие им нормативные и расчетные значения сопротивления сталефибробетона осевому растяжению представлены в табл. 1 и 2.

В качестве рабочих диаграмм деформирования сталефибробетона при осевом сжатии, определяющих связь между напряжениями и относительными деформациями, принимают криволинейную, в том числе с ниспадающей ветвью или упрощенную трехлинейную диаграммы. В качестве рабочих диаграмм деформирования сталефибробетона при осевом растяжении принята упрощенная четырехлинейная диаграмма (рис. 2).

Растягивающие напряжения сталефибробетона σ_{ft} в зависимости от относительных деформаций укорочения сталефибробетона ϵ_{ft} определяют по формулам:

$$\text{при } 0 \leq \epsilon_{ft} \leq \epsilon_{ft0} \quad \sigma_{ft} = E_{fb} \cdot \epsilon_{ft}; \quad (1)$$

$$\text{при } \epsilon_{ft0} < \epsilon_{ft} < \epsilon_{ft1} \quad \sigma_{ft} = R_{fb1};$$

$$\text{при } \epsilon_{ft1} < \epsilon_{ft} < \epsilon_{ft2}$$

$$\sigma_{ft} = R_{fb1} \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{R_{fb2}}{R_{fb1}} \right) \cdot \frac{\epsilon_{ft} - \epsilon_{ft0}}{\epsilon_{ft2} - \epsilon_{ft0}} \right]; \quad (2)$$

$$\text{при } \epsilon_{ft2} \leq \epsilon_{ft} \leq \epsilon_{ft3}$$

$$\sigma_{ft} = R_{fb2} \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{R_{fb3}}{R_{fb2}} \right) \cdot \frac{\epsilon_{ft} - \epsilon_{ft2}}{\epsilon_{ft3} - \epsilon_{ft2}} \right], \quad (3)$$

где ϵ_{ft0} , ϵ_{ft2} и ϵ_{ft3} – относительные деформации, принимаемые равными:

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_{ft0} &= \frac{R_{fb1}}{E_{fb}}; \\ \epsilon_{ft1} &= \epsilon_{ft0} + 0,0001; \\ \epsilon_{ft2} &= 0,004; \\ \epsilon_{ft3} &= 0,02 - 0,0125 \cdot \left(\frac{R_{fb3}}{R_{fb2}} - 0,5 \right) \end{aligned} \right\}; \quad (4)$$

R_{fb2} и R_{fb3} – характеристики остаточного сопротивления сталефибробетона растяжению, принимаемые по табл. 1 и 2.

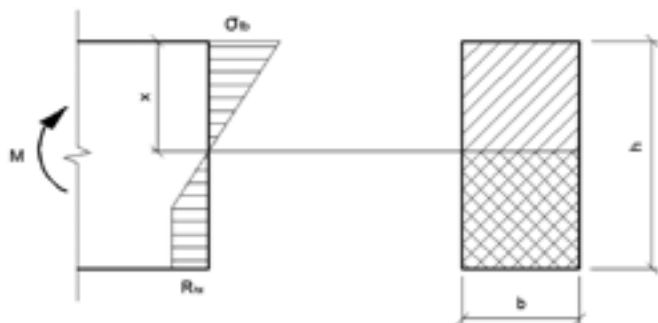


Рис. 3. Схема усилий и эпюра напряжений в сечении, нормальном к продольной оси изгибаемого сталефибробетонного элемента прямоугольного сечения без арматуры при его расчете по прочности

Расчет по прочности нормальных сечений сталефибробетонных конструкций на действие изгибающих моментов и продольных сил производится на основе нелинейной деформационной модели. В отдельных случаях (для элементов прямоугольного, таврового и двутаврового сечений без рабочей арматуры или с арматурой, расположенной у верхней и нижней граней сечения, а также для элементов кольцевого сечения) расчет допускается производить по предельным усилиям.

Расчет по прочности нормальных сечений элементов без рабочей арматуры по предельным усилиям производится исходя из следующих положений (CNR-DT 204/2006 Guide for the Design and Construction of Fiber-Reinforced Concrete Structures — ROME — CNR November 2007) [7–8]:

- эпюру напряжений в сжатой зоне фибробетона принимают треугольной формы, как для упругого тела (рис. 3);
- эпюру напряжений в растянутой зоне фибробетона трапециевидной формы с напряжениями в растянутой грани сечения, равными R_{fb} .

Исходя из принятых предпосылок значение предельного изгибающего момента, который может быть воспринят сечением изгибаемого элемента, определяется по формуле:

$$M_{ult} = R_{fbt} \cdot W_{pl}, \quad (5)$$

где W_{pl} – упругопластический момент сопротивления сечения элемента для крайнего растянутого волокна, определяемый с учетом характеристик диаграммы осевого растяжения сталефибробетона на участке деформирования от $\epsilon_{fbt}=0$ до $\epsilon_{fbt}=\epsilon_{fbt}$. Для практических расчетов элементов без рабочей арматуры, выполненных из сталефибробетона средних классов, отношение $\epsilon_{fbt0}/\epsilon_{fbt1}$ в среднем составляет 0,4, поэтому для элементов прямоугольного сечения упругопластический момент сопротивления принят равным:

$$W_{pl} = \frac{b \cdot h^2}{3,6} \quad (6)$$

Расчет по прочности нормальных сечений элементов с рабочей арматурой по предельным усилиям производится исходя из следующих положений (рис. 4):

- сопротивление сталефибробетона растяжению представляется напряжениями, равными R_{fbt3} и равномерно распределенными по растянутой зоне сталефибробетона;
- сопротивление сталефибробетона сжатию представляется напряжениями, равными R_{fb} и равномерно распределенными по сжатой зоне сталефибробетона;
- деформации (напряжения) в арматуре определяют в зависимости от высоты сжатой зоны сталефибробетона;
- растягивающие напряжения в стержневой арматуре принимают не более расчетного сопротивления растяжению R_s ;

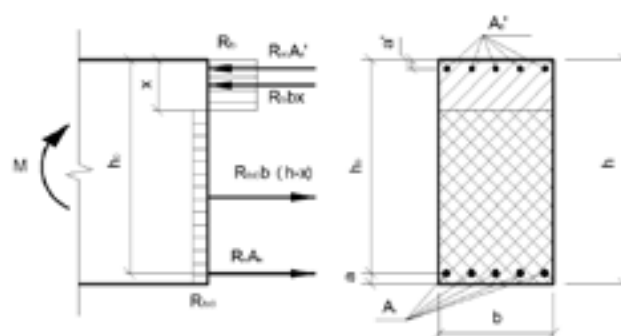


Рис. 4. Схема усилий и эпюра напряжений в сечении, нормальном к продольной оси изгибаемого сталефибробетонного элемента прямоугольного сечения с арматурой, при его расчете по прочности

– сжимающие напряжения в стержневой арматуре принимают не более расчетного сопротивления сжатию R_{sc} .

Расчет по прочности нормальных сечений сталефибробетонных элементов с рабочей арматурой производится в зависимости от соотношения между значением относительной высоты сжатой зоны сталефибробетона

$$\xi = \frac{x}{h_0}, \text{ определяемым из соответствующих условий равновесия, и значением граничной относительной высоты сжатой зоны } \xi_R, \text{ при котором предельное состояние элемента наступает одновременно с достижением в растянутой арматуре напряжения, равного расчетному сопротивлению } R_s.$$

Значение ξ_R определяется по формуле:

$$\xi_R = \frac{x_R}{h_0} = \frac{\omega}{1 + \frac{\epsilon_s}{\epsilon_{fb2}}}, \quad (7)$$

где ω – характеристика сжатой зоны сталефибробетона, принимаемая для сталефибробетона из тяжелого бетона классов до В60 включительно равной 0,8, а для сталефибробетона из тяжелого бетона классов В70–В100 и из мелкозернистого бетона – равной 0,7;

ϵ_s – расчетное значение предельных относительных деформаций арматуры, принимаемое по указаниям СП 63.13330;

ϵ_{fb2} – относительные деформации сжатого сталефибробетона при напряжениях R_{fb} , принимаемые по указаниям СП 63.13330 как для обычного бетона.

Для фибробетонных элементов с рабочей арматурой и с прямоугольным поперечным сечением (рис. 3) предельный изгибающий момент, который может быть вос-

принят сечением элемента при $\xi = \frac{x}{h_0} \leq \xi_R$, будет определяться по формуле:

$$M_{ult} = R_{fb} \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5x) - R_{fbt3} \cdot b \cdot (h - x) \cdot \left(\frac{h - x}{2} - a \right) + R_{sc} \cdot A'_s (h_0 - a'),$$

при этом высоту сжатой зоны определяют по формуле:

$$x = \frac{R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A'_s + R_{fbt3} \cdot b \cdot h}{(R_{fb} + R_{fbt3}) \cdot b}. \quad (9)$$

При $x \geq \xi_R \cdot h_0$ значение предельного изгибающего момента для элементов прямоугольного сечения определяют по формуле (6), принимая в ней $x = \xi_R \cdot h_0$ и заменяя характеристику R_{fbt3} на R_{fbt2} .

Методика расчета по прочности нормальных сечений на основе нелинейной деформационной модели

построена на приведенных в СП 63.13330 предпосылках и физических соотношениях и отличается только учетом работы сталефибробетона на осевое растяжение вплоть до исчерпания прочности нормального сечения.

Расчет нормальных сечений элементов по прочности по деформационной модели производят из условий:

$$|\varepsilon_{fb, \max}| \leq \varepsilon_{fb, ult}, \quad (10)$$

$$\varepsilon_{s, \max} \leq \varepsilon_{s, ult}, \quad (11)$$

где $\varepsilon_{fb, \max}$ — относительная деформация наиболее сжатого волокна сталефибробетона в нормальном сечении элемента от действия внешней нагрузки;

$\varepsilon_{s, \max}$ — относительная деформация наиболее растянутого стержня арматуры в нормальном сечении элемента от действия внешней нагрузки;

$\varepsilon_{fb, ult}$ — предельное значение относительной деформации сталефибробетона при сжатии;

$\varepsilon_{s, ult}$ — предельное значение относительной деформации удлинения арматуры.

При двузначной эпюре деформаций в поперечном сечении элемента предельные значения относительных деформаций сталефибробетона $\varepsilon_{fb, ult}$ принимают согласно указаниям СП 63.13330 для аналогичного класса обычного бетона, а предельные значения относительных деформаций сталефибробетона $\varepsilon_{fb1, ult}$ принимают равными ε_{fb13} .

При внецентренном сжатии или растяжении элементов и распределении в поперечном сечении элемента деформаций только одного знака предельные значения относительных деформаций сталефибробетона $\varepsilon_{fb, ult}$ и $\varepsilon_{fb1, ult}$ определяют в зависимости от соотношения деформаций сталефибробетона на противоположных гранях сечения элемента ε_1 и ε_2 ($\varepsilon_2 \geq \varepsilon_1$) по формулам:

$$\varepsilon_{fb, ult} = \varepsilon_{fb2} - (\varepsilon_{fb2} - \varepsilon_{fb0}) \cdot \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}, \quad (12)$$

$$\varepsilon_{fb1, ult} = \varepsilon_{fb13} - (\varepsilon_{fb13} - \varepsilon_{fb12}) \cdot \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}, \quad (13)$$

где ε_{fb2} и ε_{fb0} — деформационные параметры расчетных диаграмм состояния сталефибробетона при сжатии, принимаемые согласно СП 63.13330 для аналогичного класса обычного бетона; ε_{fb12} и ε_{fb13} — деформационные параметры расчетных диаграмм состояния сталефибробетона при растяжении.

Расчет по прочности сталефибробетонных элементов при действии поперечных сил производится по наклонному сечению на действие поперечной силы, по наклонному сечению на действие изгибающего момента и по бетонной полосе между наклонными сечениями на действие поперечной силы аналогично соответствующим методикам СП 63.13330 с использованием соответствующих прочностных характеристик сталефибробетона.

Расчет сталефибробетонных элементов на местное сжатие (смятие) аналогично методике СП 63.13330 производят при действии сжимающей силы, приложенной на ограниченной площади нормально к поверхности сталефибробетонного элемента. При этом учитывают повышенное сопротивление сжатию сталефибробетона в пределах грузовой площади (площади смятия) за счет объемного напряженного состояния сталефибробетона под грузовой площадью, зависящего от расположения грузовой площади на поверхности элемента.

При наличии косвенной арматуры в зоне местного сжатия учитывают дополнительное повышение сопротивления сжатию сталефибробетона под грузовой площадью за счет сопротивления косвенной арматуры.

Расчет на продавливание производят для плоских сталефибробетонных элементов (плит) при действии на них (нормально к плоскости элемента) местных, концентрированно приложенных усилий — сосредоточенных силы и изгибающего момента, по методике, аналогичной принятой в СП 63.13330.

Расчеты сталефибробетонных элементов по предельным состояниям второй группы включают расчеты по образованию трещин, по раскрытию трещин, по деформациям.

Определение момента образования трещин, нормальных к продольной оси элемента, в общем случае производится по деформационной модели.

Для элементов прямоугольного, таврового или двутаврового сечения с арматурой, расположенной у верхней и нижней граней, момент трещинообразования с учетом неупругих деформаций растянутого сталефибробетона допускается определять по приведенной в проекте свода правил методике на основе следующих положений:

— сечения после деформирования остаются плоскими;

— эпюру напряжений в сжатой зоне сталефибробетона принимают треугольной формы, как для упругого тела;

— эпюру напряжений в растянутой зоне сталефибробетона принимают прямоугольной формы с напряжениями, не превышающими расчетных значений сопротивления сталефибробетона растяжению $R_{fb12, ser}$;

— относительную деформацию крайнего растянутого волокна сталефибробетона принимают равной ε_{fb12} ;

— напряжения в арматуре принимают в зависимости от относительных деформаций как для упругого тела.

Момент образования трещин определяют по принятой в СП 63.13330 [6] формуле:

$$M_{crc} = R_{fb1, ser} \cdot W_{pl} \pm N \cdot e_x, \quad (14)$$

в которой упругопластический момент сопротивления сечения для крайнего растянутого волокна сталефибробетона W_{pl} определяют с учетом перечисленных выше положений. Для элементов прямоугольного сечения значение W_{pl} допускается определять по формуле (6).

Указания и расчетные зависимости для определения кривизн сталефибробетонных элементов на основе нелинейной деформационной модели аналогичны установленным в СП 63.13330, при этом особенности работы сталефибробетона в сжатой и растянутой зонах сечения учитываются принятыми диаграммами его деформирования.

При определении кривизн от непродолжительного действия нагрузки в расчете используют диаграммы кратковременного деформирования сжатого и растянутого сталефибробетона, а при определении кривизн от продолжительного действия нагрузки — диаграммы длительного деформирования сталефибробетона с расчетными характеристиками для предельных состояний второй группы.

Аналогичный комплекс расчетов по двум группам предельных состояний предусматривается проектом свода правил для предварительно напряженных сталефибробетонных конструкций.

В разделе «Конструктивные требования» проекта свода правил актуализированы требования по минимальным размерам сечений элементов, защитных слоев сталефибробетонных конструкций, изложены принципы и особенности их армирования, даны рекомендации по назначению гранулометрического состава бетонной смеси и по выбору параметров стальной фибры.



Список литературы

1. Волков И.В., Беляева В.А. Сталефибробетонные конструкции зданий и сооружений. М.: ВНИИТПИ, 1990. 59 с.
2. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технологии, конструкции. М.: АСВ, 2011. 646 с.
3. Шугаев В.В., Соколов Б.С., Гага Н.И., Столыпина Л.И., Левина С.Г. Пространственные конструкции из гнutoформованных дисперсно-армированных элементов. *Материалы семинара «Пространственные конструкции»*. Москва, 1991. С. 192–200.
4. Johnston C. D. Steel fiber reinforced mortar and concrete: a review of mechanical properties. *Fiber Reinforced Concrete SP 44*. Detroit: American Concrete Institute, 1974. Pp. 127–142.
5. Dixon J., Mayfield B. Concrete reinforced with fibrous wire // *Journal of the Structural Division*, 1971. Vol. 5. No. 3, pp. 73–76.
6. Kar N. J., Pal A. K. Strength of fiber reinforced concrete // *Journal of the Structural Division*. 1972. Vol. 98. No. ST-5, pp. 1053–1068.
7. Мухамедиев Т.А. Расчет по прочности изгибаемых фибробетонных конструкций методом предельных усилий // *Строительная механика и расчет сооружений*, 2016. № 5. С. 12–18.
8. Мухамедиев Т. А. К вопросу расчета фибробетонных конструкций // *Промышленное и гражданское строительство*. 2017. № 1. С. 16–20.

References

1. Volkov I.V., Belyaeva V.A. Stalefibrobetonnye konstruktzii zdaniy i sooruzheniy. [Stalefibrobetonnye of a structure of buildings and constructions]. Moscow: VNIINTPI, 1990. 59 p.
2. Rabinovich F.N. Kompozity na osnove dispersno armirovannykh betonov. Voprosy teorii i proektirovaniy, tekhnologiya, konstruktzii [Composites on the basis of dispersno the reinforced concrete. Questions of the theory and design, technology, design]. Moscow: DIA, 2011. 646 p.
3. Shugayev V.V., Sokolov B.S., Gagaa N.I., Stolypina L.I., Levina S.G. Spatial designs from the gnutoformovannykh of the disperse reinforced elements. *Seminar materials "Spatial designs"*. Moscow, 1991. P. 192–200.
4. Johnston C.D. Steel fiber reinforced mortar and concrete: review of mechanical properties. *Fiber Reinforced Concrete SP 44*. Detroit: American Concrete Institute, 1974, pp. 127–142.
5. Dixon J., Mayfield B. Concrete reinforced with fibrous wire. *Journal of the Structural Division*, 1971. Vol. 5. No. 3, pp. 73–76.
6. Kar N.J., Pal A.K. Strength of fiber reinforced concrete. *Journal of the Structural Division*. 1972. Vol. 98. No. ST-5, pp. 1053–1068.
7. Mukhamediyev T.A. Calculation for durability of the designs bent the fibrobetonnykh by method of extreme efforts. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy*, 2016. No. 5, pp. 12–18. (In Russian).
8. Mukhamediyev T.A. To a question of calculation the fibrobetonnykh of designs. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2017. No. 1, pp. 16–20. (In Russian).

II Международный симпозиум по долговечности и устойчивому развитию конструкционного бетона DSCS 2018



Москва, 6–7 июня 2018 г.

Организаторы:

Итальянское отделение американского института бетона (ACI IC) и Российская инженерная академия (РИА) При участии Российской академии наук (РАН) и Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН)

Спонсоры конференции:

Американский институт бетона (ACI) и его комитеты: C130 (Sustainability of Concrete), C201 (Durability of Concrete), C544 (Fiber Reinforced Concrete), C549 (Thin Reinforced Cementitious Products and Ferrocement); Международная федерация по конструкционному бетону (fib); Международный союз экспертов и лабораторий в области испытаний строительных материалов, систем и конструкций (RILEM)

**Тематика симпозиума**

- Сокращение парниковых газов в цементной и бетонной промышленности
- Рециклирование и организация удаления отходов в производстве бетонов и растворов
- Сульфoалюминатные цементы как альтернатива портландцементу и смешанным цементам
- Щелочеактивированные материалы и геополимеры для устойчивого строительства
- Долговечность железобетонных конструкций
- Оценка жизненного цикла в строительстве из бетона
- Повторное использование и восстановление функциональности железобетонных конструкций
- Ремонт и эксплуатация
- Контроль, инспектирование и мониторинг
- Примеры из практики

Место проведения конференции: Российская академия наук, Москва, Россия

<http://www.aciitaly.com/events/dscs2018>

Секретариат симпозиума: ACI Italy Chapter Secretary (aciitalychapter@gmail.com)

Российский секретариат: Леонид Иванов, региональная группа РИЛЕМ (l.a.ivanov@mail.ru);

Сергей Бронин, Национальная группа ФИБ (bronin@list.ru).

УДК 624.012.36

С.Б. КРЫЛОВ, д-р техн. наук (niizhb_lab8@mail.ru), Л.А. ТИТОВА, канд. техн. наук,
А.И. ЗВЕЗДОВ, д-р техн. наук

НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство» (109428, г. Москва, 2-я Институтская ул., 6, корп. 5)

Расчет размеров вставок из напрягающего бетона при устройстве бесшовных железобетонных конструкций большой протяженности

При возведении конструкций большой протяженности из бетона на портландцементе выполняются температурно-усадочные швы. Наличие большого количества швов в конструкциях более 100 м является нетехнологичным при эксплуатации фундаментных плит полов перекрытий в таких сооружениях, как склады, торговые центры, гостиничные комплексы. Поэтому разработана технология возведения бесшовных конструкций большой протяженности. Вся поверхность разделяется на захватки и вставки. Захватки представляют собой полосы шириной 30–50 м и вставки из напрягающего бетона. После стабилизации деформаций усадки обычного бетона захваток, заливаются вставки. При расширении вставок, происходит обжатие бетона захваток и тем самым обеспечивается бесшовность и трещиностойкость конструкции в целом. Величина деформаций усадки и расширения зависит от многих технологических и конструктивных факторов. Была создана методика расчета требуемой величины вставок, учитывающая влияние этих параметров.

Ключевые слова: бетон, усадка, армирование, температурно-усадочные швы, деформации, бесшовные железобетонные конструкции, стабилизация деформаций усадок.

Для цитирования: Крылов С.Б., Титова Л.А., Звездов А.И. Расчет размеров вставок из напрягающего бетона при устройстве бесшовных железобетонных конструкций большой протяженности // *Строительные материалы*. 2017. № 4. С. 65–67.

S.B. KRYLOV, Doctor of Sciences (Engineering) (niizhb_lab8@mail.ru), L.A. TITOVA, Candidate of Sciences (Engineering),

A.I. ZVEZDOV, Doctor of Sciences (Engineering)

NIIZHB named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction (6, bldg 5, 2nd Institutskaya Street, 109428, Moscow, Russian Federation)

Calculation of Dimensions of Self-Stressing Concrete Inserts When Constructing Jointless Reinforced Concrete Structures of Great Length

When erecting the structures of great length made of Portland cement concrete, temperature-shrinkage joints are executed. The large number of joints in structures over 100 m is not technological when foundation slabs of ceiling floors are used in such facilities as warehouses, shopping centers, hotel complexes. That's why the technology of erection of jointless structures of large length has been developed. The whole surface is divided into hooks and inserts. Hooks are strips of 30–50 m width and inserts are made of self-stressing concrete. After stabilization of shrinkage deformations of conventional concrete, inserts are concreted. When inserts are enlarging, the elastic compression of hooks concrete takes place that provides the seamlessness and crack resistance of the structure as a whole. The magnitude of shrinkage and enlargement deformations depends on many technological and structural factors. Methods for calculation of the required size of inserts with due regard for these factors impact has been developed.

Keywords: concrete, shrinkage, reinforcing, temperature-shrinkage joints, deformation, jointless reinforced concrete structures, stabilization of shrinkage deformations.

For citation: Krylov S.B., Titova L.A., Zvezdov A.I. Calculation of dimensions of self-stressing concrete inserts when constructing jointless reinforced concrete structures of great length. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 3, pp. 65–67. (In Russian).

При возведении конструкций большой протяженности существенную роль играют точность, гладкость и минимальные допуски по длине поверхности конструкции [1–3]. Поэтому разработана технология возведения бесшовных конструкций большой протяженности. Вся поверхность разделяется на захватки и вставки. Захватки представляют собой полосы шириной 30–50 м выполненные, как правило, из обычного бетона. Вставки выполняются из напрягающего бетона; их ширина определяется расчётом согласно предложенной методике. Величину усадки твердеющего бетона регулируют на этапе гидратации бетона. Деформации усадки обычного бетона в возрасте 7–14 сут стабилизируются, и в этот период устраиваются вставки из напрягающего бетона, величина расширения которого превосходит величину его усадки [4–7]. Таким образом, происходит обжатие бетона захваток и тем самым обеспечивается бесшовность и трещиностойкость конструкции в целом [8–10].

Величина деформаций усадки обычного и напрягающего бетона полностью компенсируется деформациями расширения, и разность этих величин зависит от многих технологических и конструктивных факторов.

Внутренние растягивающие напряжения, возникающие в теле обычного бетона, достигнув определенных величин, могут привести к образованию трещин [7–8]. Применение напрягающего бетона с прогнозируемыми

свойствами дает возможность конструктивно и технологично ограничить проявление усадки за счет развития деформаций расширения.

Наименьшие размеры вставок принимаются такими, чтобы деформации расширения напрягающего бетона были не меньше деформаций усадки захваток. До настоящего времени не существовало единой методики расчета требуемых размеров таких вставок, учитывающей усадку бетона армированных захваток, а также усадку и расширение напрягающего бетона вставок при наличии армирования. Имелись научные публикации и методические издания, посвященные отдельным частным вопро-

Таблица 1

Подвижность бетонной смеси		Значение $\epsilon_{sn}(\infty, 7) \cdot 10^6$ для бетона класса	
Осадка конуса, см	Жесткость, с	B5–B20	B25–B60
–	80–60	–	270
–	35–30	230	300
1–2	15–10	290	330
5–6	–	350	400
9–10	–	380	430

Таблица 2

Возраст бетона t_w , сут, в момент окончания влажного хранения	7 и менее	28	60	90	180	360 и более
ξ_{1s}	1	0,95	0,93	0,92	0,91	0,9

Таблица 3

Модуль открытой поверхности элемента M_0 , m^{-1}	0	5	10	20	40	60	80 и более
ξ_{2s}	0,22	0,54	0,66	0,92	1,1	1,18	1,22

Таблица 4

Относительная влажность среды W , %	40 и менее	50	60	70	80	90	100
ξ_{3s}	1,14	1,08	1	0,91	0,79	0,63	0

Таблица 5

Модуль открытой поверхности, m^{-1}	10 и менее	20	40	60	80 и более
Значения параметра α_s , сут	0,004	0,008	0,016	0,025	0,033

сам. В 2016 г. коллективом специалистов НИИЖБ им. А.А. Гвоздева было разработано «Руководство по проектированию монолитных водонепроницаемых конструкций из напрягающего бетона». Один из разделов этого руководства был посвящен расчету требуемых размеров вставок из напрягающего бетона. В этом документе были сведены воедино методики расчета влияния отдельных факторов, они были существенно переработаны и приведены в соответствие друг другу.

Последовательность расчета размеров вставок из напрягающего бетона является следующей:

- вычисляются предельные относительные деформации усадки в захватках из обычного бетона при твердении во влажной среде до 7 сут;
- выполняется корректировка этой величины для случая твердения во влажной среде до произвольного возраста;
- вычисляются относительные деформации усадки бетона захваток в заданном возрасте при отсутствии ограничения деформаций;
- выполняется корректировка этой величины, учитывающая стеснение деформаций усадки имеющимся армированием;
- вычисляются относительные деформации расширения напрягающего бетона вставки при наличии армирования (связанные деформации);
- вычисляются относительные деформации усадки напрягающего бетона при наличии армирования (деформации потерь);
- вычисляются относительные деформации расширения напрягающего бетона с учетом потерь;
- вычисляются размеры вставок из напрягающего бетона из условия равенства перемещений краев захваток и краёв вставок из напрягающего бетона с учетом потерь.

При выполнении расчетов предельные значения относительных деформаций усадки обычного бетона на крупном заполнителе, высыхающего после твердения во влажных условиях в течение $t_w \leq 7$ сут. $\epsilon_{sn}(\infty, 7)$ в соответствии с Рекомендациями по учету ползучести и усадки бетона при расчете бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ Госстроя СССР (М.: Стройиздат, 1988. 120 с.) принимают по табл. 1.

Для бетонов, подвергнутых тепловлажностной обработке, значения $\epsilon_{sn}(\infty, 7)$, принятые по данной таблице, следует умножить на коэффициент 0,9.

Предельные значения относительных деформаций усадки обычного бетона $\epsilon_s(\infty, t_w)$, используемые в расчетах, вычисляются по формуле:

$$\epsilon_s(\infty, t_w) = \epsilon_{sn}(\infty, 7) \xi_{1s} \xi_{2s} \xi_{3s}$$

Коэффициенты $\xi_{1s} \xi_{2s} \xi_{3s}$ определяются по табл. 2–4.

Модуль открытой поверхности элемента вычисляют по формуле:

$$M_0 = F / V,$$

где F – площадь поверхности элемента, открытой для испарения влаги, m ; V – объем элемента, m .

Для элементов типовых конструкций, климатический район эксплуатации для которых неизвестен, допускается принимать коэффициент ξ_{3s} равным 1.

Деформации усадки обычного бетона в момент времени t вычисляют по формуле (Рекомендации по учету ползучести и усадки бетона при расчете бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ Госстроя СССР):

$$\epsilon_s(t, t_w) = \epsilon_s(\infty, t_w) \left(1 - e^{-\alpha_s(t-t_w)} \right), \quad (1)$$

где $\alpha_s(\infty, t_w)$ – предельное значение относительной деформации усадки с момента начала высыхания бетонного элемента t_w ; ϵ_s – параметр, характеризующий скорость нарастания деформаций усадки во времени и принимаемый в зависимости от модуля открытой поверхности элемента по табл. 5.

Для конструкций, эксплуатируемых на открытом воздухе в районах, относящихся к IV климатической зоне, указанные в данной таблице значения параметра ϵ_s относят к началу усадки в осенний и весенний периоды года (октябрь, апрель); значения параметра ϵ_s увеличивают на 30%, если усадка начинается в летнее время года (июль) и уменьшают на 50% при начале усадки в зимнее время года (январь); в промежуточных случаях применяют линейную интерполяцию.

При наличии армирования усадка уменьшается. Уменьшение деформаций усадки обычного бетона в соответствии с результатами исследований (Применение бетонов на напрягающем цементе в монолитном и сборно-монолитном строительстве (обзор). Москва: ЦИНИС Госстроя СССР, 1975. 52 с.) учитывается коэффициентом m , вычисляемым по формуле:

$$m = 10^{-10\mu}, \quad (2)$$

где μ – коэффициент армирования.

Таким образом, при наличии армирования и с учетом выражений (1) и (2) деформации усадки обычного бетона в момент времени t вычисляются по формуле:

$$\epsilon_s(t, t_w) = m \cdot \epsilon_s(\infty, t_w) \left(1 - e^{-\alpha_s(t-t_w)} \right).$$

Деформации расширения напрягающего бетона при наличии армирования называются связанными. Обычно они вычисляются с использованием номограмм (Применение бетонов на напрягающем цементе в монолитном и сборно-монолитном строительстве (обзор). Москва: ЦИНИС Госстроя СССР, 1975. 52 с.). При разработке Руководства номограммы были оцифрованы и переведены в форму уравнения относительно величин связанных относительных деформаций ϵ_{bou} . В результате решения этого уравнения получено выражение

$$\epsilon_{bou} = \frac{1.4186}{k_{\mu}^{4/5}} S_p,$$

где S_p – марка бетона по самонапряжению, МПа.

Таблица 6

Коэффициент армирования μ	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007
Параметр k_{μ}	1100	2236	4278	5883	8083	9864	12191
Коэффициент армирования μ	0,008	0,009	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05 и более
Параметр k_{μ}	14395	16463	20702	41404	55206	82809	110412

Таблица 7

Расход вяжущего (ПЦ+РД), кг/м ³	Относительная влажность, %				
	30	50	70	90	95
375	$1,2 \times 10^{-3}$	9×10^{-4}	6×10^{-4}	3×10^{-4}	1×10^{-4}
500	$1,4 \times 10^{-3}$	1×10^{-3}	7×10^{-4}	$3,5 \times 10^{-4}$	$1,5 \times 10^{-4}$
625	$1,5 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-3}$	8×10^{-4}	4×10^{-4}	2×10^{-4}
750	$1,7 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-3}$	$9,5 \times 10^{-4}$	7×10^{-4}	$2,5 \times 10^{-4}$
1000	2×10^{-3}	$1,25 \times 10^{-3}$	$1,05 \times 10^{-3}$	$8,5 \times 10^{-3}$	3×10^{-4}

При этом параметр k_{μ} принимается по табл. 6.

Напрягающий бетон также подвержен усадке. Эти деформации усадки составляют потери расширения и учитываются при вычислении окончательных деформаций вставок из напрягающего бетона. Усадку напрягающего бетона при наличии армирования вычисляют, основываясь на опытных данных для коэффициента армирования 0,01 (1%). Относительные деформации $\epsilon_{0,01}$ усадки напрягающего бетона при коэффициенте армирования $\mu = 0,01$ принимают по табл. 7.

Список литературы

1. Барабанщиков Ю.Г., Архарова А.А., Терновский М.В. Бетон с пониженной усадкой и ползучестью // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2014. № 7 (22). С. 52–165.
2. Титова Л.А., Титов М.Ю., Крылов С.Б., Харитонов В.А. Бесшовные конструкции большой протяженности из напрягающего бетона с разработкой математической модели // *Промышленное и гражданское строительство*. 2017. № 1. С. 45–49.
3. Михайлов В. В., Литвер С. Л. Расширяющийся и напрягающий цементы и самонапряженные железобетонные конструкции. М.: Стройиздат, 1974. 312 с.
4. Кузнецова Т.В. Алюминатные и сульфалоюминатные цементы. М.: Стройиздат, 1986. С. 208 с.
5. Титов М. Ю. Эффективность применения расширяющих добавок для водонепроницаемых конструкций // *Бетон и железобетон – взгляд в будущее: Науч. тр. III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону*. Москва, 2014. Т. 6. С. 63–70.
6. Лесовик В.С., Гридчина А.А. Монолитные бетоны на основе расширяющих добавок и химических модификаторов // *Строительные материалы*. 2015. № 8. С. 81–83.
7. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. М.: Стройиздат, 1996. 416 с.
8. Ходжаев С.А. Особенности физико-механических свойств напрягающих бетонов в сборных и монолитных конструкциях // *Бетон и железобетон*. 2001. № 4. С. 20–23.
9. Якобсон М.Я., Тропин В.В., Зейфер А.Р., Починкин И.И. Высокоскоростная технология возведения промышленных зданий из большепролетных предварительно напряженных железобетонных конструкций // *Системные технологии*. 2016. № 19. С. 132–136.
10. Звездов А.И., Титов М.Ю. Бетоны с компенсированной усадкой для возведения трещиностойких конструкций большой протяженности // *Бетон и железобетон*. 2001. № 4. С. 17–20.

Для произвольного коэффициента армирования μ относительные деформации усадки напрягающего бетона вычисляются по формуле

$$\epsilon_{\mu} = \epsilon_{0,01} \cdot 10^{-10\mu+0,1}.$$

Эта формула записана на основании зависимости (2) при условии, что коэффициент армирования $\mu = 0,01$ уже учтен.

Относительная деформация расширения вставки ϵ_{in} из напрягающего бетона при наличии армирования после проявления потерь вычисляется по формуле

$$\epsilon_{in} = \epsilon_{bou} - \epsilon_{\mu}.$$

Для компенсации усадки участка конструкции из обычного бетона, перемещения границы вставки из напрягающего бетона при расширении с учетом потерь должны быть не

меньше перемещений границы участка из обычного бетона с учетом вычисленных величин относительных деформаций и длин соответствующих участков.

Проведённые тестовые расчеты показали, что разработанная методика дает результаты, которые подтверждаются накопленным опытом применения бетонов с компенсированной усадкой при устройстве протяженных бесшовных конструкций. Данная методика рекомендуется к применению при проектировании бесшовных протяженных конструкций [2, 10].

References

1. Barabanshchikov Yu.G., Arkharov A.A., Ternovsky M.V. Beton with the lowered shrinkage and creep. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy*. 2014. No. 7 (22), pp. 52–165.
2. Titova L.A., Titov M.Yu., Krylov S.B., Haritonov V.A. Seamless designs of big extent from the straining concrete with development of mathematical model. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2017. No. 1, pp. 45–49.
3. Mikhaylov V.V., Litver S.L. Rasshiryayushchiiya i napryagayushchii tsementy i samonapryazhennyye zhelezobetonnyye konstruksii [The extending and straining cements and self-intense reinforced concrete designs]. Moscow: Stroyizdat. 1974. 312 p.
4. Kuznetsova T.V. Alyuminatnye i sul'foalyuminatnye tsementy [Alyuminatnye and sulfoalyuminatny cements]. Moscow: Stroyizdat, 1986. 208 p.
5. Titov M.Yu. Efficiency of use of the expanding additives for waterproof designs. *Beton i zhelezobeton – vzglyad v budushchee. Nauch. tr. III Vserossiiskoi (II Mezhdunarodnoi) konferentsii po betonu i zhelezobetonu*. Moscow, 2014. Vol. 6, pp. 63–70. (In Russian).
6. Lesovik V.S., Gridchina A.A. Monolithic concrete on the basis of the expanding additives and chemical modifiers. *Stroitel'nye materialy* [Construction materials]. 2015. No. 8, pp. 81–83.
7. Karpenko N.I. Obshchie modeli mekhaniki zhelezobetonna [General models of mechanics of reinforced concrete]. Moscow: Stroyizdat. 1996. 416 p.
8. Hodzhayev S.A. Features of physicommechanical properties of the straining concrete in combined and monolithic designs. *Beton i zhelezobeton*. 2001. No. 4, pp. 20–23.
9. Jacobson M.Ja., Tropin V.V., Zeyfer A.R., Pochinkin I.I. High-speed technology of construction of industrial buildings from the wide-span previously strained reinforced concrete designs. *Sistemnye tekhnologii*. 2016. No. 19, pp. 132–136.
10. Zvezdov A.I., Titov M.Yu. Concrete with the compensated shrinkage for construction of crack-proof designs of big extent. *Beton i zhelezobeton*. 2001. No. 4, pp. 17–20.

М.Р. НУРТДИНОВ, инженер (nikerunner@yandex.ru), А.Ф. БУРЬЯНОВ, д-р техн. наук (rga-service@mail.ru), В.Г. СОЛОВЬЁВ, канд. техн. наук (s_vadim_g@mail.ru)

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

Повышение эффективности применения композитной стеклопластиковой фибры в бетонах

Приведены результаты исследований по повышению свойств фибробетонов, дисперсно-армированных композитной стеклопластиковой фиброй. Повышение эффективности стеклопластиковой фибры достигалось за счет модифицирования бетонной матрицы расширяющей добавкой до 15% и водорастворимой смолой до 2% от массы цемента. Эффективность введения добавок оценивалась по значениям нагрузки вырыва отдельных фибр из бетонной матрицы, которые определялись по специально разработанной методике. Установлена взаимосвязь между численными значениями нагрузки вырыва фибры и прочностными характеристиками фибробетона. Определено, что максимальная нагрузка при вырыве композитной стеклопластиковой фибры повышается на 75% при модифицировании цементной матрицы расширяющей добавкой РД и водорастворимой эпоксидной смолой ДЭГ-1, что приводит к возрастанию прочности на растяжение при изгибе фибробетона на 31,1%.

Ключевые слова: композитная стеклопластиковая фибра, нагрузка при вырыве, бетон, расширяющая добавка, водорастворимая эпоксидная смола.

Для цитирования: Нуртдинов М.Р., Бурьянов А.Ф., Соловьёв В.Г. Повышение эффективности применения композитной стеклопластиковой фибры в бетонах // *Строительные материалы*. 2017. № 4. С. 68–71.

M.R. NURTDINOV, Engineer (nikerunner@yandex.ru), A.F. BUR'YANOV, Doctor of Sciences (Engineering), V.G. SOLOV'EV, Candidate of Sciences (Engineering)
National Research Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavskoe Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

Improving the Efficiency of the Use of Composite Glass Plastic Fiber in Concretes

Results of the research in improving the properties of fiber concretes disperse reinforced with composite glass plastic fiber are presented. Improving the efficiency of glass plastic fiber is reached due to the modification of a concrete matrix with an expanding additive up to 15% and water soluble resin up to 2% of the cement mass. The efficiency of additives introduction is assessed according to values of the extraction load of some fibers from the concrete matrix; these values are determined according to the specially developed methods. The interrelation between numerical values of loads of fiber extraction and strength characteristics of fiber concrete has been established. It is determined that the maximum load in the course of extraction of composite glass plastic fiber is increased by 75% when the cement matrix is modified with the expansion agent RD and water soluble resin DEG-1 that leads to improving the tensile strength, when the fiber concrete is bended, by 31.1%.

Keywords: composite glass plastic fiber, extraction load, concrete, expansion agent, water soluble epoxy resin.

For citation: Nurtudinov M.R., Bur'yanov A.F., Solov'ev V.G. Improving the efficiency of the use of composite glass plastic fiber in concretes. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 4, pp. 68–71. (In Russian).

В настоящее время все более широкое применение в строительстве находят фибробетоны с использованием неметаллической высокомодульной фибры – базальтовой, стеклянной, углеродной. Обладая более высокими показателями модуля упругости и прочности при разрыве, чем бетон, эти виды фибры показывают меньшую эффективность по сравнению со стальной фиброй в связи с различными размерами и формой, адгезией к бетонной матрице и другими факторами [1–3]. Одним из наиболее перспективных аналогов стальной фибры в настоящее время является композитная стеклопластиковая фибра (рис. 1), которая представляет собой стеклянные волокна, пропитанные отвержденным полимерным связующим. Такая фибра имеет сопоставимые со стальной фиброй параметры (длина 40 мм, толщина 0,7–0,9 мм, геометрический фактор 45–60), плотность 1504 кг/м³, модуль упругости порядка 40–50 ГПа; устойчива к воздействию щелочи и существенно влияет на теплофизические свойства бетона. Одним из недостатков такой фибры является низкая адгезия к цементному камню, которая существенно снижает эффективность ее применения в бетонах [1]. Увеличить адгезию между композитной фиброй и цементным камнем возможно путем введения добавок, изменяющих структуру и свойства бетонной матрицы [4, 5].

Для оценки эффективности заделки композитной фибры в бетонную матрицу была разработана методика, позволяющая определить это значение, а также оценить характер их взаимодействия при нагружении.

Для проведения испытаний отдельные образцы фибры заделывались в бетонные кубы размером 2×2×2 см на глубину 10 мм. Перед установкой образцы фибры с одной стороны заделывались в алюминиевые трубки длиной 5 см, внутрь которых заливалась эпоксидная смола ЭД-20, смешанная с отвердителем № 620. Вертикальность установки образцов и повторяемость глубины погружения обеспечивалась специальным центрирующим устройством, которое обеспечило точность заделки в бетон ±0,25 мм. В связи с небольшим размером образцов и значительным влиянием формы отдельных фибр на результаты испытаний количество образцов, испытываемых в одной серии, было равно двадцати.

В качестве модификаторов структуры бетонной матрицы для повышения эффективности заделки композитной фибры были выбраны два вида добавок – расширяющая добавка РД (изготовитель ООО «Консолит», ТУ 5743-001-54793637–2013) и водорастворимая смола ДЭГ-1 (изготовитель ООО «Полимерные композиции», ТУ 2225-053-10488057–2010) с отвердителем № 620. Выбор расширяющей добавки обусловлен воз-

Таблица 1

Составы модифицированных мелкозернистых бетонов

Содержание компонентов	Номер состава							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Вода, л	267	263	260	256	265	263	258	254
Цемент, кг	670	660	650	640	660	660	650	640
Песок, кг	1330	1315	1300	1280	1325	1320	1295	1275
Смола ДЭГ-1, кг	0	0	0	0	6,5	13	6,5	6,5
Отвердитель № 620, кг	0	0	0	0	1,3	2,4	1,3	1,3
Расширяющая добавка РД, кг	0	33	65	96	0	0	65	96
Гиперпластификатор, л	6	6	10	10	6	6	6	6

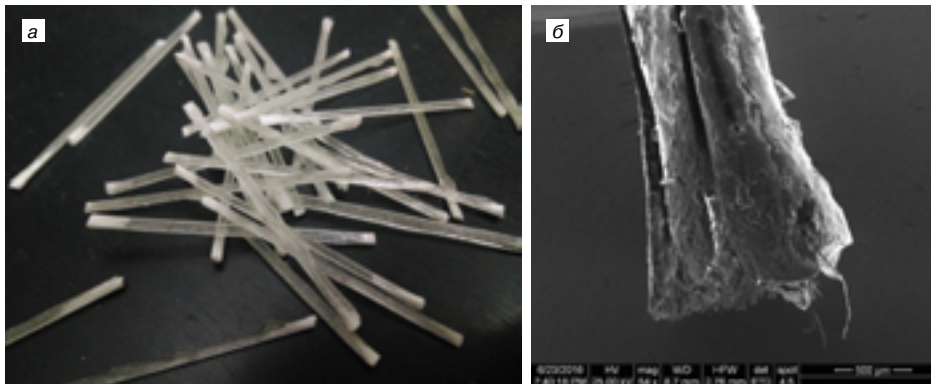


Рис. 1. Стеклопластиковая композитная фибра: а – общий вид; б – увеличение в 54 раза

никновением дополнительных напряжений на границе фибра–матрица при ее введении в фибробетоны [6, 7]. Водорастворимая смола ДЭГ-1 вводилась для повышения содержания полимерного компонента в бетонной матрице и увеличения адгезии к фибре [8]. Составы модифицированных мелкозернистых бетонов, использованные в исследовании, приведены в табл. 1. Для проведения исследований использовался портландцемент ЦЕМ II/А-К 42,5 Н (ГОСТ 31108–2016), речной песок с модулем крупности 1,8 (ГОСТ 8736–2014), гиперпластификатор Glenium Sky 591.

Все изготовленные образцы выдерживались 28 сут в камере нормального твердения, после чего проводились испытания по определению нагрузок и деформаций при вырыве фибры из бетона.

В связи с отсутствием разработанной и утвержденной документации по определению усилия вырыва единичных образцов фибры из бетона была использована собственная методика испытания.

Алюминиевая трубка подготовленного образца напрямую зажималась в губках испытательного устройства Instron 3382. Для исключения влияния дополнительного обжатия на фибру, заделанную в бетон, недопустимо защемление кубического образца в губках пресса. Поэтому изготовлено специальное удерживающее металлическое устройство из двух жестких пластин и четырех стержней. Данная рама позволяла передавать на образец только вырывающее усилие. В центре верхней пластины имелось отверстие, куда продевался образец до упора в пластину, а край образца с алюминиевой гильзой защемлялся в губках. Рама фиксировалась за счет затяжки дополнительного стержня, установленного в центре противоположной пластины. Схема проведения испытания приведена на рис. 2.

После закрепления образца с рамой на испытательном стенде создавалось предварительное усилие натя-

жения образца от 20 до 40 Н, после чего начиналось нагружение образца с постоянной скоростью 5 Н/с.

В большинстве случаев после окончания испытания фиксировалась деформация верхнего полимерного слоя фибры, и только в отдельных случаях происходило разрушение части фибры, заделанной в бетон, например трещины, скалывание краев, а у бетонного куба – вырыв материала в зоне установки фибры. Наиболее вероятная причина подобных разрушений – неравномерность толщины фибры по длине. При небольшой длине утолщенной части фибры происходило разрушение по фибре, скол края. Если длина утолщенной зоны фибры превышала половину глубины заделки, кусок бетона вырывался в виде конуса или наблюдалось полное разрушение бетонного образца. Общее количество аномальных разрушений образцов в серии не превышало 15 %.

Анализ результатов испытаний всех серий образцов позволил установить основные типы разрушений при вырыве фибры из бетона, диаграммы которых приведены на рис. 3.

На рис. 3, а показано, что усилие вырыва развивается равномерно и, достигнув пиковой точки, идет на спад из-за увеличивающегося проскальзывания фибры

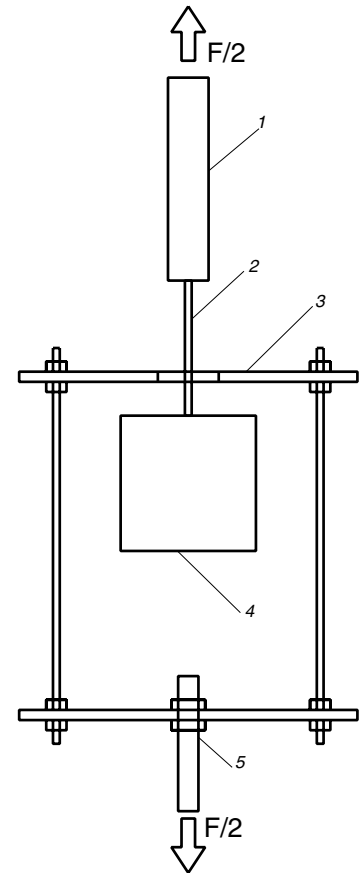


Рис. 2. Схема испытания по определению вырыва фибры из бетонной матрицы: 1 – алюминиевая трубка; 2 – фибра; 3 – стальная пластина; 4 – бетонный куб; 5 – стержень для фиксации рамы

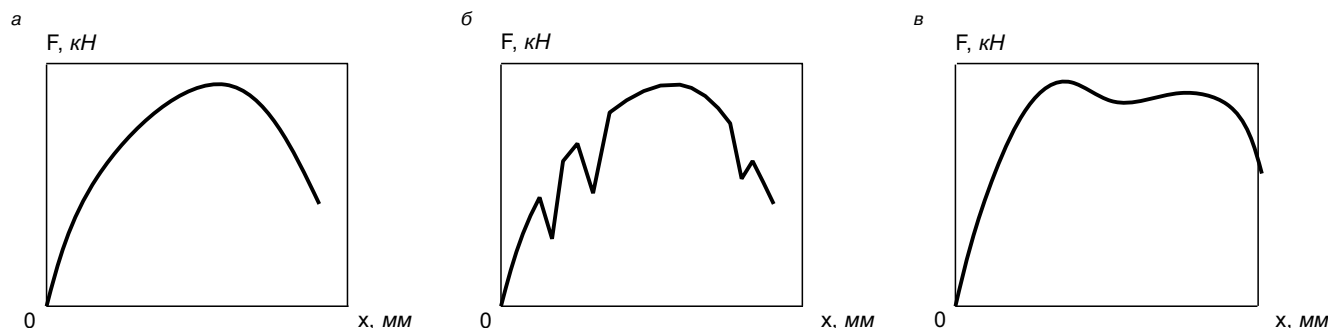


Рис. 3. Диаграммы «нагрузка–деформации» при вырыве фибры из бетонной матрицы: а – равномерное развитие усилия вырыва; б – скачкообразное развитие усилия вырыва; в – развитие усилия, когда после первого проскальзывания наблюдается площадка с постоянной нагрузкой порядка 80% от максимального значения и возрастающими деформациями

за счет снижения площади сцепления ее поверхности с бетоном. На рис. 3, б возрастание и снижение нагрузки происходит скачкообразно. Провалы в графике объясняются локальными разрушениями выпуклых частей полимерной смолы на поверхности фибры с бетоном, что приводит к ее частичному проскальзыванию. На рис. 3, в приведен третий тип диаграммы, в которой после первого проскальзывания наблюдается площадка с постоянной нагрузкой порядка 80% от максимального значения и возрастающими деформациями. Причиной такого развития напряжений и деформаций является размер фибры, имеющей расширяющуюся часть ближе к концу (рис. 1). При такой форме, несмотря на снижение площади трения фибры при выскальзывании из бетонной матрицы, происходит ее обжатие в теле бетона, что в итоге повышает максимальную нагрузку при вырыве. Во всех сериях образцов были зафиксированы все три типа разрушений, а это указывает на то, что конфигурация отдельной фибры является определяющей при ее вырыве из бетона, а модификация бетонной матрицы приводят к изменению численных параметров. Вид бетона или его модификация не оказывают влияния на характер и вид диаграмм «нагрузка–деформация», а изменяют только численные значения максимальной нагрузки при вырыве.

Для определения влияния стеклопластиковой фибры на свойства фибробетонов были изготовлены образцы в соответствии с требованиями действующих нормативных документов и проведены испытания. Количество композитной стеклопластиковой фибры во всех составах было одинаково и составляло 1,5% по объему. Результаты проведенных испытаний по определению водопоглощения, прочности при сжатии и прочности на растяжение при изгибе приведены в табл. 2. В ходе экспериментальных исследований установлено, что при введении водорастворимой эпоксидной смолы ДЭГ-1 в количестве 1 и 2% от массы цемента, максимальное значение нагрузки при вырыве фибры повышается на 16 и 32%, до 0,27 и 0,3 кН. Расширяющая добавка РД при введении в бетонную матрицу в количестве 5, 10 и 15% по массе повышает нагрузку при вырыве фибры на 26, 31 и 40%, до 0,29, 0,3 и 0,32 кН соответственно. Максимальный эффект от модифицирования бетонной матрицы был достигнут при совместном введении расширяющей добавки в количестве 10% и смолы ДЭГ-1 в количестве 1% от массы цемента. При этом нагрузка при вырыве повысилась на 75%, до 0,4 кН, а прочность на растяжение при изгибе на 31,1%, до 8,05 МПа. Прочность при сжатии исследованных фибробетонов повысилась во всех составах с 39 до 48,4–70,6 МПа, при этом очевидная взаимосвязь с предельными нагрузками при вырыве фибры не прослеживается. При анализе изменения свойств составов

Таблица 2

Свойства модифицированных фибробетонов

Номер состава	Вид добавки, содержание добавки, % от массы цемента	Водопоглощение, %	Средняя прочность при сжатии, МПа	Средняя нагрузка при вырыве фибры F, кН	Изменение нагрузки при вырыве фибры, %	Средняя прочность на растяжение при изгибе, МПа	Изменение средней прочности на растяжение при изгибе, %
1	–	6,5	39,0	0,23	0	6,14	0
2	РД, 5	6,4	61,7	0,29	26	6,36	3,6
3	РД, 10	6,6	70,6	0,3	31	6,72	9,4
4	РД, 15	6,2	67,8	0,32	40	6,76	10,1
5	ДЭГ, 1	6	48,4	0,27	16	6,37	3,7
6	ДЭГ, 2	4,5	61,7	0,3	32	6,84	11,4
7	РД, 10 ДЭГ, 1	5,3	69,9	0,4	75	8,05	31,1
8	РД, 15 ДЭГ, 1	5,2	67,5	0,31	36	7,07	15,1

фибробетона определено, что прочность на растяжение при изгибе фибробетонов увеличивается на 9,4–31,1% при повышении максимальной нагрузки при вырыве фибры из бетонной матрицы более чем на 30% по сравнению с контрольным составом. Зависимость прочности на растяжение при изгибе фибробетона от степени нагрузки при вырыве для композитной стеклопластиковой фибры явно имеет нелинейный характер и может быть установлена по результатам дополнительных исследований.

В результате проведенных исследований установлено, что при модифицировании цементной матрицы расширяющей добавкой РД и водорастворимой эпоксидной смолой ДЭГ-1 максимальная нагрузка при вырыве из нее композитной стеклопластиковой фибры повышается до 75%, что хорошо коррелируется с показателями по возрастанию прочности на растяжение при изгибе полученных фибробетонов до 31,1%. Установленная возможность повышения эффективности работы композитной стеклопластиковой фибры за счет модифицирования состава и свойств бетонной матрицы позволит найти ей более широкое применение при производстве различных изделий и конструкций.

Список литературы

1. Nurtudinov M., Solovyev V., Panchenko A. Influence of composite fibers on the properties of heavy concrete // *MATEC Web of Conferences*. 2016. November. Vol. 86. Article number 04026. Doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/20168604026>.
2. Хотеев Е.А. О перспективах применения в России стеклопластиковых армирующих элементов на основе европейского опыта // *Транспортное строительство*. 2015. № 1. С. 10–13.
3. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. М.: АСВ, 2011. 642 с.
4. Соловьев В.Г., Бурьянов А.Ф., Елсуфьева М.С. Особенности производства сталефибробетонных изделий и конструкций // *Строительные материалы*. 2014. № 3. С. 18–21.
5. Соловьев В.Г., Бурьянов А.Ф., Фишер Х.-Б. Особенности формирования структуры сталефибробетона при тепловой обработке // *Строительные материалы*. 2015. № 9. С. 43–46.
6. Елсуфьева М.С., Соловьев В.Г., Бурьянов А.Ф. Применение расширяющихся добавок в сталефибробетоне // *Строительные материалы*. 2014. № 8. С. 60–63.
7. Елсуфьева М.С., Соловьев В.Г., Бурьянов А.Ф., Нуртдинов М.Р., Какуша В.А. Оценка досрочного изменения свойств сталефибробетонов с расширяющимися добавками // *Строительные материалы*. 2015. № 7. С. 21–23.
8. Нуртдинов М.Р., Бурьянов А.Ф. Влияние водорастворимой эпоксидной смолы ДЭГ-1 совместно с супер- и гиперпластификаторами на свойства мелкозернистых бетонов // *Сборник тезисов докладов международной научно-технической конференции «Высокопрочные цементные бетоны: технологии, конструкции, экономика (ВПБ-2016)»*. Казань: КазГАСУ, 2016. С. 47.

References

1. Nurtudinov M., Solovyev V., Panchenko A. Influence of composite fibers on the properties of heavy concrete. *MATEC Web of Conferences*. 2016. November. Vol. 86. Article number 04026. Doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/20168604026>.
2. Khoteev E.A. About the prospects of using fiberglass reinforcing elements in Russia on the basis of the European experience. *Transportnoe stroitel'stvo*. 2015. No. 1, pp. 10–13. (In Russian).
3. Rabinovich F.N. Kompozity na osnove dispersno-armirovannykh betonov [Composites based on fiber reinforced concrete]. Moscow: ASV. 2011. 642 p.
4. Solov'ev V.G., Bur'yanov A.F., El'suf'eva M.S. Features of production of steel fiber concrete products and structures. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 3, pp. 18–21. (In Russian).
5. Solov'ev V.G., Bur'yanov A.F., Fisher Kh.-B. Features of the formation of the structure of steel fiber concrete during heat treatment. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 9, pp. 43–46. (In Russian).
6. El'suf'eva M.S., Solov'ev V.G., Bur'yanov A.F. Application of expanding additives in steel fiber concrete. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 8, pp. 60–63. (In Russian).
7. El'suf'eva M.S., Solov'ev V.G., Buryanov A.F., Nurtudinov M.R., Kakuasha V.A. Evaluation of early changes in the properties of steel fiber reinforced concrete with expanding additives. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 7, pp. 21–23. (In Russian).
8. Nurtudinov M.R., Bur'yanov A.F. Influence of water-soluble DEG-1 epoxy together with super- and hyperplasticizer on properties of fine-grained concrete. *The collection of abstracts of reports of the international scientific and technical conference "High strength cement concretes: technologies, structures, economics (VBB-2016)"*. Kazan: KazGASU. 2016, pp. 47. (In Russian).



Главное событие
строительного рынка
и смежных отраслей
Алтайского края

| Качественные деловые контакты |
| Широкие возможности для продвижения |
| Эффективные продажи |

22-я Межрегиональная
специализированная выставка

**Строительство
Благоустройство
Интерьер'2017**

17–19
мая

г. Барнаул
ТРЦ «Арена»
Выставочно-конгрессный
центр «Атлас» (2-й этаж)
открытая уличная площадка

По вопросам участия обращаться:
(3852) 65–88–44 | altfair@altfair.ru
www.stroyka.altfair.ru

Организаторы выставки:
· ЗАО «Алтайская ярмарка»;
· ООО «Современные
выставочные технологии».

О.В. КРИВОШАПКИНА, инженер (firelab_vniipo@mail.ru), Н.И. КОНСТАНТИНОВА, д-р техн. наук;
А.А. МЕРКУЛОВ, инженер, А.Ю. ШЕБЕКО, канд. техн. наук

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12)

Оценка способности распространения пламени по поверхности лакокрасочных покрытий

Рассмотрены методы оценки распространения пламени по поверхности лакокрасочных покрытий (ЛКП), относящихся к отделочным строительным материалам, согласно требованиям отечественных нормативных документов и зарубежных стандартов. Проведены экспериментальные исследования по оценке группы воспламеняемости, индекса распространения пламени и линейной скорости распространения пламени (ЛСРП) по поверхности различных видов ЛКП, используемых в качестве отделочных и защитных покрытий в зданиях и сооружениях. Выполнен анализ результатов испытаний, установлены зависимости показателей пожарной опасности от состава и толщины покрытий, выявлены наиболее пожароопасные композиционные ЛКП, используемые для отделки помещений зданий и сооружений. Показана необходимость определения ЛСРП для целей проведения расчетов динамики развития пожара в помещениях зданий и сооружений, а также для расчета сил и средств при тушении пожаров.

Ключевые слова: лакокрасочные покрытия, распространение пламени по поверхности материала, группа воспламеняемости, индекс распространения пламени, линейная скорость распространения пламени.

Для цитирования: Кривошапкина О.В., Константинова Н.И., Меркулов А.А., Шебеко А.Ю. Оценка способности распространения пламени по поверхности лакокрасочных покрытий // *Строительные материалы*. 2017. № 4. С. 72–76.

O.V. KRIVOSHAPKINA, Engineer, (firelab_vniipo@mail.ru), N.I. KONSTANTINOVA, Doctor of Sciences (Engineering),
A.A. MERKULOV, Engineer, A.Yu. SHEBEKO, Candidate of Sciences (Engineering)
FGBU «The Badge of Honour All-Russian Research Institute for Fire Protection, Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (FGBU VNIPO of EMERCOM of Russia) (12, mkr. VNIPO, Balashikha, 143900 Moscow Region, Russian Federation)

Assessment of Flame Ability to Spread on the Surface of Paint-and-Lacquer Coating

Methods for assessing the flame spread on the surface of paint-and lacquer coatings (PLC) relating to construction materials according to domestic normative documents and foreign standards are considered. Experimental assessment studies of a flammability group, flame spread index and linear speed of flame propagation (LSFP) on the surface of various types of PLC used as finishing and protective coatings in buildings and structures have been conducted. An analysis of test results has been made, dependences of fire danger indicators on the composition and thickness of coatings have been established, the most fire dangerous composite PLC used for finishing of premises of buildings and structures have been revealed. The necessity to determine LSFP for conducting calculations of fire development dynamics in premises of buildings and structures as well as for the calculation of forces and means for fire extinguishing is shown.

Keywords: paint-and lacquer coatings, flame spread on surface of material, flammability group, index of flame spread, linear speed of flame spread.

For citation: Krivoshapkina O.V., Konstantinova N.I., Merkulov A.A., Shebeko A.Yu. Assessment of flame ability to spread on the surface of paint-and-lacquer coating. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 4, pp. 72–76. (In Russian).

Общие тенденции развития строительной индустрии последних лет свидетельствуют о значительном росте применения лакокрасочных материалов (ЛКМ) в качестве отделочных. Наряду с российскими производителями лакокрасочных материалов достаточно активную позицию на рынке занимает продукция иностранных фирм [1].

ЛКМ отличаются по виду, химическому составу (роду пленкообразующего вещества) и преимущественному назначению [2].

В зависимости от требований к защищаемой поверхности, области ее применения и условий эксплуатации осуществляют выбор определенных групп ЛКМ и способа их нанесения [3, 4].

Способность лакокрасочных покрытий (ЛКП) к воспламенению и распространению пламени по поверхности определяет необходимость изучения закономерностей возникновения и развития процесса горения ЛКП [5, 6], дальнейшего развития нормативной базы, регламентирующей их пожарную безопасность при использовании на различных объектах, а также совершенствование методологии оценки параметров пожарной опасности.

Актуальность этой проблемы обусловлена возможностью распространения пламени по поверхности ЛКП

[7], до этого рассматриваемой как барьер для его распространения. Так, например, размер очага пожара для случая образования и воспламенения пролива горячей жидкости ограничен площадью пролива и не предполагает возможности распространения по поверхностям стен и конструкций, покрытых ЛКП.

Объективная оценка распространения пламени по поверхности и установление нормативных требований по пожаробезопасному применению лакокрасочных покрытий, которые используют для отделки в строительстве, позволяют решать вопросы своевременной эвакуации людей при пожаре и ликвидировать пожары с минимальным материальным ущербом.

В России для строительных материалов, в том числе и ЛКП, способность распространения пламени по поверхности определяют только для покрытий полов и кровельных материалов согласно методу ГОСТ Р 51032–97 («Материалы строительные. Метод испытания на распространение пламени»), оценивающего критическую поверхностную плотность теплового потока в зависимости от длины распространения пламени по поверхности образца материала в результате воздействия лучистого теплового потока.

Оценка параметров распространения пламени по поверхности отделочных материалов обязательна для

речного судостроения и железнодорожного транспорта и отражена в соответствующих нормативных документах, а в качестве характеристики используется индекс распространения пламени, определяемый согласно методике Правил РПП 2015 [1] и ГОСТ 12.1.044–89 («ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей» (п. 4.19). Для материалов обшивки, переборок, подволоков и палуб, используемых на морских судах, определяют величину поверхностной воспламеняемости согласно Международному кодексу по применению процедур испытания на огнестойкость 2010 г. (Кодекс ПИО 2010, резолюция MSC.307(88) ИМО), характеризующуюся параметрами теплового потока, при которых возможно распространение фронта пламени.

Согласно ГОСТ 12.1.044–89 (п. 4.19) для твердых веществ и материалов проводят оценку способности распространения пламени по поверхности образца материала при одновременном воздействии источника лучистого теплового потока максимальной поверхностной плотности, соответствующей (32 ± 3) кВт/м² и пламени газовой горелки. По результатам определения значений таких параметров, как время воспламенения образца, время прохождения фронтом пламени контрольных точек на поверхности образца, длина распространения пламени, температура отходящих газов и время достижения ее максимального значения, рассчитывают индекс распространения пламени (I) – условный безразмерный показатель, характеризующий способность материалов или веществ воспламениться, распространять пламя по поверхности и выделять тепло.

Параметры распространения пламени для материалов обшивки, переборок, подволоков и палуб проводят согласно ISO 5658–2 (Reaction to fire tests – Spread of flame – Part 2: Lateral spread on building products in vertical configuration.), в котором образцы в вертикальном положении подвергаются воздействию теплового потока, создаваемого радиационной панелью и пламенем запальной газовой горелки. В процессе испытаний регистрируют время воспламенения и распространения пламени вдоль образца, а также по результатам экспериментов устанавливают следующие параметры:

– CFE – критический тепловой поток при затухании (кВт/м²) – значение плотности теплового потока в точке, расположенной на максимальном расстоянии от края образца по его центральной оси, до которой распространился фронт пламени;

– Q_{sb} – средняя теплота устойчивого горения (МДж/м²) – среднее значение величин теплот устойчивого горения, измеренных в контрольных точках с шагом 50 мм, находящихся в пределах от 150 до 400 мм включительно (или конечное положение распространения фронта пламени, если испытание завершается до момента достижения фронтом пламени контрольной точки 400 мм);

– Q_t – общее тепловыделение (МДж) – площадь под кривой изменения интенсивности тепловыделения материала за время испытаний;

– Q_p – предельное значение теплового излучения (кВт) – максимальное значение интенсивности тепловыделения за время испытания.

Материалы, имеющие среднее значение величин для всех критериев поверхностной воспламеняемости, удовлетворяющие перечисленным значениям, приведенным в табл. 1, и считаются отвечающими требованиям ISO 5658–2 для материалов с медленным распространением пламени.

В методологию определения пожарной опасности строительных материалов в странах Евросоюза входят характеристики распространения пламени по поверхности для напольных покрытий согласно EN ISO 9239–1, а также для стен и потолков согласно EN ISO 13823 (SBI).

Метод, приведенный в EN ISO 9239–1, оценивает способность материала покрытий полов распространять пламя по поверхности под воздействием внешнего лучистого теплового потока при одновременном огневом воздействии на участок поверхности пилотным источником зажигания.

Согласно методу по EN ISO 13 823 (SBI) в процессе эксперимента фиксируют значения бокового распространения пламени, скорости выделения тепла, а также возможность образования горящих капель и скорость дымовыделения для образцов, состоящих из двух вертикально расположенных фрагментов стен, образующих между собой угол 90°. Единичная горелка воздействует на образец в течение 20 мин, после чего подачу газа прекращают и определяют по длинному «крылу» образца максимальное расстояние, на которое распространилось пламя.

В нормативных документах многих зарубежных национальных систем по оценке пожарной опасности строительных материалов также предусмотрено определение параметров распространения пламени: PN-B-02872:1996; BS 476:Part 6:1998+A1:2009, ASTM E162–98, как в вертикальном, так и в горизонтальном положении.

Согласно экспериментальным данным, полученным при изучении влияния химического состава ЛКМ и толщины ЛКП на пожароопасные характеристики [8], существует опасность распространения пламени по вертикальной окрашенной поверхности на значительные расстояния.

Такая характеристика, как скорость распространения пламени по поверхности строительных материалов, является важной величиной, определяющей характер распространения пожара в зданиях. Методы оценки ее параметров, как правило, подразумевают одновременное воздействие источника излучения определенной мощности и пламени пилотной горелки. Результатом измерений может являться критическая величина теплового потока, при котором фронт пламени распространится на максимальное расстояние по поверхности материала, или безразмерная величина значения индекса распространения пламени, учитывающая характеристики поступательного линейного движения фронта пламени и температуру образующихся при горении дымовых газов.

Авторами статьи были проведены экспериментальные исследования с целью оценки параметров пожарной опасности, в том числе возможности получения численных значений линейной скорости распространения пламени (ЛСРП) по поверхности ЛКП, как одного из показателей, необходимых для проведения расчетов динамики развития пожара в помещениях зданий и сооружений.

Для этого был выбран ряд различных по химическому составу лакокрасочных покрытий, в том числе ком-

Таблица 1

Критерий	Переборка, зашивки стены и подволока	Покрытия настила	Первичные палубные покрытия
CFE, кВт/м ²	≥ 20	≥ 7	≥ 7
Q_{sb} , МДж/м ²	≥ 1,5	≥ 0,25	≥ 0,25
Q_t , МДж	≤ 0,7	≤ 2	≤ 2
Q_p , кВт	≤ 4	≤ 10	≤ 10
Горячие капли	Не образуются	Не более 10 капель	Не образуются

Таблица 2

Наименование (характеристика) лакокрасочного покрытия (эмали)	Толщина, мкм	Группа воспламеняемости (ГОСТ 30402–96)/ КППТП*, кВт/м ² / время воспламенения образца, с	Индекс распространения пламени (ГОСТ 12.1.044–89, п. 4.19)	Линейная скорость распространения пламени, м/с (методика ГОСТ 12.1.044–89, п. 4.19)
Эмаль пентафталевая	200	B1 / 35/ 405	1,2	1,3×10 ⁻⁴
	500	B2 / 20/ 286	21,4	1,95×10 ⁻³
Краска водно-дисперсионная акриловая	200	B1 / более 50	0,5	0
	500	B1 / более 35	1,8	1,9×10 ⁻⁴
Комплексное покрытие (двухкомпонентная эпоксидная шпатлевка, трехкомпонентная эпоксидная эмаль)	300	B2 / 20/ 608	7,4	1,69×10 ⁻⁴
	400	B2 / 20/ 496	21,7	2,1×10 ⁻⁴
Комплексное покрытие (двухкомпонентная цинко-содержащая полиуретановая грунтовка, акрилуретановая эмаль)	300	B2 / 20/ 334	10,6	1,15×10 ⁻⁴
	400	B3 / 15/ 204	25,3	1,48×10 ⁻³
Комплексное покрытие (органосиликатная двухкомпонентная эмаль, кремнийорганический лак)	300	B2/ 25/ 305	7,3	5,64×10 ⁻⁴
	400	B3/ 15/ 285	14,9	7,43×10 ⁻⁴
	500	B3/ 15/ 125	23,6	1,21×10 ⁻³
Однокомпонентная органосиликатная эмаль	200	B1/ более 35	1	1,2×10 ⁻⁴
	400	B2/ 25/ 335	11,1	8,62×10 ⁻⁴
Двухкомпонентная эпоксидная водоразбавляемая грунт-эмаль	400	B1/ 35/ 375	6,3	2,11×10 ⁻⁴

Примечание: лакокрасочные покрытия относятся к группе горючести Г1 согласно ГОСТ 30244–94 (метод 2).

плексные покрытия (состоящие из шпатлевок, грунтовок, эмалей) на основе полиуретановых, органосиликатных, эпоксидных органоразбавляемых и эпоксидных водоразбавляемых материалов, наиболее широко используемых в качестве отделочных материалов помещений зданий и сооружений [9].

Показатели пожарной опасности – группа воспламеняемости, группа горючести, распространение пламени по поверхности ЛКП оценивались согласно стандартным методам испытаний.

Для получения экспериментальных величин линейной скорости распространения пламени по поверхности были проведены испытания в рамках стандартной методики ГОСТ 12.1.044–89. Ориентация образца в методе испытаний соответствует созданию мощности падающего на него теплового потока с численным значением (32±3) кВт/м², что коррелирует со значениями плотности тепловых потоков при развитии пожара в помещении в местах примыкания стен к потолку [10].

Характеристики и показатели пожарной опасности исследованных ЛКП представлены в табл. 2.

Следует отметить, что указанные ЛКП были нанесены на несгораемое основание (асбестоцементный лист толщиной 10 мм) и относятся к группе слабогорючих материалов (группа Г1) по ГОСТ 30244–94 (метод 2) «Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть».

Как следует из представленных результатов экспериментальных исследований, наименее пожароопасными являются водно-дисперсионная акриловая краска и эпоксидные водоразбавляемые покрытия. Например, при увеличении толщины эпоксидного покрытия даже до 400 мкм группа воспламеняемости не изменяется и относится к наименее пожароопасной трудновоспламеняемой группе В1 по ГОСТ 30402–6 «Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость»; ин-

декс распространения пламени составляет величину 6,3, а ЛСРП – 2,11×10⁻⁴ м/с.

Исследованные образцы покрытий с толщиной до 300 мкм относят к медленно распространяющим пламя по поверхности и к группе средней воспламеняемости В2 или трудновоспламеняемой группе В1. При увеличении толщины покрытия возрастает численное значение индекса распространения пламени и снижается критическая поверхностная плотность теплового потока (КППТП), при которой происходит воспламенение материала.

Комплексное покрытие на основе эпоксидных органоразбавляемых смол при толщине 400 мкм относят к быстро распространяющим пламя по поверхности, а комплексное покрытие на основе полиуретановых органоразбавляемых смол при такой толщине не только быстро распространяет пламя по поверхности, но и является легковоспламеняемым (группа В3) по ГОСТ 30402–96. Причем наиболее пожароопасными являются покрытия на основе полиуретана, о чем свидетельствуют значения параметров, характеризующих воспламеняемость и распространение пламени по поверхности.

Также увеличивается пожарная опасность и органо-силикатных комплексных покрытий с кремнийорганическим лаком: при толщине 500 мкм индекс распространения пламени составляет 23,6 и ЛСРП возрастает до 1,21×10⁻³ м/с.

Исходя из результатов проведенных исследований, ЛКП, имея достаточно малую толщину покрытия, нанесенного на несгораемое основание, классифицируют как слабогорючие, но при этом могут быстро распространять пламя по поверхности, что свидетельствует о возможности вклада указанных покрытий в развитие опасных факторов пожара. Это целесообразно учитывать при проведении расчетов динамики развития пожара в помещениях зданий и сооружений.

В настоящее время задача моделирования распространения опасных факторов пожара в зданиях и сооружениях имеет широкое практическое применение. В частности, в соответствии с ч. 3 ст. 53 Федерального закона от 22.07.2008 № 123–ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» сформулированы условия обеспечения безопасной эвакуации людей из зданий и сооружений при пожаре. Подтверждение указанной выше безопасной эвакуации людей из зданий и сооружений при пожаре проводится на основе определения необходимого времени эвакуации людей при пожаре, которое подразумевает проведение расчетов распространения опасных факторов пожара. Необходимо отметить, что в соответствии с «Положением о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию», утвержденным Постановлением Правительства РФ от 16.02.2008 № 87, раздел 9 «Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности» должен содержать описание и обоснование проектных решений по обеспечению безопасности людей при возникновении пожара. Указанное обоснование также подразумевает проведение моделирования распространения опасных факторов пожара.

Моделирование распространения опасных факторов пожара в зданиях и сооружениях проводят при проведении расчетов пожарного риска. Пожарный риск является одним из основных понятий Федерального закона от 22.07.2008 г. № 123–ФЗ. Условия соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности сформулированы в ч. 1 ст. 6 указанного выше федерального закона. Данные условия подразумевают необходимость проведения расчетов пожарного риска для объектов защиты, для которых не в полном объеме выполнены требования, установленные нормативными документами по пожарной безопасности. В развитие федерального закона принято Постановление Правительства Российской Федерации от 31.03.2009 № 272 «О порядке проведения расчетов пожарного риска», которым утверждены «Правила проведения расчетов по оценке пожарного риска». В соответствии с п. 5 указанных «Правил» определение расчетных величин пожарного риска проводится по методикам, утвержденным МЧС России. В развитие указанного выше Постановления Правительства Российской Федерации приказами МЧС России от 10.07.2009 г. №404 и от 30.06.2009 г. № 382 утверждены «Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» и «Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности» соответственно. Указанные методики позволяют проводить расчеты пожарного риска для людей, находящихся в зданиях и сооружениях, регламентируют проведение моделирования распространения опасных факторов пожара. Для описания очага пожара твердых веществ и материалов, как правило, используют следующие основные показатели пожарной опасности:

- удельную теплоту сгорания, МДж/кг;
- удельную массовую скорость выгорания, кг/м²с;
- линейную скорость распространения пламени, м/с;
- удельный выход токсичных газов (СО, СО₂, HCl и т. д.), кг/кг.

В то время как удельная теплота сгорания и удельная массовая скорость выгорания характеризуют удельную мощность тепловыделения, кВт/м², основным параметром, влияющим на динамику развития очага пожара и, как следствие, влияющим на динамику тепло-, газо- и дымовыделения при пожаре, является линейная скорость распространения пламени.

Площадь очага пожара к моменту времени $t_{нач}$ с момента его возникновения, предполагая постоянство линейной скорости распространения пламени ($V_{л}$) и круговую схему развития пожара, описывается соотношением:

$$S_{пож} = \pi \cdot (V_{л} \cdot t_{нач})^2.$$

С учетом квадратичной зависимости площади очага пожара от линейной скорости распространения пламени очевидно, что даже небольшое (в пределах нескольких процентов) изменение указанной величины принципиальным образом повлияет на результаты расчета динамики распространения опасных факторов пожара. Отсюда основным вопросом с точки зрения адекватного описания динамики распространения опасных факторов пожара в зданиях и сооружениях становится вопрос об исходных данных, используемых для решения этой задачи, и в частности, вопрос об экспериментальном определении указанных параметров.

В условиях реального пожара присутствует слишком много факторов, влияющих на поведение горючих материалов под действием тепловых нагрузок, которые, с одной стороны, характеризуются существенной неоднородностью (например, величины радиационных тепловых потоков), с другой – непостоянностью во времени. В связи с этим неопределенность исходных данных, используемых для целей моделирования распространения опасных факторов пожара, наряду с неопределенностью численного решения, полученного в результате моделирования, может привести к некорректным результатам расчетов. Поэтому методы экспериментального определения исходных данных для целей моделирования распространения опасных факторов пожара должны отвечать следующим требованиям:

- максимально близко воспроизводить условия развития реального пожара (с точки зрения источника инициации горения и тепловой нагрузки в виде радиационного теплового потока);
- быть гармонизированы с экспериментальными методами определения показателей пожарной опасности твердых веществ и материалов, используемыми за рубежом (для сопоставления результатов моделирования динамики распространения опасных факторов пожара с результатами, полученными другими авторами).

Необходимо отметить, что в данной работе экспериментальные исследования по определению ЛСРП проводили в соответствии с положениями метода ГОСТ 12.1.044–89 (п. 4.19), который, с одной стороны, отвечает условиям развития реального пожара для вертикально расположенных строительных конструкций с точки зрения величины поверхностной плотности падающего теплового потока [10], а с другой – испытательное оборудование и средства измерения аналогичны применяемым в зарубежном стандарте ASTM E 162–98 (Standard test method for surface flammability of materials using a radiant heat energy source). Таким образом, можно сделать вывод, что данные по ЛСРП, полученные в настоящей работе, отвечают требованиям к выбору метода определения указанной величины для вертикально расположенных строительных конструкций, изложенным выше.

Следует отметить, что некоторые данные по показателям пожарной опасности твердых веществ и материалов, и в частности данные по линейной скорости распространения пламени используют для расчета сил и средств для тушения пожаров.

Исследования, проведенные например в соответствии с требованиями СП 232.1311500.2015 «Пожарная

охрана предприятий. Общие требования» позволили сделать следующие основные выводы:

– для объективной оценки пожарной опасности ЛКП используемых в строительстве, следует учитывать параметры распространения пламени по поверхности;

– установлена возможность оценки и расчета ЛСРП, по стандартной методике, обеспечивающей тепловой режим испытаний ЛКП, близкий к реальному, реализующемуся при развитии пожара в помещениях зданий и сооружений;

– полученные экспериментальные данные для ряда ЛКП позволили установить, что в зависимости от состава композиции и толщины покрытия изменяются значения ЛСРП и параметры воспламеняемости;

– выявлены наиболее пожароопасные композиционные ЛКП, используемые для отделки помещений зданий и сооружений;

– показана необходимость определения ЛСРП для целей проведения расчетов динамики развития пожара в помещениях зданий и сооружений, а также для расчета сил и средств для тушения пожаров.

Список литературы

1. Каверинский В.С. Несколько штрихов к образу лакокрасочной промышленности // *Лакокрасочные материалы и их применение*. 2014. № 4. С. 14–17.
2. Рейбман А.И. Защитные лакокрасочные покрытия. Л.: Химия, 1982. 320 с.
3. Четфилд Х.В. Лакокрасочные покрытия. М.: Химия, 1968. 640 с.
4. Карякина М.И., Майорова Н.В. Лакокрасочные материалы: Технические требования и контроль качества. М.: Химия, 1985. 272 с.
5. Асеева Р.М., Зайков Е.Г. Горение полимерных материалов. М.: Наука, 1981. 280 с.
6. Wall L.A. Flammability of Solid Plastics. In: CJ Helado, ed. Fire and Flam-mability Series. Westport. CT:Technomic Publishers. 1976, Vol. 7, pp. 323.
7. Баратов А.Н., Андрианов Р.А., Корольченко А.Я., Михайлов Д.С., Ушков В.А., Филин Л.Г. Пожарная опасность строительных материалов. М.: Стройиздат, 1988. 380 с.
8. Константинова Н.И., Меркулов А.А., Молчадский О.И. Испытания на пожарную опасность отделочных материалов на основе стекловолокна // *Пожарная безопасность*. 2008. № 2. С. 61–65.
9. Лившиц М.Л., Пшиялковский Б.И. Лакокрасочные материалы. М.: Химия, 1982. 360 с.
10. Смирнов Н.В., Булгаков В.В., Етумян А.С., Константинова Н.И., Дудеров Н.Г. Результаты и перспективы научно-исследовательских работ по оценке пожарной опасности строительных текстильных материалов и эффективности средств огнезащиты // *Юбилейный сборник трудов ФГБУ ВНИИПО МЧС России*. М.: ВНИИПО, 2012. 602 с.

References

1. Kaverinsky V.S. A few strokes to the image of the paint and varnish industry. *Lakokrasochnye materialy i ikh primeneniye*. 2014. No. 4, pp. 14–17. (In Russian).
2. Reibman A.I. Zashchitnye lakokrasochnye pokrytiya [Protective paint and varnish coatings]. Leningrad: Khimiya. 1982. 320 p.
3. Chetfild Kh.V. Lakokrasochnye pokrytiya [Paint and varnish coverings]. Moscow: Khimiya. 1968. 640 p.
4. Karyakina M.I., Maiorova N.V. Lakokrasochnye materialy: Tekhnicheskie trebovaniya i kontrol' kachestv [Paint and varnish materials: Technical requirements and quality control]. Moscow: Khimiya. 1985. 272 p.
5. Aseeva R.M., Zaikov E.G. Gorenije polimerykh materialov [Combustion of polymer materials]. Moscow: Nauka. 1981. 280 p.
6. Wall L.A. Flammability of Solid Plastics. In: CJ Helado, ed. Fire and Flam-mability Series. Westport. CT:Technomic Publishers. 1976, Vol. 7, pp. 323.
7. Baratov A.N., Andrianov R.A., Korol'chenko A.Ya., Mikhailov D.S., Ushkov V.A., Filin L.G. Pozharnaya opasnost' stroitel'nykh materialov [Fire hazard of building materials]. Moscow: Stroyizdat. 1988. 380 p.
8. Konstantinova N.I., Merkulov A.A., Molchadskiy O.I. Tests for fire hazard of finishing materials based on fiberglass. *Pozharnaya bezopasnost'*. 2008. No. 2, pp. 61–65. (In Russian).
9. Livshits M.L., Pshiyalkovskiy B.I. Lakokrasochnye materialy [Paints and varnishes materials]. Moscow: Khimiya. 1982. 360 p.
10. Smirnov N.V., Bulgakov V.V., Etumyan A.S., Konstantinova N.I., Duderov N.G. Results and perspectives of research works on the assessment of the fire hazard of building textile materials and the effectiveness of fire protection equipment. *Jubilee collection of works of the VNIPO Russian Ministry of Emergency Situations*. Moscow: VNIPO. 2012. 602 p. (In Russian).

Как писать статьи в журналы, индексируемые в международных наукометрических базах данных – рекомендует Минобрнауки РФ

Министерство разработало краткие рекомендации для авторов по подготовке и оформлению научных статей в журналах, индексируемых в международных наукометрических базах данных (<http://xn--80abucjibhv9a.xn--p1ai/m/%D0%BF%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%81-%D1%86%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%80/9481>).

Рекомендации подготовлены коллективом авторов под общей редакцией О.В. Кирилловой и при поддержке Ассоциации научных редакторов и издателей. В них детально объясняется публикационный процесс, процедуры рецензирования и опубликования, а также общепринятые требования к структуре научной статьи.

Детально рассмотрены разделы научной статьи, этапы подготовки рукописи.

Особое внимание уделено цитированию и составлению списка литературы, который Юджин Гарфилд, создатель Института научной информации США и платформы Web of Science, называл сырьем для анализа цитирования («Reference lists are the raw material

for carrying out citation analyses»). Большой интерес представляет сводная информация по международным стилям оформления ссылок. Это важно учитывать при подготовке статей в различные зарубежные журналы.

Для многих авторов будет полезен раздел, посвященный продвижению своих научных статей, о котором рекомендуется думать еще до публикации. Рекомендации для авторов по подготовке и оформлению научных статей в журналах, индексируемых в международных наукометрических базах данных нацелены на помощь научным работникам и повышение их публикационной активности.

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



CERAMICS CHINA @ Unifair 2017

Date: June 1st - 4th, 2017

Venue: Canton Fair Complex, Guangzhou

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



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



SACMI

ВАШ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР
В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ



Посетите наш новый веб-сайт: www.sacmiheavyclay.com