

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

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

№8

Основан в 1955 г.

(728) август 2015 г.

Главный редактор:

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

Редакционный совет:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

© ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»,
 журнал «Строительные материалы»®, 2015

Ячеистый бетон: наука и практика

А.А. ВИШНЕВСКИЙ, Г.И. ГРИНФЕЛЬД

Выбор технологии производства автоклавного газобетона:

ударная или литеваяя. 4

Н.Н. МОРОЗОВА, Г.В. КУЗНЕЦОВА

Подрезной слой и гидрофобизатор в производстве газобетона. 8

Маса 110 лет (Информация) 10

**Оптимизация производства АГБ при внедрении специализированных
газообразователей марок Газобето. 12**

Шум не пройдет (Информация) 14

**Автоматизированный комплекс для определения активности алюминия
и кинетики газовой выделения. 16**

С.Д. ЛАПОВСКАЯ, О.В. СИРОТИН, Г.И. ГРИНФЕЛЬД

**Экспериментальное определение скорости выхода начальной влаги
из кладки из автоклавного газобетона в климатических условиях г. Киева. 18**

А.В. ГРАНОВСКИЙ, Б.К. ДЖАМУЕВ, А.А. ВИШНЕВСКИЙ, Г.И. ГРИНФЕЛЬД

**Экспериментальное определение нормального и касательного сцепления
кладки из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения
на различных клеевых составах. 22**

А.А. МОРДВОВ, М.В. ЛИХТАРОВИЧ

**Оптимизация крепления конструкций из АГБ при заполнении наружных
и внутренних стен каркасов зданий высотой до 80 м 26**

В.А. ПАРУТА, Е.В. БРЫНЗИН, Г.И. ГРИНФЕЛЬД

**Физико-механические основы проектирования штукатурных растворов
для газобетонной кладки 30**

Материалы и технологии

Печи Мерц для обжига извести в Италии 36

Керамические строительные материалы

Керамтэкс 2015 – тринадцатая ежегодная встреча российских кирпичников. 40

LINGL движется! (Информация) 45

Г.И. СТОРОЖЕНКО, А.Ю. СТОЛБОУШКИН, А.И. ИВАНОВ

**Переработка углистых аргиллитов для получения керамического сырья
и технологического топлива. 50**

В.А. КЛЕВАКИН, Е.В. КЛЕВАКИНА

Эффективное решение снижения повышенной влажности глин 60

А.Е. БУРУЧЕНКО, В.И. ВЕРЕЩАГИН, С.И. МУШАРАПОВА, В.К. МЕНЬШИКОВА

**Влияние дисперсности непластичных компонентов керамических масс
на спекание и свойства строительной керамики 64**

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

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

Monthly scientific-technical and industrial journal

STROITEL'NYE MATERIALY®

No. 8

Founded in 1955

(728) August 2015 r.

Editor-in-chief

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

Editorial Board

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

KRIVENKO P. V.,
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)

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

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

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

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

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

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

Cellular concrete: science and practice

A.A. VISHNEVSKIY, G.I. GRINFELD

Choice of Production Technology of Autoclaved Cellular Concrete: Impact Or Molding ... 4

N.N. MOROZOVA, G.V. KUZNETSOVA

Facing Layer and Hydrophobizator in Manufacture of Aerated Concrete 8

Masa: 110 Years (Information).....10

Optimization of Manufacturing AAC when Introducing Specialized Gas

Forming Agents of Gazobeto Grades12

The Noise will not Pass (Information).....14

Automated Complex for Determining Aluminum Activity and Gas Release Kinetics ... 16

S.D. LAPOVSKAYA, O.V. SIROTIN, G.I. GRINFELD

Experimental Definition of Speed of Initial Moisture Escape from Masonry Made

of Autoclaved Aerated Concrete under Climatic Conditions of Kiev18

A.V. GRANOVSKIY, B.K. DZHAMUEV, A.A. VISHNEVSKIY, G.I. GRINFELD

Experimental Determination of Normal and Shear Adhesion

in the AAC-Blocks Masonry at Various TLM Adhesive Compositions22

A.A. MORDVOV, M.V. LIKHTAROVICH

Optimization of Fastening of AAC (Autoclaved Aerated Concrete) Structures

When Filling External and Internal Walls of Frameworks of Buildings

of up to 80 m Height26

V.A. PARUTA, E.V. BRYNZIN, G.I. GRINFELD

Physical-Mechanical Design Basics of Plaster Mortars for Aerated Concrete Masonry ... 30

Materials and technologies

Maerz Kilns for Lime Burning36

Ceramic building materials

Keramtex 2015 – the 13th Annual Meeting of Russian Brickmakers40

LINGL Moves! (Information)45

G.I. STOROZHENKO, A.Yu. STOLBOUSHKIN, A.I. IVANOV

Coal argillite recycling in ceramic raw materials and process fuel production50

V.A. KLEVAKIN, E.V. KLEVAKINA

Efficient Solution of Reducing Increased Moisture of Clays60

A.E. BURUCHENKO, V.I. VERESHCHAGIN, S.I. MUSHARAPOVA, V.K. MENSHIKONA

Influence of Dispersity of Non-Plastic Components of Ceramic Masses

on Sintering and Properties of Building Ceramics64

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.

а где "...е Имануи"?

Строительные материалы № 8

А.М. САЛАХОВ, Л.Р. ТАГИРОВ

Структурообразование керамики из глин, формирующих при обжиге различные минеральные фазы. 68

В.А. ЕЗЕРСКИЙ

Количественная оценка цвета керамических лицевых изделий. 76

Результаты научных исследований

В.С. ЛЕСОВИК, А.А. ГРИДЧИНА

Монолитные бетоны на основе расширяющих добавок и химических модификаторов. 81

Ю.В. ИСАЕВА, Е.Г. ВЕЛИЧКО, А.Ш. КАСУМОВ

Оптимизация структуры сверхлегкого цементного раствора с учетом геометрических и физико-механических характеристик компонентов 84

Stroitel'nye Materialy No. 8

A.M. SALAKHOV, L.R. TAGIROV

Structure Formation of Ceramic with Clays Which Form Various Phases at Burning. 68

V.A. EZERSKIY

Quantitative Assessment of Color of Ceramic Facing Products 76

Results of scientific research

V.S. LESOVIK, A.A. GRIDCHINA

Monolithic Concretes on the Basis of Expanding Agents and Chemical Modifiers 81

Yu.V. ISAEVA, E.G. VELICHKO, A.Sh. KASUMOV

Structure Optimization of Ultra-Light Cement Mortar with Due Regard for Geometrical and Physical and Mechanical Characteristics of Components 84

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://ejournal.rifsm.ru/>



На почте подписку можно оформить:

По объединенному каталогу «Пресса России»

индекс **70886**



По каталогу агентства «Роспечать»

индекс **79809**

**Оставайтесь
с нами!**

А.А. ВИШНЕВСКИЙ¹, канд. техн. наук (teplit@teplit.ru); Г.И. ГРИНФЕЛЬД², инженер (greenfeld@mail.ru)

¹ ПСО «Теплит», ООО (Свердловская обл., г. Березовский, ул. Чапаева, 39/4)

² Национальная ассоциация производителей автоклавного газобетона (193091, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., 40, литера А)

Выбор технологии производства автоклавного газобетона: ударная или литьевая

Рассмотрены история и текущий этап развития двух технологий производства автоклавного газобетона: литьевой и ударной. Показано, что в настоящее время основной объем автоклавного газобетона в России производится по литьевой технологии, и эта доля имеет тенденцию к медленному росту. Вместе с тем отмечено, что характеристики готовых изделий, произведенных по различным технологиям, не имеют принципиальных отличий, однозначно указывающих на технологию производства (за исключением однородности пор и послеавтоклавной влажности). Сделан вывод о наличии у каждой из технологий особенностей, которые могут быть описаны как достоинства и недостатки по отдельности, но при комплексном сравнении не позволяют сделать вывод вне привязки к особенностям сырьевой базы и технологических традиций. По состоянию на сегодня спор о преимуществах двух технологий носит в основном субъективный характер.

Ключевые слова: автоклавный газобетон, технология производства, газобетонные изделия, автоклавирование.

A.A. VISHNEVSKIY¹, Candidate of Sciences (Engineering) (teplit@teplit.ru), G.I. GRINFELD², Engineer (greenfeld@mail.ru)

¹ PSO «Teplit», ООО (39/4 Chapaeva Street, Berzovsky, Sverdlovsk Oblast, Russian Federation)

² National Association of Autoclaved Aerated Concrete Producers (40 A Oktyabr'skaya Embankment, 193091, St. Petersburg, Russian Federation)

Choice of Production Technology of Autoclaved Cellular Concrete: Impact Or Molding

The history and current stage of development of two technologies of autoclaved aerated concrete manufacturing, molding and impact, are considered. It is shown that at present, basic volume of autoclaved aerated concrete in Russia is produced with the use of the molding technology, and this proportion tends to slow increase. However, noted that characteristics of ready-made articles produced with using different technologies don't have principal differences, clearly indicating the manufacturing technology (except for homogeneity of pores and after-autoclaved humidity). It is concluded that each technology has its own features which can be described as advantages and disadvantages separately, but the comprehensive comparison does not allow us to make a conclusion without any relation to the features of the resource base and technological traditions. At present, the dispute about the benefits of both technologies is essentially subjective in nature.

Keywords: autoclaved aerated concrete, manufacturing technology, gas concrete products, autoclaving.

Введение

Классическая технология производства автоклавного газобетона (АГБ), получившая распространение в Европе в начале XX в., предусматривала вспучивание пластической смеси извести, цемента, песка и газообразователя без механических воздействий. Литьевую технологию использовали как первые заводы «Ytong» и «Sirogex», так и предприятия, которые появились позже [1]. В конце 50-х гг. группой советских ученых для интенсификации формования было предложено вибрировать газобетонную смесь во время ее вспучивания. Это дало возможность несколько снизить водотвердое отношение (В/Т), в результате чего ускорилось созревание массивов и уменьшилась влажность газобетона [2]. Наконец в 80-е гг. специалисты НИПИ силикатобетона, ВНПО «ВНИИСТРОМ», Рижского политехнического института и Московского инженерно-строительного института предложили использовать ударные воздействия при формовании газобетонной смеси [3]. По мнению разработчиков, ударные импульсы с частотой 50–150 мин⁻¹ приводили к кратковременному разжижению смеси, что интенсифицировало ее вспучивание и давало возможность использовать смеси с пониженным В/Т (до 0,32). Это, в свою очередь, еще в большей степени, чем при вибрации, сокращало период предварительного твердения массивов и уменьшало послеавтоклавную влажность изделий [4].

Несмотря на то что с момента создания ударной технологии прошло уже более 30 лет, в оценке ее эффективности нет единого мнения. Так, авторы работы [5] утверждают, что применение ударной технологии позволяет сократить расход сырья (цемента на 20–30%, извести на 10–15%, газообразователя на 5–10%); снизить количество литьевых форм (в два

раза) и количество камер созревания; уменьшить энергозатраты на помол песка и автоклавирование; повысить прочность (на 25–40%) и снизить отпускную влажность АГБ (до 25%). В то же время опыт заводов «Аэрок» показывает, что при сравнении двух технологий для литьевой – расход вяжущих снижается на 18%, газообразователя – на 30%, а прочность и морозостойкость полученного газобетона выше аналога, произведенного по ударной технологии [6]. Более низкую морозостойкость газобетона, произведенного по ударной технологии, зафиксировали и авторы работы [7], исследовавшие продукцию различных белорусских производителей АГБ.

Кроме того, в отрасли сформировались некоторые стереотипы, не имеющие определенного авторства. Например, что при ударной технологии нецелесообразно применять добавку гипса. Или что в настоящее время намечалась устойчивая тенденция отката от ударной технологии и переход на литьевую. Или что выпуск изделий пониженной прочности возможен только по литьевой технологии...

Статистическое исследование НААГ

Технический комитет Национальной Ассоциации производителей автоклавного газобетона (НААГ) приняли решение внести свой вклад в развитие данных споров и провели исследование рынка АГБ с целью оценки причин, по которым предприятия используют ту или иную технологию формования, а также определения доли литьевой и ударной технологии на российском рынке. Исследование проводилось в рамках Анализа рынка АГБ-2014. Данные собирались путем опроса производителей АГБ [8].

Как показали исследования, по меньшей мере четыре предприятия в последнее время отказались от ис-

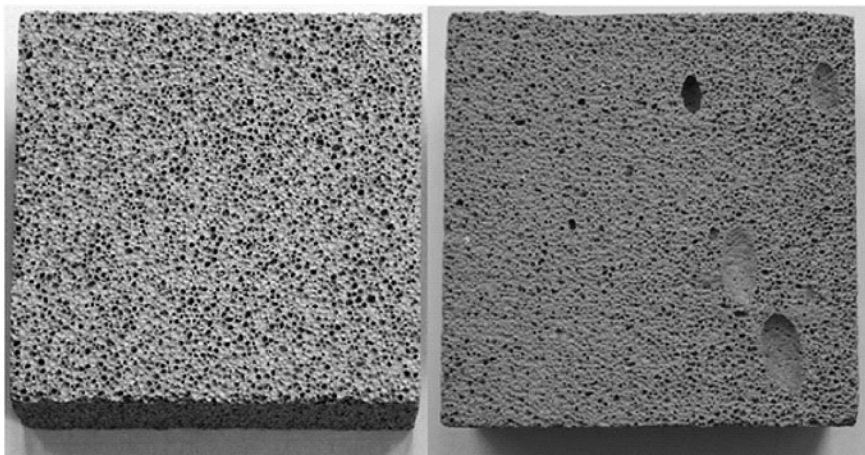


Рис. 1. Образцы газобетона, произведенные по литьевой (слева) и ударной технологии

Таблица 1

Тип линии	Количество заводов		
	Литьевая технология		Ударная технология
	Вибрация	Без вибрации	
Импортные	19	16	13
Отечественные	3	9	6
Все	22	25	19

пользования ударных воздействий. Часть предприятий пошла на этот шаг из-за того, что газобетон, произведенный по данной технологии, имеет крупные поры (раковины), что снижает конкурентность данной продукции. Опыт показал, что такие поры не влияют на прочностные характеристики АГБ и ухудшают его внешний вид (рис. 1). Однако часто наличие крупных пор интерпретируется как дефект газобетона, в том числе и со стороны конкурентов, использующих литьевую технологию.

Опыт «ПСО «Теплит». Другие производители отказались от ударов из-за проблем с ударными столами и повышенным износом форм. В этой связи интересен опыт ООО «ПСО «Теплит». Первые три года в своей работе Березовский завод использовал ударную технологию формования [9]. Однако неудачная конструкция ударных столов предопределила сложность в работе. Подъем формы осуществлялся не по всей плоскости, а на шести опорах. При этом крайняя часть формы повисала консольно. Из-за этого при ударных воздействиях происходила деформация формы (днище отходило от бортов), вследствие чего существенно нарушалась герметичность.

На ударных столах выходил из строя карданный вал, приводящий в действие кулачковый механизм, что вело к частым остановкам на ремонт, который осложнялся стесненными условиями. В результате этого в каждую остановку ремонтный персонал проводил многочисленные мероприятия по восстановлению работоспособности оборудования. Все попытки исправить ситуацию (усиление форм, подбор уплотнений, замена кулачкового механизма вращения на пневмоподушки и др.) не привели к существенным изменениям — формы текли, оборудование требовало постоянного ремонта и чистки.

Также проблемой было и приготовление смеси. Традиционный смеситель Wehrhahn не обеспечивал качественного перемешивания жестких смесей. Проблема усугублялась тем, что по технологии в качестве кремнеземистого компонента используется зола-уноса, а значит, количество сухих компонентов увеличивалось (до 2–2,5 т), что усложняло их усреднение. Потребовались многочис-

ленные конструктивные изменения (замена лопасти, установка отбойных плит, изменение скорости вращения вала и др.) для обеспечения достаточной однородности смеси.

Отказ от ударных воздействий произошел неожиданно. Во время очередной поломки одного из ударных столов выяснилось, что массивы могут подниматься и без ударных воздействий, если немного увеличить расход воды и алюминия, отправить массив на созревание после определенной выдержки (3–5 мин) на ударном столе. Сравнение основных свойств газобетона, произведенного с ударами и без (плотность и прочность), не выявило каких-либо различий — по обеим технологиям газобетон марки D500 имел класс по прочности В3,5. Позже не было обнаружено отличий и в остальных свойствах (морозостойкость, усадка, теплопроводность). Изменился только коэффициент вариации, который для продукта, произведенного по литьевой технологии, немного снизился (с 15 до 9).

Из технологических параметров за счет увеличения распыла повысилась время «выстойки» с 50–60 мин до 80–90 мин. Однако имеющийся парк форм позволял обеспечить требуемую производительность. Остальные параметры процесса, в том числе и режим автоклавной обработки, остались прежними.

В итоге для перехода с ударной на литьевую технологию потребовалось увеличить В/Т с 0,52 до 0,55 и повысить расход А1 с 0,4 до 0,5 кг/м³. При этом увеличилось время «выстойки» массивов, тогда как свойства значительным образом не изменились [11]. Зато облегчилась работа ремонтным службам и значительно сократился объем чистки оборудования.

В описанном примере литьевая технология позволила оптимизировать производство за счет сокращения ремонтно-профилактических работ. Однако необходимо понимать, что приведенные данные во многом субъективны и касаются конкретного предприятия и установленного на нем оборудования. Другие заводы продолжают использовать ударные воздействия. Даже в том же объединении «Теплит» существует второй завод — в Рефтинском, который вот уже 25 лет успешно использует ударную технологию формования массивов. Как это удастся, и чем ударная технология привлекает производителей?

Как показали исследования НААГ, главным аргументом в пользу ударной технологии производители, как и разработчики, называют более низкое В/Т. Это позволяет сократить время «выстойки» (в 1,5–2 раза) и уменьшить парк форм. Особенно это важно, если предприятие использует кремнеземистый компонент с повышенной водопотребностью (мелкая зола-уноса или песок с повышенным содержанием глинистых частиц).

Следующей причиной является более высокая скорость процесса, при которой подъем массива заканчивается уже к 10-й мин. Это позволяет технологу быстрее узнать о проблемах с подъемом (просадка, вскипание, недостаточный подъем и т. п.), а значит, оперативнее вносить корректировки и тем самым снижать выпуск некондиции. При литьевой технологии подъем может растянуться до 40 мин и за это время уже будет залито значительное количество форм.

Таблица 2

Технология формования	Доля продукции в общем выпуске предприятий, использующих данную технологию формования, %						Усредненная плотность всего АГБ, выпущенного по данной технологии, кг/м ³
	D300	D400	D500	D600	D700	D800	
Литьевая	0,62	10,81	65,01	22,04	1,44	0,08	512
Ударная	0,09	2,44	72,79	23,94	0,74	0	523

Ударная технология дает дополнительный рычаг управления вспучиванием массива – это время и амплитуда ударных воздействий. Если получился густой замес или смесь плохо поднимается, есть возможность ее «раскачать», меняя время и амплитуду колебаний. Это также позволяет снизить количество некондиции.

Среди других причин производители отмечают большую стабильность процесса, меньший расход сырья, возможность обеспечения более высокой температуры твердения массива и др. Наряду с преимуществами производители АГБ указывают и на некоторые недостатки. Это и значительные затраты на поддержание ударных столов в исправном состоянии, и проблемы с перемешиванием смеси (особенно повышенных плотностей). А вот проблема с негерметичностью и износами форм на большинстве заводов решена, как правило, за счет использования импортных форм и уплотнений.

При этом, как показал опрос, многие заводы, использующие ударные воздействия, все-таки проводят эксперименты по переходу на литьевую технологию. Преследуются различные цели: оптимизация расходов на ремонт, уход от больших пор в газобетоне, стремление следовать (как считается) новым веяниям и др. Однако переход на литьевую технологию сопровождается увеличением времени «выстойки» массивов, а это приводит к снижению производительности. На этом эксперименты заканчиваются и производство возвращается на прежнюю технологию.

Важным результатом подобных экспериментов является то, что, по словам технологов, существенных изменений в свойствах АГБ при переходе с одной технологии на другую не происходит. Исключением является только послеавтоклавная влажность, которая по литьевой технологии увеличивалась на 5–7%. По остальным характеристикам газобетон не имел значительных отличий.

Опрос участников рынка показал, что выбор той или иной технологии во многом предопределяется традициями, сложившимися на конкретном предприятии. Зачастую производители приводили одну и ту же аргументацию в пользу различных технологий (напри-

мер, сниженный расход сырья или лучшая управляемость процессом), что делало анализ достаточно субъективным.

Совокупные данные по отрасли следует считать более объективным показателем. Выявлено, что 68% от общего выпуска АГБ в 2014 г. произведено по литьевой технологии. Что касается производителей, то 2/3 из их числа применяют литьевую технологию формования массивов (табл. 1). Почти половина из этого числа предусматривают кратковременную вибрацию смеси после ее выгрузки. Ударную технологию используют около трети предприятий отрасли. В большей степени это заводы с импортными технологическими комплексами, такие как Masa-Henke (всего шесть заводов), Wehrhahn (пять заводов) и др.

Анализируя продукцию, выпущенную по различным технологиям формования (табл. 2), можно увидеть, что камни пониженной плотности (300–400 кг/м³) в основном производят по литьевой технологии. В результате средняя плотность всего газобетона, выпущенного по литьевой технологии, составляет 512 кг/м³, тогда как продукт ударной технологии имеет среднюю плотность 523 кг/м³.

Исследования НААГ позволили установить, что большая часть российских заводов по производству АГБ использует сульфатсодержащую добавку (табл. 3, рис. 2). Однако гипс применяют не только на заводах с литьевой технологией формования: 11 из 19 заводов, работающих по ударной технологии, используют различные разновидности гипса. Как отмечают технологи, применение гипса в ударной технологии обусловлено необходимостью замедлить гашение извести, а также повысить прочность АГБ.

Наконец, исследования показали, что заводы, введенные в эксплуатацию в последние годы, используют литьевую технологию формования. В последний раз завод по ударной технологии запустился в 2012 г. Таким образом, в определенной степени можно признать факт сокращения темпов распространения ударной технологии.

Заключение

Выявлено, что основной объем российского газобетона производится по литьевой технологии. Доля газо-



Рис. 2. Доля газобетона, выпущенного с различной сульфатсодержащей добавкой в 2014 г.

Таблица 3

Тип линии	Количество заводов			
	Применяющих сульфатсодержащую добавку			Не применяющих сульфатсодержащую добавку
	Природный гипс CaSO ₄ ×2H ₂ O	Строительный гипс CaSO ₄ ×0,5H ₂ O	Ангидрит CaSO ₄	
Импортные	28	5	4	10
Отечественные	2	4	0	13
Все	30	9	4	23

бетона, выпущенного по ударной технологии, составляет 32%. При этом говорить об отказе от ударных воздействий или хотя бы о планах по переходу на литьевую технологию не приходится. Заводы, имеющие ударные столы, сохраняют приверженность выбранной технологии, опираясь на ее преимущества: пониженное водотвердое отношение, ускоренное время вспучивания и созревания массивов, возможность регулирования подъема. А в тех единичных случаях, когда переход на литьевую технологию происходил, основной причиной этого были не технологические проблемы, а наличие крупных пор и недостатки имеющегося оборудования. Вместе с тем в последние годы среди введенных в эксплуатацию производств нет заводов, использующих ударную технологию.

Изменение технологии формования не приводит к существенным изменениям свойств АГБ. Прочность, морозостойкость, усадка при высыхании и теплопроводность при замене технологии практически не меняются. Исключение составляет лишь послеавтоклавная влажность газобетона, которая при переходе на литьевую технологию увеличивается на 5–7%.

Список литературы

1. Автоклавный ячеистый бетон / Пер. с англ. / Ред. совет: Г. Бове (пред.) и др. М.: Стройиздат, 1981. 88 с.
2. Хигерович М.И., Меркин А.П. Интенсификация изготовления ячеистых бетонов путем применения вибрирования. М.: Стройиздат, 1961. 16 с.
3. Сажнев Н.П., Домбровский А.В., Новаков Ю.А. и др. Ударная технология формования // *Сборник материалов и информации постоянной комиссии СЭВ по сотрудничеству в области строительства*. ИСИ, 1983. № 2 (73).
4. Сажнев Н.П., Гончарик В.Н., Гарнашевич Г.С., Соколовский Л.В. Производство ячеисто-бетонных изделий: теория и практика. Мн.: Стринко, 1999. 284 с.
5. Сажнев Н.П., Сажнев Н.Н. Энергосберегающая ударная технология производства ячеисто-бетонных изделий и конструкций // *Будівельні матеріали виробу та санітарна техніка*. 2009. № 32. С. 102–106.
6. Рудченко Д.Г. Некоторые пути повышения качества, энергосбережения и экономии сырьевых материалов на заводах АЕРОС // *Сборник докладов VI научно-практической конференции «Ячеистые бетоны в современном строительстве»*. СПб., 2009. С. 36–42.
7. Крутилин А.Б., Рыхленок Ю.А., Лешкевич В.В. Теплофизические характеристики автоклавных ячеистых бетонов низких плотностей и их влияние на долговечность наружных стен зданий // *Инженерно-строительный журнал*. 2015. № 2. С. 46–55.
8. Вишневецкий А.А., Гринфельд Г.И., Смирнова А.С. Анализ рынка АГБ 2014 // *Строительные материалы*. 2015. № 6. С. 52–54.
9. Вишневецкий А.А., Левченко В.Н. Производство изделий из автоклавного газобетона на основе золы-уноса в условиях ООО «Рефтинское объединение «Теплит» // *Белорусский строительный рынок*. 2006. № 9–10. С. 10–12.
10. Вишневецкий А.А., Бовыкин И.А. Производство автоклавного газобетона пониженной плотности // *Сборник докладов научно-практической конференции «Современный автоклавный газобетон»*. Краснодар. 2013. С. 106–109.

Заводы с литьевой технологией в общей массе выпускают более легкую продукцию: усредненный показатель плотности для литьевой технологии составляет 512 кг/м³, а для ударной – 523 кг/м³. При этом есть несколько заводов, выпускающих газобетон пониженной плотности (D300 и D400) и по ударной технологии.

Гипсовую добавку использует большая часть российских производителей АГБ вне зависимости от способа формования. Таким образом, мнение о том, что при ударной технологии использование гипса нецелесообразно, не подтверждается практикой.

В заключение следует отметить, что спор о том, какая технология лучше, не является конструктивным. Как показали проведенные исследования, каждая технология имеет свои преимущества и недостатки и каждая технология имеет право на применение. Вопрос выбора способа формования – это вопрос конкретного предприятия, зависящий от сырьевой базы, оборудования и традиций, сложившихся на данном предприятии. Взвесив все плюсы и минусы, можно ответить на вопрос о целесообразности использования той или иной технологии формования в условиях данного предприятия.

References

1. Avtoklavnyy yacheisty beton [Autoclaved aerated concrete]. Trans. from English / Ed. Board: G. Bove and others. Moscow: Stroyizdat. 1981. 88 p.
2. Khigerovich M.I., Merkin A.P. Intensifikatsiya izgotovleniya yacheistykh betonov putem primeneniya vibrirvaniya. [Intensification of production of cellular concrete by applying vibration]. Moscow: Stroyizdat. 1961. 16 p.
3. Sazhnev N.P., Dombrovskii A.V., Novakov Yu.A. i dr. Shock molding technology. *The collection of materials and information CMEA Standing Commission on Cooperation in the field of construction*. ICI. 1983. No. 2 (73). (In Russian).
4. Sazhnev N.P., Goncharik V.N., Garnashevich G.S., Sokolovskiy L.V. Proizvodstvo yacheistobetonnykh izdelii: teoriya i praktika. [Production of cellular concrete products: Theory and Practice] Minsk: Strinko. 1999. 284 p.
5. Sazhnev N.P., Sazhnev N.N. Energy-saving technology of cellular concrete impact of products and designs. *Budiveln'i materialy virobi ta sanitarna tekhnika*. 2009. No. 32, pp. 102–106. (In Ukraine).
6. Rudchenko D.G. Some ways to improve the quality of energy saving and cost of raw materials in factories AEROC. *Proceedings of the VI scientific-practical conference "Cellular concrete in modern construction"*. 2009. St.-Petersburg, pp. 36–42. (In Russian).
7. Krutulin A.B., Rykhlenok Yu. A., Leshkevich V.V. Thermal characteristics of autoclaved aerated concrete of low densities and their impact on the durability of the exterior walls of buildings. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. 2015. No. 2 (54), pp. 46–55. (In Russian).
8. Vishnevskiy A.A., Grinfel'd G.I., Smirnova A.S. Production of Autoclaved aerated concrete in Russia. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 6, pp. 52–54. (In Russian).
9. Vishnevskii A.A., Levchenko V.N. Manufacture of autoclaved aerated concrete based on fly ash in terms of LLC "Reftinskaya association "Teplit". *Belorusskiy stroitel'nyi rynek*. 2006. No. 9–10, pp. 10–12. (In Russian).
10. Vishnevskiy A.A., Bovykin I.A. Production of low density of autoclaved aerated concrete. *Proceedings of the scientific-practical conference "Modern autoclaved aerated concrete"*. Krasnodar. 2013, pp. 106–109. (In Russian).

Н.Н. МОРОЗОВА, канд. техн. наук (ninamor@mail.ru), Г.В. КУЗНЕЦОВА, инженер
 Казанский государственный архитектурно-строительный университет (420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1)

Подрезной слой и гидрофобизатор в производстве газобетона*

Новые заводы газобетона в резательной технологии используют одностороннее кантование массива, что улучшает качество продукции и увеличивает коэффициент использования автоклава. Недостатком одностороннего кантования является образование подрезного слоя. Применение подрезного слоя в качестве гидросиликатов – центров кристаллизации является эффективным, но связано с увеличением водопотребности смеси. В работе приводятся исследования по использованию подрезного слоя, предварительно обработанного гидрофобизатором. Также представлено исследование влияния гидрофобизаторов на гашение извести и определено минимальное влияние на температуру гашения извести. Исследованиями определен состав комплексной добавки из молотого подрезного слоя и гидрофобизатора. Применение добавки, обработанной гидрофобизатором, сохраняет подвижность смеси и приводит к повышению прочности.

Ключевые слова: газобетон, отход, прочность, гидрофобизатор.

N.N. MOROZOVA, Candidate of Sciences (Engineering), (ninamor@mail.ru), G.V. KUZNETSOVA, Engineer
 Kazan State University of Architecture and Engineering (1 Zelenaya Street, 420043, Kazan, Russian Federation)

Facing Layer and Hydrophobizator in Manufacture of Aerated Concrete*

New aerated concrete plants use a unilateral tilting of the array in cutting process which improves the production quality and increases the coefficient of utilization of the autoclave. A drawback of the unilateral canting is a formation of a facing layer. The use of the crushed facing layer as hydro-silicates, crystallization centers, is efficient, but it is connected with the increase in water demand of the mix. The work presents the research in the use of the facing layer pre-treated with a hydrophobizator. The study of the influence of water repellents on the lime slaking is also presented; a minimal impact on the lime slaking temperature has been defined. The study determined the composition of a complex additive containing the crushed facing layer and water repellent. The use of the additive treated with the hydrophobizator maintains the fluidity of the mix and leads to improving the strength.

Keywords: aerated concrete, waste, strength, repellent (hydrophobizator).

Возрастающая мощность производства автоклавного газобетона определяется повышенным спросом, который обусловлен высоким качеством продукции и широкими возможностями применения при строительстве новых зданий [1]. Автоклавный ячеистый бетон является одним из немногих материалов, применяемых для устройства однослойных наружных стен, сопротивление теплопередаче которых удовлетворяет требованиям строительных норм, а в некоторых случаях и значительно их превышает, что особенно актуально для жилых домов индивидуальной застройки [2].

Традиционно ячеистые бетоны получают на основе извести и кварцевого песка, реже зол ТЭС или их смесей с введением газообразователя. При этом обеспечение требуемой прочности и низкой средней плотности достигается помолотом кремнеземистого компонента. Процесс формирования массива может быть организован по литевой, виброударной или вибрационной технологии. В первом случае при калибровке массива обрезки возвращаются в технологический процесс в виде обратного шлама.

Новые заводы, работающие по технологии фирм Masa (Германия) и Werhahn (Германия), расположены в различных регионах, в том числе завод Vikton (г. Волжск Республики Мари Эл), ОАО «ГлавБашстрой» (Уфа, Республика Башкортостан), завод «Поревит» (Тюмень) и др. [3]. В основном эти заводы оснащены ударной и резательной технологией.

В резательной технологии основным вопросом является кантование массива. Одинарное кантование позволяет увеличить коэффициент заполнения автоклава, но создает проблему ликвидации подрезного слоя после упаковки. Двойное кантование решает эту проблему, но усложняет производство и снижает коэффициент заполнения автоклава.

Подрезной слой является отходом и характеризуется теми же физико-механическими показателями, что и массив газобетона. Количество подрезного слоя толщиной 2 см может достигать 0,012 м³/м³ и для предприятия мощностью 360 тыс. м³/г составит 430–450 м³.

Основная задача технологов на заводах ячеистого бетона – получить низкоосновные высокопрочные гидро-

силикаты группы CSH(V) и тоберморита [4]. По вещественному составу подрезной слой представляет собой гидросиликаты кальция, которые могут послужить центрами кристаллизации. Однако такие центры кристаллизации – пористые материалы, и введение отхода газобетона приводит к росту водопотребности смеси. В связи с этим проведены исследования применения отхода газобетона с предварительной его гидрофобизацией.

Влияние гидрофобизаторов на гашение извести

Вид гидрофобизатора	Состав И+Н ₂ О+Д	Температура гашения, °С, через, мин		
		1	2	3
Известь без гидрофобизатора, А=79 %	12,6+25 мл	82	95	88
ГФ 136-157М	12,6+25 мл+0,025 мл	80	96	89
	12,6+25 мл+0,2 мл	56	96	88
	12,6+25 мл+0,4 мл	55	97	89
ФЭС-50	12,6+25 мл+0,025 мл	80	96	89
	12,6+25 мл+0,1 мл	79	97	90
	12,6+25 мл+0,2 мл	63	98	92
	12,6+25 мл+0,4 мл	65	97	92

* Работа выполнена по заданию № 7.1955.2014/К в рамках проектной части государственного задания в сфере научной деятельности Министерства образования и науки РФ.

* The work was executed under the task № 7.1955.2014/К within the framework of the design part of the state assignment in the sphere of scientific activity of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation.

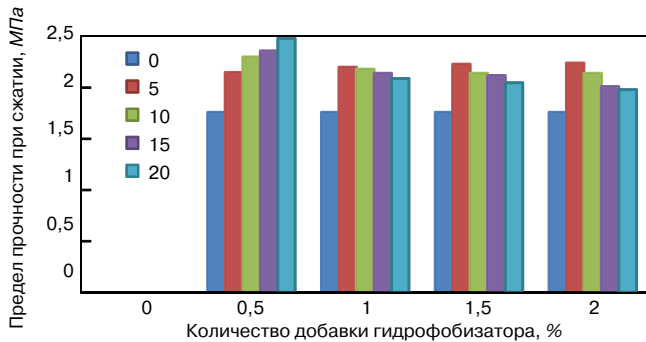


Рис. 1. Влияние количества гидрофобизатора при обработке молотого подрезного слоя на прочность газобетона

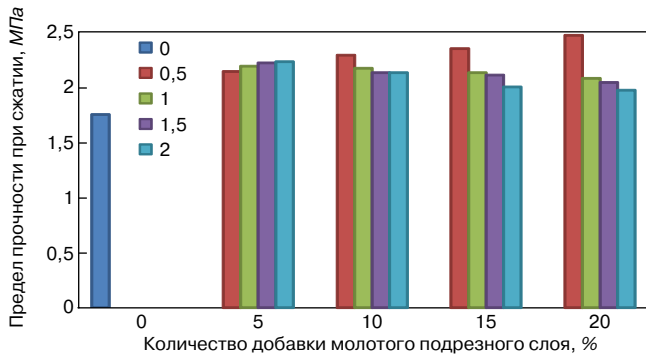


Рис. 2. Влияние количества молотого подрезного слоя, обработанного гидрофобизатором, на прочность газобетона

Как правило, известковые заводы выпускают быстрогидратирующуюся известь, характеризующуюся временем гидратации 1–5 мин [4]. Первоначально проведен анализ влияния гидрофобизаторов (ГФ) на гашение извести (см. таблицу). Из числа исследованных гидрофобизаторов выбран гидрофобизатор ФЭС-50, поскольку он в меньшей степени снижает температуру гашения извести.

Далее был подготовлен отход газобетона путем измельчения и обработкой гидрофобизатором ФЭС-50, который затем вводили в смесь одновременно с известью. Количество гидрофобизатора варьировали от 0,5 до 2%, поскольку известен эффект малых дозировок [5, 6]. Для изготовления газобетона плотностью D600 применяли: портландцемент ПЦ500Д0 Жигулевского завода; известь строительную порошкообразную ООО «Фельс Известь»; песок для строительных работ, измельченный до удельной поверхности 300 м²/кг; пудру алюминиевую ПАП-2 и сульфатол. Из полученной газобетонной смеси с распылом 26–28 см по Суттарду заливали образцы-кубы с ребром 15 см. После суток нормального твердения формы раскрывали и образцы подвергали автоклавной обработке при давлении 1,2 МПа. После этого образцы испытывали на сжатие и с учетом влажности рассчитывали прочность. При этом прочность контрольного образца составляла 1,76 МПа. Результаты влияния расхода количества гидрофобизатора на обработку молотого подрезного слоя и на прочность газобетона представлены на рис. 1.

Как видно из результатов эксперимента, прочность бетона с увеличением количества гидрофобизатора уменьшается. При 0,5% содержании гидрофобизатора ФЭС-50 и 20% подрезного слоя достигнута максимальная прочность. Использование комплексной добавки в количестве 20%, состоящей из молотого подрезного слоя, обработанного гидрофобизатором (0,5%), повышает прочность при сжатии газобетона на 41%. Использование добавки подрезного слоя в таком количестве позволит полностью использовать образующийся подрезной слой.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- молотые отходы с предварительной гидрофобизацией производства ячеистого бетона оказывают положительное влияние на формовочный процесс;
- молотые отходы с предварительной гидрофобизацией производства ячеистого бетона повышают прочность изделий;
- оптимальное количество гидрофобизатора составляет не более 0,5%;
- молотые отходы ячеистого бетона с предварительной гидрофобизацией позволяют снизить расход сырьевых материалов на 20% и утилизировать образующиеся отходы.

Список литературы

1. Вишневецкий А.А., Гринфельд Г.И., Куликова Н.О. Анализ рынка автоклавного газобетона России // *Строительные материалы*. 2013. № 7. С. 40–44.
2. Сажнева Н.Н., Сажнев Н.П., Урецкая Е.А. Защитные системы для отделки ячеистого бетона пониженной плотности // *Строительные материалы*. 2009. № 1. С. 17–19.
3. Морозова Н.Н., Кузнецова Г.В., Голосов А.С. Влияние цементов разных производителей на свойства ячеисто-бетонной смеси автоклавного газобетона // *Строительные материалы*. 2014. № 5. С. 49–51.
4. Синянский В.И., Леонтьев Е.Н. Роль синтеза гидросиликатов из оксидов кальция и кремния в технологии автоклавных ячеистых бетонов // *Строительные материалы*. 2009. № 9. С. 44–47.
5. Хозин В.Г., Морозова Н.Н., Сибгатуллин И.Р., Сальников А.В. Модификация цементных бетонов малыми легирующими добавками // *Строительные материалы*. 2006. № 10. С. 30–32.
6. Сальников А.В., Хозин В.Г., Морозова Н.Н., Демьянова В.С. Влияние комплексного модификатора на свойства цементного вяжущего // *Строительные материалы*. 2004. № 8. С. 36–37.

References

1. Vishnevsky A.A., Grinfeld G.I., Kulikova N.O. Analysis of Autoclaved Aerated Concrete Market of Russia. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 7, pp. 40–44. (In Russian).
2. Sazhneva N.N., Sazhnev N.P., Uretskaya E.A. Protective Systems for Finishing of Cellular Concrete of Low Compactness. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2009. No. 1, pp. 17–19. (In Russian).
3. Morozova N.N., Kuznetsova G.V., Golosov A.S. Influence of Cements from Different Producers on Properties of Cellular-Concrete Mix of Autoclaved Gas Concrete. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 5, pp. 49. (In Russian).
4. Sinyansky V.I., Leont'ev E.N. A Role of Synthesis of Hydrosilicates from Calcium and Silicon Oxides in Technology of Autoclave Cellular Concretes. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2009. No. 9, pp. 44–47. (In Russian).
5. Khozin V.G., Morozova N.N., Sibgatullin I.R., Sal'nikov A.V. Modification of cement concrete small alloying additions. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2006. No. 10, pp. 30–32. (In Russian).
6. Sal'nikov A.V., Khozin V.G., Morozova N.N., Dem'yanova V.S. Influence of complex modifier on the properties of the cement binder. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2004. No. 8, pp. 36–37. (In Russian).

masa

110 ЛЕТ



26 июня 2015 г. немецкая фирма MASA GmbH отметила 110-летие. Торжественные мероприятия, посвященные этому знаменательному событию, проводились одновременно на двух производственных площадках Masa GmbH: в г. Андернах, где производят камнеформовочное оборудование и установки для производства декоративных плит мощения, и в г. Порта-Вестфалика, где находится производство установок для изготовления газобетонных и силикатных изделий.

Во время проведения экскурсий на предприятия гости могли ознакомиться с организацией разработки и изготовления оборудования, новыми установками, находящимися в процессе производства, задать интересующие вопросы сотрудникам фирмы MASA. Поскольку среди гостей было много коллег – производителей строительных материалов, праздничная экскурсия то и дело превращалась в импровизированный семинар с обсуждением оборудования, перспектив развития отрасли, текущих дел на предприятиях.



В 1905 г. г-н Алоис Смачичник организовал в г. Андернах небольшую ремесленную мастерскую. К 1930 г. компания Masa превратилась в процветающее машиностроительное предприятие, производившее подъемные механизмы, транспортные установки, а также ручные формы и вибростолы для местной промышленности.

После разработки первых установок для производства тротуарной плитки и бетонных изделий в 1960 г. MASA вышла на международный рынок. В 1972 г. была произведена первая полностью автоматическая установка с электронным управлением. В последующие годы осуществлялись крупные поставки оборудования в Европу, США и страны Ближнего Востока.



Значительного укрепления своих позиций на рынке фирме MASA удалось достичь в 1999 г. благодаря приобретению известного предприятия Henke Maschinenfabrik в г. Порта-Вестфалика. Производственная программа компании расширилась и включала уже не только установки для изготовления бетонных изделий, плит мощения, но и оборудование для выпуска газобетонных блоков.

Закономерным направлением развития MASA стало приобретение в 2002 г. компании Dorstener Maschinenfabrik, которая была преобразована еще в одно структурное подразделение в г. Дорстен, специализирующееся на производстве прессового оборудования для изготовления силикатных изделий.

На протяжении 2000-2010 гг. были основаны филиалы и представительства фирмы Masa в США, ОАЭ, России, Китае, Индии.

С целью оптимизации структуры компании, повышения эффективности управления и маркетинга в 2010 г. фирма Masa AG была преобразована в Masa GmbH; обособленные подразделения Masa-Henke и Masa-Dorstener вошли в состав Masa GmbH.



С 2014 г. швейцарский фонд CGS становится совладельцем предыдущего акционера и участвует в правлении группы компаний Masa с преобладанием в капитале, что обеспечивает ее дальнейшее развитие.





Результат не заставил себя ждать – в 2015 г. фирма Masa открыла филиал в Саудовской Аравии, что существенно укрепило ее позиции в этом регионе.

Неотъемлемой частью политики развития компании является непрерывный партнерский диалог с производителями строительных материалов. Фирма Masa успешно сотрудничает с двумя крупными объединениями производителей строительных материалов в Европе, а также является членом Российской ассоциации производителей силикатных изделий и Национальной ассоциации производителей автоклавного газобетона.

На протяжении длительного времени бессменным руководителем производства, департамента продаж и закупок, а также куратором Московского представительства фирмы Masa является г-н Рольф Овезик.

Рольф Овезик родился в 1959 г. в г. Бад-Ойенхаузен, прошел техническое обучение на машиностроительном заводе Maschinenfabrik Henke GmbH, г. Порта Вестфалика. После получения высшего образования в области машиностроения он вернулся на завод Henke Maschinenfabrik GmbH дипломированным инженером и руководил конструкторским и техническим отделами, а в дальнейшем – фирмой. Г-н Овезик принимал участие в разработке многочисленных инноваций в производстве специального промышленного оборудования.

В 2000 г. он принял на себя руководство заводом компании Masa-Henke Maschinenfabrik GmbH, а затем и управление подразделениями фирмы, находящимися в городах Порта-Вестфалика и Дорстен.

В январе 2008 г. последовало приглашение в правление фирмы Masa AG. Параллельно г-н Овезик осуществлял руководство отделами маркетинга, сбыта, разработки продуктов и инжиниринга оборудования для производства газобетона и силикатного кирпича Masa-Henke Maschinenfabrik GmbH.

В ходе смены организационно-правовой формы Masa GmbH г-н Овезик был назначен исполнительным директором фирмы Masa GmbH.

В настоящее время фирма осуществляет разработку и проектирование технологических линий, изготовление и монтаж оборудования, обучение обслуживающего персонала, а также техническое сопровождение оборудования в процессе эксплуатации.

За последние 10 лет фирма MASA поставила: 30 прессов для производства силикатных изделий и/или 10 новых заводов по производству силикатных изделий, 40 установок для производства изделий из автоклавного газобетона и 15 расширений газобетонного производства, 20 установок для производства декоративных плит мощения.

Общее количество сотрудников фирмы MASA, включая основные производства и иностранные дочерние компании, составляет порядка 500 человек.

Редакцию журнала «Строительные материалы»® с компанией Masa GmbH связывает многолетнее партнерство. Мы сердечно поздравляем коллег и друзей со знаменательной датой и искренне желаем успехов и процветания. Всем сотрудникам компании – здоровья и благополучия!



Оптимизация производства АГБ при внедрении специализированных газообразователей марок Газобето

Динамичное развитие производства газобетона в России привело к формированию и развитию рынка газообразователей и, как следствие, к выделению на этом рынке сегмента специализированных продуктов, полностью ориентированных на выпуск ячеистых бетонов автоклавного твердения.

Несмотря на то что история производства газобетона в России давно перешагнула полувековой рубеж, специализированные газообразователи (продукты, строго ориентированные на выпуск АГБ) стали использоваться в производстве только с появлением первых заводов, оснащенных современным, как правило, немецким оборудованием. До этого в распоряжении технологов предприятий в качестве газообразующей добавки были алюминиевые пудры ПАП-1 и ПАП-2, что существенно ограничивало поиск оптимальных составов ячеистобетонной смеси, режимов заливки и формования. В 2003–2005 гг. в составе сырьевых компонентов вместо традиционных алюминиевых пудр ПАП стали появляться алюминиевые пасты для газобетона. Это дало производителям возможность оптимизировать процесс газообразования и влиять на качественные показатели массива-сырца путем поиска соответствующего газообразователя. В течение короткого времени не только вновь вводимые в строй предприятия, но и предприятия с оборудованием, установленным в советское время, стали использовать в составе ячеисто-бетонной смеси специализированные газообразователи (СГО). На протяжении пяти лет – с 2007 по 2012 г. – рост спроса на СГО более чем вдвое опережал рост производства газобетона. Рынок специализированных газообразователей с 2005 г. неуклонно растет, и сейчас их доля в общем объеме потребления составляет не менее 60% (рис. 1).

К наиболее известным специализированным газообразователям отечественного производства относятся марки «Газобето», разработанные и выпускаемые предприятием НСК-ТЕК. Данные продукты имеют пониженное пыление при пересыпании, что исключает вероятность воспламенения или взрыва в зоне приготовления суспензии. Следует отметить высокую активность «Газобето», что в свою очередь значительно (на 25–30% по сравнению с зарубежными аналогами) сокращает расход газообразователя. В сертификат качества «Газобето» включены необходимые для заводских технологов характеристики: кинетика газовыделения, со-

держание активного алюминия, смачиваемость. Периодически контролируются такие важные показатели, как удельная поверхность и гранулометрический состав газообразователя. На основании этих показателей формируются статистические таблицы, которые используются для оценки стабильности их свойств.

По совокупности технических характеристик продукты «Газобето» являются наиболее адаптивными к особенностям отечественных сырьевых компонентов, и это подтверждено конкретными практическими результатами. Уникальность линейки заключается в их специализации. Они дифференцированы по маркам в зависимости от требуемой плотности готовой продукции (D400–700) и изготовлены для производителей газобетона с учетом основных требований к газообразователям. Например, как только на рынке намечился рост выпуска газобетона плотностью D400, наше предприятие оперативно отреагировало и выпустило торговые марки «Газобетолукс» и «Газобето+400». В 2012–2013 гг. по инициативе ПСО «ТЕПЛИТ» проведены НИОКР по выпуску газообразователя для плотности D300. В результате этой работы было получено положительное заключение завода на газообразователь для плотности D350 и ведется дальнейшая работа в этом направлении. Предлагаемая линейка продуктов позволяет максимально точно соответствовать потребностям практически любого производителя АГБ. Следует отметить, что и производители неавтоклавного газобетона активно используют наши марки. Сейчас их доля в общем объеме отгрузок составляет более 10%.

Имея опыт работы в кризисные для экономики страны периоды (2008–2009 и 2014–2015 гг.), мы наблюдаем частичный возврат к использованию ПАП в производстве АГБ. Однако, как подтверждает практика, экономия на газообразователе не оправдывает ожиданий. На фоне существующих у ПАП недостатков, главными из которых являются высокое пыление и гидрофобность (необходимость введения дополнительных мер безопасности и применения ПАВ), основное, на что необходимо обратить внимание в первую очередь, – это отсутствие паспортных показателей содержания активного алюминия и кинетики газовыделения, что оборачивается серьезными рисками для производства. Также необходимо отметить, что в эти периоды резко возрастает предложение «серых» ПАП,

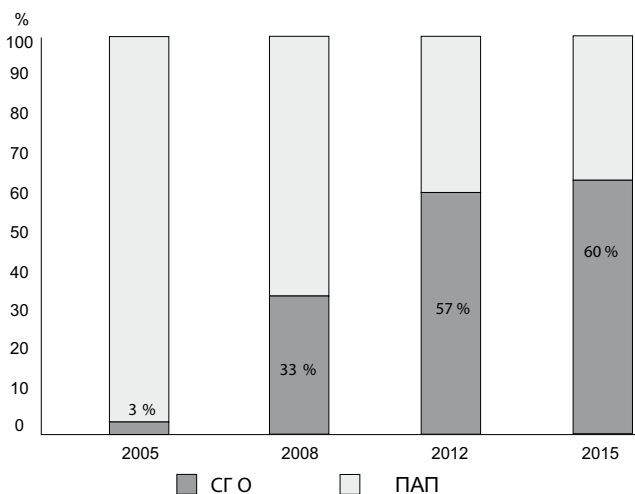


Рис. 1. Применение СГО в производстве газобетона

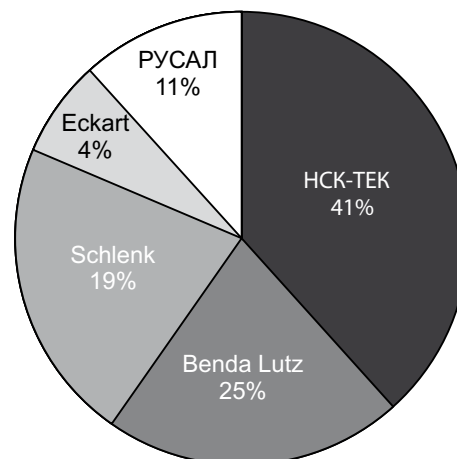


Рис. 2. Основные производители и их доля на рынке СГО РФ

использование которых при производстве газобетона недопустимо. В сложный период 2008–2009 гг. компанией НСК-ТЕК были разработаны и сейчас пользуются заслуженной популярностью бюджетные продукты «Газобето+500», «Газобето+400». В 2014 г. выпущен обновленный продукт «Газобетопласт», а сейчас готовится к выпуску совершенно новый «ГазобетоПЛЮС». Эти газообразователи оптимизированы с учетом стремления заводов сократить издержки обращения и снизить себестоимость без ущерба для качества выпускаемой продукции. Мы уверены, что уже в ближайшем будущем новые разработки найдут свою нишу в производстве газобетона.

В 2005–2015 гг. группа компаний НСК-ТЕК разработала, профинансировала и успешно реализовала отраслевую программу «Российские алюминиевые газообразователи». Опыт европейских производителей газобетона и требования технологов передовых отечественных предприятий легли в основу мультифункционального проекта по разработке, производству и продвижению отечественных газообразователей в России и странах СНГ. Практика промышленного применения продуктов, разработанных нашим предприятием, показала их высокую эффективность. В 2008 г. ГК НСК уже занимала более 20% российского рынка, к 2013 г. треть всего газобетона в России и 70% в Казахстане выпускалось с использованием газообразователей марок «Газобето», а в год завершения программы сбыт в натуральном выражении составляет более 2000 т отгруженной продукции. Важнейшим итогом стало еще и то, что сегодня газообразователи марок «Газобето» по праву заняли достойное место среди известных европейских марок, таких как Eckart, Schlenk, Benda-Lutz, что особенно важно в условиях проводимой Правительством РФ политики импортозамещения.

Несмотря на завершение программы по созданию и внедрению отечественных газообразователей марок «Газобето», ГК НСК продолжает работу над фракционным составом, улучшением физико-химических свойств и повышением эксплуатационной стабильности продукции. В настоящее время все силы сосредоточены на аттестации и запуске в серийное производство автоматического прибора по измерению массовой доли активного алюминия и кинетики выделения водорода. Прибор разработан для проведения контроля входящего сырья и интеграции новых газообразователей в используемые рецептуры ячеисто-бетонных смесей.

За истекшее десятилетие рынок газообразователей качественно изменился – произошло его четкое оформление и структурирование. ГК НСК-ТЕК сыграла в этом процессе решающую роль. Сейчас на рынке сложилось достаточно устойчивое равновесие как по производителям, так и по торговым маркам, которые они представляют (рис. 2). Конечно, с учетом современной специфики производства ячеистых бетонов автоклавного твердения изменения на рынке СГО будут продолжаться, но это будет происходить плавно, на фоне повышения требований производителей АГБ к качеству, безопасности, экологичности и экономичности используемого сырья.

Подводя итог многолетней работы, нужно обязательно отметить, что наш результат – это в первую очередь заслуга науки и производства, наших коллег – ученых, инженеров и технологов, которые совместно с нами провели сложную работу, нацеленную на внедрение в серийное производство российских специализированных газообразователей «Газобето».

С.Б. ПРОХОРОВ,
директор ГК НСК, Екатеринбург

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ АЛЮМИНИЕВЫЕ ГАЗООБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

марок

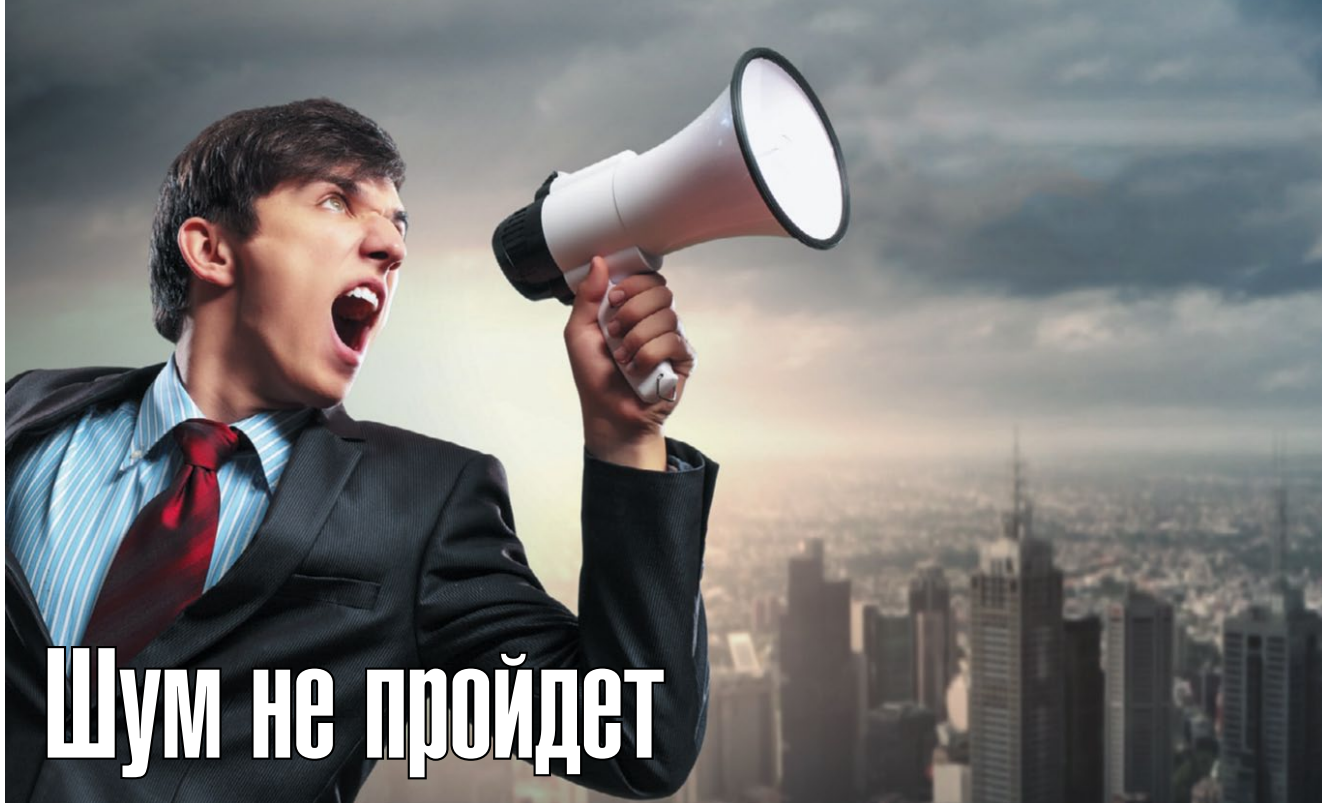
«ГАЗОБЕТО®»

- разработаны специально для производства газобетона
- дифференцированы по маркам в зависимости от требуемой плотности
Газобетолит, Газобетопласт, Газобето+500 - для 500-700 кг/м³
Газобетолюкс, ГазобетоПЛЮС, Газобето+400 - для 350-450 кг/м³
- отличаются пониженным пылением
- не требуют обработки ПАВ
- характеризуются высокой степенью стабильности по содержанию активного Al и кинетике газовыделения



+7 (343) 373-45-20, 373-45-21

www.nsktek.ru, nsk@nsktek.ru



Шум не пройдет

Сегодня, наверное, нет ни одного жителя мегаполиса, который хоть раз не почувствовал бы симптомы хронической усталости – болезни, ставшей одной из самых актуальных проблем XXI века.

Факторов, провоцирующих подобное состояние, много, и один из них шум. Шум от транспорта и офисной техники, непрерывных телефонных звонков и бормотания телевизора. Даже среди ночи возможны сюрпризы от беспокойных соседей, особенно в монолитных и панельных многоэтажных домах. Так что делать и где искать спасение?

Очевидный ответ – шумоизоляция.

Что такое шумоизоляция

Это снижение уровня звукового давления после прохождения волны сквозь преграду: стены, пол или перекрытие. Звуковая волна в данном случае – это шум, порожденный десятками разных источников. Акустическая инженерия разделяет весь шум, применительно к помещениям и территориям, на два вида: воздушный и ударный.

Существуют нормы и правила, которые регламентируют допустимые уровни такого шума.

Какой уровень шума не навредит

В соответствии с нормативами (СанПиН, СНиП, СН) допустимый эквивалентный уровень звукового давления внутри помещений может находиться в пределах 25–95 дБА в зависимости от назначения помещения. Для жилых помещений санитарные нормы рекомендуют уровень шума в пределах 40 Дб.

Также следует отметить, что нормы шума принято разделять на дневные и ночные с разницей 10 дБА. И такое, казалось бы, незначительное уменьшение звукового давления воспринимается человеческим ухом как шум, ослабленный в два раза.

Что делать, чтобы защититься от шума

В идеале комплекс мероприятий для снижения уровня шумовой нагрузки должен быть заложен еще в проекте здания. На практике про акустические мероприятия чаще всего вспоминают уже на этапе строительства.

К сожалению, шумоизоляция в квартире остается личной необходимостью тех, кто желает оградить себя от посторонних звуков. Особенно остро этот вопрос стоит для жителей панельных домов, где стены, как прави-

ло, хорошо пропускают звук. Обеспечить стопроцентную шумоизоляцию практически невозможно, но в большинстве случаев достаточно снизить уровни проникающих в помещение шумов до нормативного или как минимум нераздражающего уровня.

Постоянно развивающийся рынок строительных материалов и технологий предлагает множество вариантов, способных обеспечить эффективную защиту от посторонних звуков любого происхождения, а современные материалы могут обеспечить высокий уровень шумоизоляции любого помещения. Для достижения этой цели очень важен комплексный подход.

Как правило, для увеличения звукоизолирующих свойств ограждающих конструкций применяются каркасные гипсокартонные облицовки стен и потолка. Этот метод достаточно прост и технологичен.

Гипсокартон используют для строительства внутренних перегородок, потолков, полов, облицовки как новых, так и старых стен, а также для изготовления декоративных и звукопоглощающих изделий. Специалисты отмечают плюсы этого материала, среди которых помимо хороших звукоизоляционных свойств – долговечность, эстетичный внешний вид, идеально гладкая поверхность, безопасный химический состав, который не угрожает окружающей среде и здоровью человека.

Немецкая компания КНАУФ является одним из известнейших производителей гипсокартона в мире и по праву занимает лидирующее положение в этом сегменте рынка. Используя свой богатый опыт производства и применения гипсокартона, специалисты компании выпускают стройматериалы, идеально приспособленные для решения любых строительных задач.



В течение всего технологического процесса и по его окончании КНАУФ-листы (ГКЛ) и КНАУФ-суперлисты (ГВЛ) проходят жесткий технический контроль. Качество продукции подтверждается ГОСТом, сертификатом соответствия, сертификатом пожарной безопасности и гигиеническим заключением на применение в жилищно-гражданском строительстве.

Что собой представляет КНАУФ-лист

Это сердечник из гипса с армирующими добавками, с двух сторон облицованный специальным устойчивым картоном. ГКЛ производятся в соответствии с ГОСТ 6266–97 и отвечают немецкому стандарту (DIN 18 180). Картон выступает в роли армирующего каркаса и помимо прочего является отличной основой для отделки, будь то обои, краска, плитка или декоративная штукатурка.

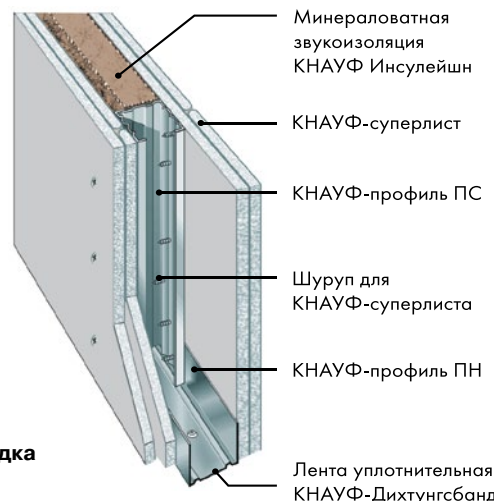
Работа с ГКЛ проста и занимает сравнительно мало времени. При своей довольно высокой прочности его структура способствует накоплению тепла, гипсокартон также регулирует влажность в помещении.

Что представляет собой ГВЛ КНАУФ

КНАУФ-суперлист – гипсоволокнистая прессованная плита из смеси гипсового вяжущего и волокон распущенной целлюлозы. Множество уникальных свойств делает этот материал пригодным для использования в самых сложных условиях. Сегодня это один из универсальных материалов, используемых для устройства перегородок, полов, облицовки стен и потолков.

Прочность ГВЛ при сжатии значительно выше, чем у гипсокартона, – 5,5 МПа против 2 МПа у ГКЛ. Это позволяет использовать КНАУФ-суперлисты для устройства сухих стяжек: сборное основание пола из листов ГВЛ укладывается как на сухую засыпку КНАУФ, так и на тепло- и звукоизоляционные материалы – в зависимости от строительной задачи на бетонные и деревянные перекрытия.

Звуковые волны на пути вверх не встречают каких-либо препятствий, поэтому звукоизоляция пола — это необходимость. Если при передаче через воздух какое-то количество звуковой энергии рассеивается, то в случае с ударным шумом плита перекрытия непосредственно излучает шум в нижерасположенное помещение. Кроме того, звуковая энергия передается с перекрытия на все примыкающие к ней конструкции стен здания.



Перегородка
С 362

Повышенная прочность делает ГВЛ идеальным материалом для отделки различных помещений в жилых и общественных зданиях, а также в офисных и вспомогательных помещениях производственных зданий.

Победа над шумом

Следует понимать, что эффективная шумоизоляция — это всегда конструкция, а не отдельно взятый материал. Благодаря однородной структуре способность КНАУФ-суперлистов задерживать воздушный шум почти в полтора раза выше, чем у гипсокартона (35 дБ против 25 дБ соответственно). Если увеличить количество листов в облицовке, то можно собрать из ГВЛ акустическую перегородку на каркасе с минеральной ватой внутри (см. схему). Такая конструкция существенно снизит воздушный шум, а при использовании виброподвесов акустическая обшивка из ГВЛ защитит и от ударного шума.

Являясь материалом для сухого строительства, КНАУФ-листы и КНАУФ-суперлисты обладают всеми преимуществами этого способа строительства и отделки:

- легкость и быстрота монтажа каркасно-обшивных конструкций;
- отсутствие трудоемких мокрых процессов;
- технологичность в обработке;
- экономия пространства помещения;
- экологически абсолютно чистый материал.

За счет применения новейших технологических решений продуктивность проводимых работ при использовании конструкций КНАУФ значительно увеличивается, при этом достигается эффект меньшей массы и толщины.

Академия КНАУФ

Для достижения высоких показателей надежности конструкций необходимо строго следовать технологии монтажа. В связи с этим компания КНАУФ организовала сеть учебных центров по всей стране, в которых как профессионалы, так и домашние мастера могут получить на практике все необходимые знания в области сухого строительства. Только при соблюдении всех технологических требований устройства конструкций можно гарантировать, что излишние шумы не будут проникать в жилье и отрицательно влиять на здоровье людей.

Автоматизированный комплекс для определения активности алюминия и кинетики газовыделения

В настоящее время в лабораториях заводов по производству автоклавного газобетона осуществляется входной контроль качества практически всех видов сырья, исключением являются только алюминиевые газообразователи, несмотря на то что значение этого материала в получении качественного газобетона очень велико. Большинство предприятий на свой страх и риск полагаются на паспортные характеристики, предоставляемые поставщиком. В редких лабораториях, используя методики 80-90-х гг. прошлого столетия, проводят контроль газообразователей, причем зачастую регулярному контролю подвергается только одна из качественных характеристик, что не позволяет полностью раскрыть характер сырья и предсказать его работу в промышленных условиях.

Качество газообразователей определяют три основные характеристики: гранулометрический состав, кинетика газовыделения и массовая доля активного алюминия. Для определения гранулометрического состава имеются методики и оборудование, позволяющие точно оценить состав продукта по размерам частиц, но, как показала практика, контроль данных параметров газобетонными предприятиями-потребителями не проводится. Для контроля двух других характеристик газообразователей в настоящее время не существует единой технически совершенной методики и аппаратуры. Используемые способы определения массовой доли активного алюминия и контроля кинетики выделения водорода основаны на газовольнометрическом методе измерений. Данные методики реализуются с помощью установок, состоящих обычно из набора сообщающихся между собой стеклянных колб и бюреток и имеют ряд существенных недостатков:

– все операции по подготовке и проведению измерений проводятся вручную;

– отсутствует надежный контроль герметичности системы во время проведения работ;

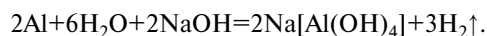
– визуальная фиксация результатов и ручной режим заполнения рабочего журнала;

– низкая надежность установок из-за наличия стеклянных изделий.

Указанные недостатки, присущие газовольнометрическому методу измерений, обуславливают трудоемкость, низкую технологичность выполняемых исследований и приводят к возникновению дополнительных погрешностей результатов измерений.

В 2013 г. с целью автоматизации процесса измерений, повышения точности и исключения влияния человеческого фактора специалистами компании «НСК-ТЕК» начата разработка прибора, принцип работы которого основан на манометрическом методе измерений. Для решения поставленной задачи были проведены исследования в сотрудничестве с научно-производственным предприятием «Геосфера», позволившие создать специализированный прибор «Кальциметр манометрический» (рис. 1). Комплекс обеспечивает возможность одновременного исследования двух навесок газообразователя, одна из которых используется для определения активности алюминия при взаимодействии с раствором гидроксида натрия, а другая – для получения кинетической кривой газовыделения в процессе реакции с раствором известкового молока. Прибор состоит из двух блоков: аналитического и компрессорного. Аналитический блок служит для проведения измерений, осуществляемых в каждой из двух реакционных камер, и для управления компрессорным блоком, который обеспечивает создание избыточного давления воздуха, необходимого для контроля герметичности реакционных камер и управления поршневым дозатором. Каждая реакционная камера смонтирована над магнитной мешалкой, оснащена датчиком температуры и сообщена с индивидуальным датчиком давления. В нижней части камеры имеется резьба для ввинчивания стакана с контейнером, в который предварительно засыпают навеску образца исследуемого газообразователя. Автономное управление прибором осуществляется программой, записанной в энергонезависимую память микропроцессора с помощью меню, содержащего набор альтернатив, которые выводятся на экран дисплея прибора и обеспечивают диалоговый режим управления с использованием клавиатуры.

Для определения массового содержания активного алюминия контейнер с навеской газообразователя устанавливают в реакционную камеру, после чего запускается программа и осуществляется автоматическая подача водного раствора гидроксида натрия. При поступлении в камеру раствора NaOH автоматически включается магнитная мешалка. В процессе активного перемешивания щелочь растворяет оксидную пленку на поверхности частиц алюминия, взаимодействие которого с водой приводит к выделению водорода:



По измеренным значениям давления и температуры газа в реакционной камере микропроцессор рассчитывает массовую долю активного алюминия в исследуемом образце с учетом объема реакционной камеры и



Рис. 1. Кальциметр манометрический

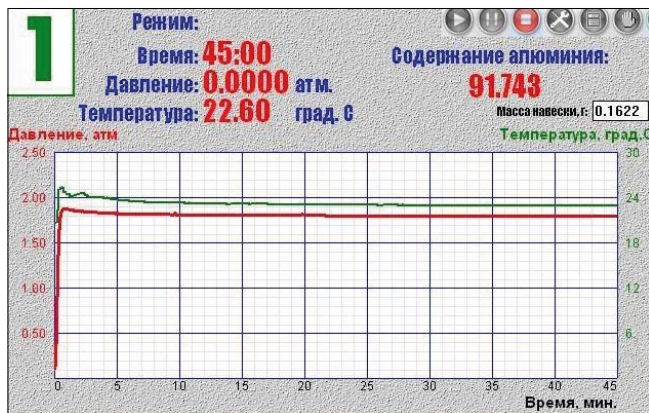


Рис. 2. Результаты измерения массовой доли активного алюминия

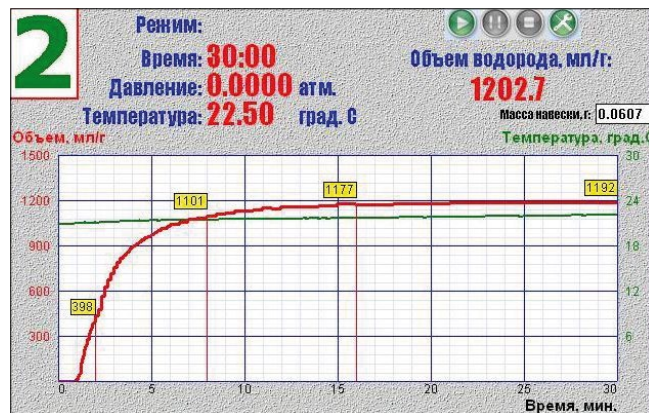


Рис. 3. Построение кривой газовыделения

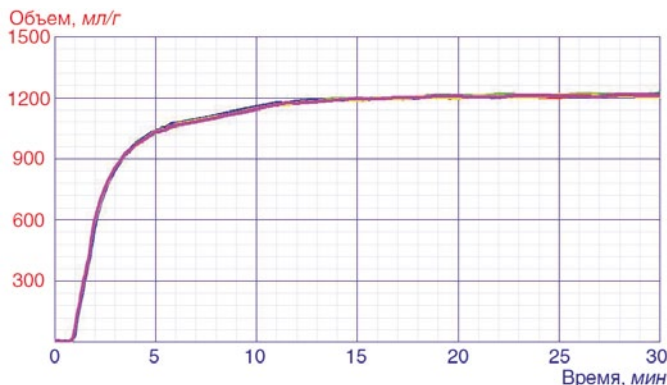
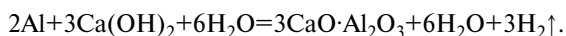


Рис. 4. Сходимость пяти измерений партии «Газобетопласт»

параметров окружающего воздуха (значений температуры, относительной влажности и барометрического давления). Измерение давления и температуры внутри камеры осуществляется каждые 4 с, при этом зафиксированные значения автоматически вносятся в специальный буфер. К четвертой минуте реакция практически завершается, выключается магнитная мешалка и начинается период стабилизации давления и температуры. По истечении 45 мин, времени, достаточного до приближения к термодинамическому равновесию в реакционной камере, на дисплей прибора выводится значение массовой доли активного алюминия в исследуемом образце, которое автоматически заносится в архив измерений (рис. 2).

При исследовании кинетики газовыделения вначале ручным дозатором осуществляют ввод в камеру раствора известкового молока, после чего автоматически начинается контроль изменения давления в реакционной камере в процессе образования водорода в соответствии с реакцией:



Обработанные данные измерений в виде значений объема выделившегося водорода, приведенного к нормальным условиям и к массе исследуемого образца 1 г, отображаются на дисплее прибора. Вывод параметров производится в ходе реакции газообразования в течение 30 мин с периодичностью от 5 с до 1 мин (рис. 3). При этом периодичность вывода данных измерений увеличивается по мере снижения интенсивности реакции.

Все результаты измерений массовой доли активного алюминия и кинетики газовыделения автоматически заносятся в архив прибора. Программное обеспечение прибора позволяет выполнять обмен данными с компьютером в реальном времени и осуществлять передачу

в компьютер результатов завершенных измерений из архива прибора. При определении активности алюминия и кинетики газовыделения предусмотрена возможность визуализации не только конечных, но и промежуточных результатов измерений. Ход реакции отображается на мониторе компьютера в виде кривых давления и температуры в камере (при взаимодействии с гидроксидом натрия) и кривой объема выделенного водорода (при взаимодействии с раствором гидроксида кальция). Для сравнения характеристик исследуемого газообразователя с продуктами других партий, марок и производителей имеется возможность наложения графиков, построенных по результатам измерений и хранящихся в архивном файле. По итогам проведенных измерений формируется и выводится на печать отчетный документ о результатах исследований любого образца в форме, удобной для пользователя.

Таким образом, применение кальциметра манометрического при проведении входного контроля алюминиевых газообразователей позволяет:

- автоматизировать процессы определения массовой доли активного алюминия и кинетики выделения водорода, исключив влияние на конечный результат человеческого фактора;
- работать как в автономном режиме, так и совместно с компьютером;
- формировать и выводить на печать отчеты по каждому измерению;
- проводить сравнение результатов различных измерений с формированием сводных таблиц и наложением графиков;
- сохранять в энергонезависимом архиве прибора результаты измерений.

В настоящее время кальциметр манометрический используется на предприятиях «СУАЛ ПМ» (г. Шелехов, Иркутская обл. и г. Волгоград) объединенной компании РУСАЛ, а также на заводе по выпуску автоклавного газобетона ЗАО «Аэробел». В условиях предприятия «НСК-ТЕК» прибор успешно применяется в течение полутора лет. Ежедневно с его помощью осуществляется входной контроль газообразователей марки «Газобето». Опыт применения этого прибора показал хорошую сходимость результатов измерений, как доли активного алюминия $\pm 0,5\%$, так и кинетики выделения водорода $\pm 1\%$ (рис. 4).

Положительные результаты работы с прибором дают все основания рассматривать его как перспективный вариант для применения на каждом предприятии, производящем газобетон.

И.В. БАЖЕНОВ,
заместитель директора по новым технологиям
ООО «НСК-ТЕК», Екатеринбург

С.Д. ЛАПОВСКАЯ¹, д-р техн. наук; О.В. СИРОТИН², инженер, Г.И. ГРИНФЕЛЬД³, инженер (greenfeld@mail.ru)

¹ Украинский научно-исследовательский институт строительных материалов и изделий (Украина, 04071, г. Киев, ул. Константиновская, 68)

² Всеукраинская ассоциация производителей автоклавного газобетона (Украина, 01001, г. Киев, ул. Бориса Гринченко, 7)

³ Национальная ассоциация производителей автоклавного газобетона (193091, г. Санкт-Петербург, Октябрьская наб., 40, литера А)

Экспериментальное определение скорости выхода начальной влаги из кладки из автоклавного газобетона в климатических условиях г. Киева

Представлены результаты замеров влажности кладки из стеновых блоков из ячеистого бетона автоклавного твердения марок по средней плотности D300, D400, D500, D600 толщиной 300 мм в начальный период эксплуатации в климатических условиях г. Киева. Проведено натурное исследование кинетики влагопереноса в однослойных ограждающих конструкциях из автоклавного ячеистого бетона и определены сроки снижения влажности стен от начальной до равновесной (эксплуатационной). В процессе эксперимента контролировались температура и влажность внутреннего воздуха ограждаемого экспериментальными конструкциями помещения и фактические значения среднемесячных температуры и влажности воздуха в г. Киеве в период с ноября 2011 по август 2013 г. Сделан вывод о возможности снижения расчетной влажности автоклавного ячеистого бетона в ДБН «Тепловая защита зданий».

Ключевые слова: начальная влага, кладка, автоклавный газобетон, однослойные ограждающие конструкции.

S.D. LAPOVSKAYA¹, Doctor of Sciences (Engineering), O.V. SIROTIN², Engineer, G.I. GRINFELD³, Engineer

¹ Ukrainian Scientific and Research Institute of Building Materials and Products (68 Konstantinovskaya Street, Kiev, Ukraine)

² All-Ukrainian Association of Autoclaved Aerated Concrete Producers (7 Borisa Grinchenko Street, 010011, Kiev, Ukraine)

³ National Association of Autoclaved Aerated Concrete Producers (40 A Oktyabr'skaya Embankment, 193091, St. Petersburg, Russian Federation)

Experimental Definition of Speed of Initial Moisture Escape from Masonry Made of Autoclaved Aerated Concrete under Climatic Conditions of Kiev

Results of measurements of humidity of the masonry made of wall blocks of cellular concrete of autoclaved hardening of the average density D300, D400, D500, D600 of 300 mm thickness at the initial stage of operation under climatic conditions of the city of Kiev are presented. A full-scale study of the kinetics of moisture transfers in single-layer enclosing structures made of autoclaved cellular concrete has been conducted; terms of reducing the moisture content of wall from the initial until the equilibrium (operational) have been defined. In the course of the experiment the temperature and humidity of the inside air in the premises with experimental enclosing structures and factual values of monthly mean temperatures and humidity in Kiev from November 2011 until August 2013 were controlled. The conclusion about possibility to reduce the calculated moisture content of autoclaved cellular concrete in DBN «Heat protection of buildings» is made.

Keywords: initial moisture content, masonry, autoclaved aerated concrete, single layer enclosing structures.

Начальный период эксплуатации каменной кладки характеризуется повышенным содержанием в ней влаги. Это свойство универсально для любой кладки и описано в работах первой половины XX в. [1]. Технологическая влага привносится в кладку как камнями, так и кладочными растворами. Строительная – попадает при хранении материалов и производстве работ. Мокрые отделочные работы дополнительно увлажняют стеновую конструкцию.

Ячеистые бетоны автоклавного твердения сразу после автоклавирования имеют влажность более 30%. Ячеистые бетоны пониженной плотности на выходе из автоклавов имеют влажность около 40 мас. %. Оказавшись в стене, ячеисто-бетонные блоки начинают интенсивную влагоотдачу. Кинетика выхода конструкций из автоклавных ячеистых бетонов на квазистационарный влажностный режим изучалась как в 1970–80-х гг. [2–4], так и в наше время [5–8]. Рассмотренные работы показывают, что снижение средней плотности и увеличение толщины ячеисто-бетонных конструкций за 40 лет привело к заметному снижению влажности бетона в стене. Важность изучения кинетики влагосодержания в начальный период эксплуатации показана в работе [9], расчетная методика, применимая для оценки влажности кладки из автоклавного газобетона [10], была разработана уже после завершения описываемой нами работы и хорошо согласуется с ее результатами.

Одной из практических задач эксперимента стало обоснование корректировки ряда нормативных документов Украины (ДСТУ на ячеистые бетоны и ДБН по проектированию тепловой защиты).

В соответствии с разработанным календарным планом выполнения научно-исследовательской работы ГП «НИИСМИ» (г. Киев) проводились исследования влажностного состояния ограждающих конструкций из ячеистого бетона автоклавного твердения, выполненных в оконных проемах лабораторного помещения ГП «НИИСМИ». Для проведения долгосрочных натуральных испытаний влажностного состояния ячеистого бетона на первом этаже института в лабораторном помещении в оконных проемах северо-западной ориентации выполнены фрагменты стеновых конструкций с использованием блоков марок средней плотности D300, D400, D500 и D600 с размерами 600×200×300 мм. В установленные сроки (1; 2; 3; 6; 9; 12; 15; 18 и 21 мес с даты окончания кладочных и отделочных работ) выполнен отбор кернов ячеистого бетона. Отобранные керны были распилены на цилиндры высотой 50 мм и промаркированы в зависимости от глубины залегания. С цилиндров, примыкающих к наружной и внутренней поверхностям кладки, был удален штукатурный слой. Отверстие, остающееся после выемки керна, заполнялось заранее приготовленным керном из газобетона соответствующей плотности. Образцы взвешивались с точностью до 0,001 г и высушивались до постоянной

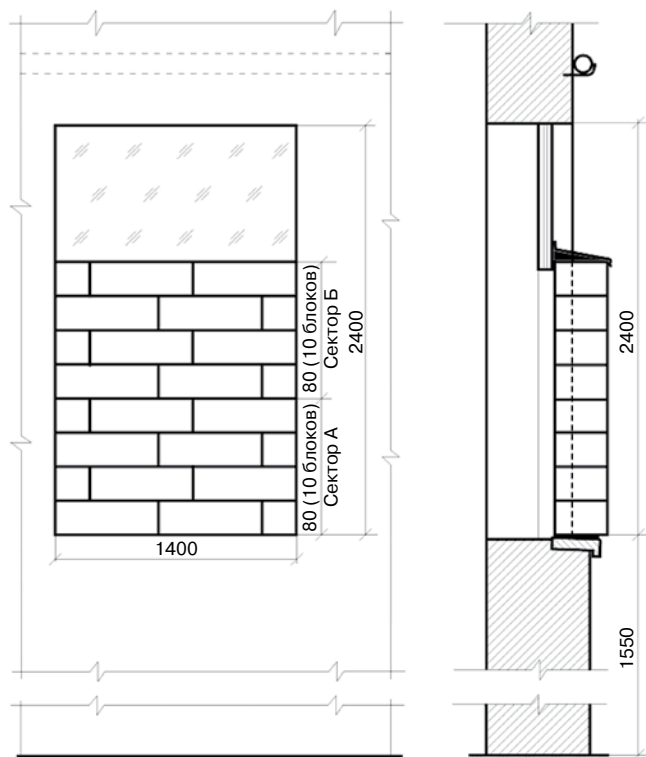


Рис. 1. Схема исследуемых фрагментов стеновых ограждений из ячеистого бетона

массы в вентилируемом сушильном шкафу при температуре 105°C.

На основании полученных данных согласно ДСТУ Б В.2.7-170:2008 было рассчитано содержание w_m влаги в отдельных слоях ограждающей конструкции из ячеистого бетона по формуле, мас. %:

$$w_m = \frac{m - m_0}{m_0} \cdot 100\%,$$

где m — масса влажного образца; m_0 — масса образца, высушенного до постоянной массы.

В период всего срока испытаний фиксировались значения температуры и влажности в середине лабораторного помещения, а также температуры и влажности наружного воздуха (по данным интернет-ресурса <http://www.meteorprog.ua>).

Характеристики исследуемого газобетона представлены в табл. 1.

С целью моделирования наиболее неблагоприятных условий перед обустройством фрагментов стеновых ограждений блоки марок по средней плотности D500 и D600 были дополнительно увлажнены до влажности 40 мас. %.

Кладку фрагментов стеновых ограждений выполняли на растворе для тонкошовной кладки. В процессе выполнения фрагменты были тщательно изолированы от конструкции оконных проемов и друг от друга.



Рис. 2. Исследуемые фрагменты кладки

Схема выполненных фрагментов стеновых ограждений приведена на рис. 1, внешний вид до оштукатуривания — на рис. 2. Для изготовления каждого фрагмента было использовано по 10 блоков каждой марки по средней плотности.

После кладки блоков на фрагменты стеновых ограждений был нанесен штукатурный слой на основе сухой строительной смеси. Толщина слоя штукатурки внутренней отделки составила 3 мм, наружной — 5 мм. По своим характеристикам штукатурка гидрофобная, имеет коэффициент паропроницаемости $\mu=0,15$ мг/(м·час·Па), повышенную трещиностойкость и морозостойкость F50.

Лабораторное помещение, предназначенное для проведения долгосрочных натуральных испытаний, представляет собой рабочую комнату, температура в которой в отопительный период поддерживается на уровне 16°C, относительная влажность составляет 55–65%. Высота оконных проемов составляет 2400 мм, ширина — 1400 мм.

Конструктивные особенности проемов позволили относительно легко выполнить монтаж фрагментов кладки и обеспечили возможность сравнения теплозащитных свойств и влажностного состояния разных фрагментов, которые были исследованы одновременно в одинаковых условиях до наступления квазистационарного влажностного режима, который характеризует величину эксплуатационной влажности.

При проведении натуральных испытаний наружных ограждающих конструкций из ячеистого бетона определено значение фактической влажности газобетона в начальный период эксплуатации и изменение ее во времени.

Закономерности кинетики влажностного состояния ячеистых бетонов при взаимодействии с окружающей средой есть функция характеристик материала и параметров среды. В результате проведенных натуральных испытаний получены кривые распределения влажности по толщине стены в зависимости от марки по плотности ячеистого бетона. Согласно календарному плану работ период испытаний составил 21 мес.

Распределение влаги по толщине стены для каждой из плотностей в начальный период и по окончании испытаний приведено на рис. 3 и 4.

Общее влагосодержание для каждого из стеновых фрагментов в ходе испытаний в разные периоды времени показано в табл. 2 и на рис. 5.

Таблица 1

Размер изделия	Класс бетона по прочности при сжатии	Марка бетона по средней плотности	Марка по морозостойкости	Теплопроводность в сухом состоянии, Вт/(м·К)	Послеавтоклавная влажность, мас. %
300×200×600	B1,5	D300	F35	0,08	42,1
300×200×600	B2	D400	F100	0,1	40,8
300×200×600	B2	D500	F100	0,12	35
200×288×600	B2	D600	F100	0,13	34,5

Таблица 2

Период	2011		2012												2013								
	ноя	дек	январь	фев	мар	апр	май	июнь	июль	авг	сен	окт	ноя	дек	январь	фев	мар	апр	май	июнь	июль	авг	
Возраст кладки, мес	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
D300	34,5	30,22	30,4	27,9			19,7			12,6			10,6			9,14			6,8			4,91	
D400	34,1	31,3	31,64	31,6			23,6			17,9			14,7			14,22			9,5			4,86	
D500	35,46	32,8	30,86	30,4			22,1			15,8			16,9			15,68			10,8			4,78	
D600	34,2	30,62	31,32	28,1			20,1			18,3			15,5			14,3			11			4,76	
Парам. нар. возд.	T, °C	-1	5	-5	-12	2	11	23	23	28	24	22	17	7	1	-2	1	3	17	24	22	24	27
	ψ, %	89	95	86	78	91	94	87	81	82	86	86	87	93	95	87	80	83	96	85	84	80	76
Парам. внутр. возд.	T, °C	16	16	16	16	16	17	20	22	22	22	21	19	16	17	16	17	20	22	22	22	22	22
	ψ, %	62	63	62	63	63	56	62	63	63	63	62	63	63	57	57	63	63	63	63	63	62	62

Влажность бетона в толще стены в начальный период распределена в сечении ячеистого бетона достаточно равномерно, с некоторым снижением от середины до наружной (20–25 см) и внутренней (0–5 см) поверхностей стены.

Полученные результаты влажности бетона в толще стены принимаются за начальные данные и относительно их в дальнейшем проводятся исследования интенсивности снижения влажности стеновой конструкции.

Через 21 мес эксплуатации средняя влажность ячеистого бетона стены составила:

- фрагмент № 1 D300 4,91%;
- фрагмент № 2 D400 4,86%;
- фрагмент № 3 D500 4,78%;
- фрагмент № 4 D600 4,76%.

В результате проведенных исследований определена скорость снижения влажности ячеистого бетона стены от начальной (40 мас. %) до равновесной. Исследовано изменение влажности бетона при эксплуатации однослойных ограждающих конструкций с наружной и внутренней тонкослойной минеральной штукатуркой.

За первые три месяца эксплуатации (декабрь, январь, февраль) стеновой конструкции выявляется интенсивное высыхание внутренней поверхности стены на глубине до 5–10 см.

Скорость снижения влажности ячеистого бетона стены значительно увеличивается и происходит по всей толще стены в весенний, летний и осенний периоды эксплуатации (с 3 по 12 мес). Внутренние слои бетона теряют в этот промежуток времени влажность на уровне 30–60%. А бетон марки D300 – до 70%.

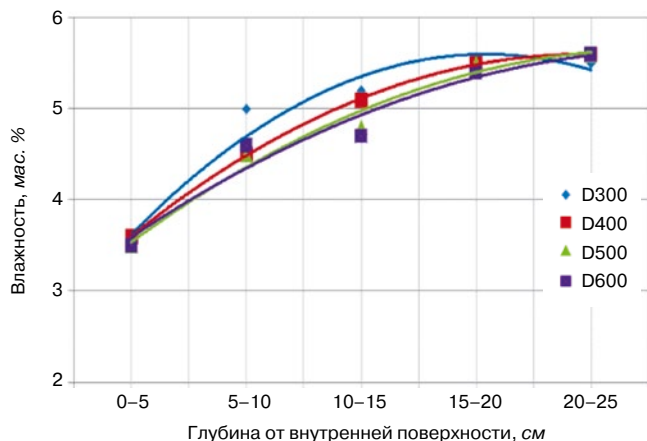


Рис. 4. Распределение влажности бетона в толще стены через 21 мес после ее возведения (после окончания испытаний)

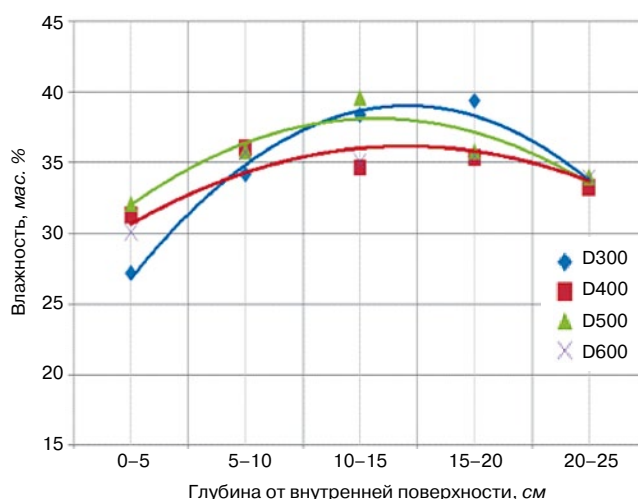


Рис. 3. Распределение влажности бетона по толщине стены после ее возведения (начальный период)

В зимние месяцы (с 12-го по 15-й мес) наблюдается значительное замедление высыхания. Внутренняя часть кладки (на глубине 0–15 см) теряет влажность лишь на 2–4%, в наружных слоях влажность увеличивается.

За следующие шесть месяцев весенне-летнего периода (с 12-го по 15-й мес) влажность бетона однослойной ограждающей конструкции из мелких блоков ячеистого бетона снизилась до значений, не превышающих 5%: для марки D300 – 4,91%; D400 – 4,86%; D500 – 4,78%; D600 – 4,76%.

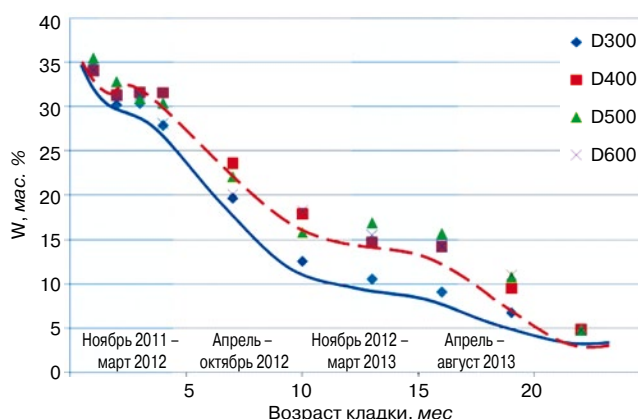


Рис. 5. Среднее влагосодержание исследуемых фрагментов кладки в разном возрасте

Выводы. Анализ исследования влажности фрагментов стены показал, что влажность по массе ячеистого бетона изменяется как по величине, так и по характеру распределения в сечении стены. В первый зимний период эксплуатации кладки (1-й, 2-й и 3-й мес) ее высыхание происходило внутрь, в 10–15 см слое стены со стороны отапливаемого помещения. Влажность наружных слоев, наоборот, несколько возростала. С 6-го месяца эксплуатации при повышении температуры окружающей среды высыхание в наружных слоях кладки ускорилось и дальнейший влагоперенос осуществлялся интенсивно в обоих направлениях от центра стены к ее поверхностям.

Полученные экспериментальные данные по кинетике влагосодержания кладки в начальный период эксплуатации позволяют обосновать:

- рекомендации по установлению расчетных характеристик ячеистых бетонов при проектировании конструкций из них;
- рекомендации к рациональному применению ячеистого бетона в конструкциях;
- предложения по уточнению теплофизических показателей стен из ячеистого бетона, в том числе для определения конструкции внешних стен в условиях обеспечения нормативного термического сопротивления для реального диапазона годовой динамики эксплуатационного влагосодержания материала;
- исключение из нормативов требований к значению отпускной влажности бетона.

Список литературы

1. Васильев Б.Ф. Натурные исследования температурно-влажностного режима жилых зданий. М.: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1957. 215 с.
2. Гаевой А.Ф., Качура Б.А. Качество и долговечность ограждающих конструкций из ячеистого бетона. Харьков: Вища школа, 1978. 224 с.
3. Автоклавный ячеистый бетон: Пер. с англ./ Ред. совет: Г. Бове и др. М.: Стройиздат, 1981. 88 с.
4. Силаенков Е.С. Долговечность изделий из ячеистых бетонов. М.: Стройиздат, 1986. 176 с.
5. Семченков А.С., Ухова Т.А., Сахаров Г.П. О корректировке равновесной влажности и теплопроводности ячеистого бетона // *Строительные материалы*. 2006. № 6. С. 3–7.
6. Гринфельд Г.И., Куптараева П.Д. Кладка из автоклавного газобетона с наружным утеплением. Особенности влажностного режима в начальный период эксплуатации // *Инженерно-строительный журнал*. 2011. № 8 (26). С. 41–50.
7. Славчева Г.С., Чернышов Е.М., Коротких Д.Н., Кухтин Ю.А. Сравнительные эксплуатационные теплозащитные характеристики одно- и двухслойных стеновых газосиликатных конструкций // *Строительные материалы*. 2007. № 4. С. 13–15.
8. Schoch T., Kreft O. The influence of moisture on the thermal conductivity of AAC // *5th International conference on Autoclaved Aerated Concrete «Securing a sustainable future»*. Bydgoszcz, Poland. 2011. September, 14–17, pp. 361–370.
9. Крутилин А.Б., Рыхленок Ю. А., Лешкевич В.В. Теплофизические характеристики автоклавных ячеистых бетонов низких плотностей и их влияние на долговечность наружных стен зданий // *Инженерно-строительный журнал*. 2015. № 2 (54). С. 46–55.
10. Гагарин В.Г., Пастушков П.П. Количественная оценка энергоэффективности энергосберегающих мероприятий // *Строительные материалы*. 2013. № 6. С. 7–9.

11. Пастушков П.П., Гринфельд Г.И., Павленко Н.В., Беспалов А.Е., Коркина Е.В. Расчетное определение эксплуатационной влажности автоклавного газобетона в различных климатических зонах строительства. *Вестник МГСУ*. 2015. № 2. С. 60–69.

References

1. Vasil'ev B.F. *Naturnye issledovaniya temperaturno-vlazhnostnogo rezhima zhilykh zdaniy* [Field investigations of temperature and humidity conditions of residential buildings]. Moscow: State Publishing House of Literature on construction and architecture. 1957. 215 p.
2. Gaevoy A.F., Kachura B.A. *Kachestvo i dolgovechnost' ogradhdayushchikh konstruktсий iz yacheistogo betona* [The quality and durability of the frame structures of cellular concrete]. Kharkov: Vishcha shkola. 1978. 224 p.
3. *Avtoklavnyi yacheisty beton* [Autoclaved aerated concrete]. Trans. from English / Ed. Board: G. Bove and others. Moscow: Stroyizdat. 1981. 88 p.
4. Silaenkov E.S. *Dolgovechnost' izdelii iz yacheistyx betonov*. [Durability of products from cellular concrete]. Moscow: Stroyizdat. 1986. 176 p.
5. Semchenkov A.S., Ukhova T.A., Sakharov G.P. On the adjustment of the equilibrium moisture content and thermal conductivity of aerated concrete. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials] 2006. No. 6, pp. 3–7. (In Russian).
6. Grinfel'd G.I., Kuptaraeva P.D. Autoclaved aerated concrete masonry with external insulation. Features of moisture conditions during the initial period of operation. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. 2011. No. 8 (26), pp. 41–50. (In Russian).
7. Slavcheva G.S., Chernyshov E.M., Korotkikh D.N., Kukhtin Yu.A. Comparative performance heat-shielding characteristics of one- and two-layer silicate wall constructions. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2007. No. 4, pp. 13–15. (In Russian).
8. Schoch T., Kreft O. The influence of moisture on the thermal conductivity of AAC. *5th International conference on Autoclaved Aerated Concrete «Securing a sustainable future»*. Bydgoszcz, Poland. 2011. September, 14–17, pp. 361–370.
9. Krutinin A.B., Rykhlenok Yu. A., Leshkevich V.V. Thermal characteristics of autoclaved aerated concrete of low densities and their impact on the durability of the exterior walls of buildings. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. 2015. No. 2 (54), pp. 46–55. (In Russian).
10. Gagarin V.G., Pastushkov P.P. Quantitative assessment of energy efficiency of energy saving measures. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 6, pp. 7–9. (In Russian).
11. Pastushkov P.P., Grinfel'd G.I., Pavlenko N.V., Bepalov A.E., Korkina E.V. Calculated certain operating humidity of AAC in different climatic zones of construction. *Vestnik MGSU*. 2015. No. 2, pp. 60–69. (In Russian).

ПОДПИСКА

НА ЭЛЕКТРОННУЮ ВЕРСИЮ

журнала «Строительные материалы»®

<http://ejournal.rifsm.ru/>

УДК 666.973.6

А.В. ГРАНОВСКИЙ¹, канд. техн. наук (1747787@list.ru), Б.К. ДЖАМУЕВ¹, канд. техн. наук (dbk-07@mail.ru);
А.А. ВИШНЕВСКИЙ², канд. техн. наук, исполнительный директор;
Г.И. ГРИНФЕЛЬД³, инженер, исполнительный директор (greenfeld@mail.ru)

¹ Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций (ЦНИИСК) им. В.А. Кучеренко (109428, г. Москва, ул. 2-я Институтская, 6)

² «ПСО «Теплит» ООО (623700, Свердловская обл., г. Березовский, ул. Чапаева, 39/4)

³ Национальная ассоциация производителей автоклавного газобетона (193091, г. Санкт-Петербург, Октябрьская наб., 40, литера А)

Экспериментальное определение нормального и касательного сцепления кладки из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения на различных клеевых составах

В 2013–2014 гг. в Лаборатории сейсмостойкости конструкций Центра исследований сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко (ОАО «НИЦ «Строительство») по заказу Национальной ассоциации производителей автоклавного газобетона была выполнена работа по теме: «Определение экспериментальным путем нормального и касательного сцепления растворов и клеевых составов, укладываемых тонким слоем, с блоками из ячеистого бетона автоклавного твердения». В работе были исследованы кладочные швы толщиной до 2 мм, образованные тремя видами цементных растворов для тонкошовной кладки и одним полиуретановым монтажным клеем. Исследовались швы в кладке из ячеистого бетона автоклавного твердения плотностью от 300 до 600 кг/м³ и прочностью от 1,7 до 7,3 МПа. По результатам исследований установлено, что кладка I категории (с сопротивлением растяжению по неперевязанному сечению ≥ 180 кПа) может быть выполнена из блоков класса по прочности B1,5.

Ключевые слова: автоклавный газобетон, ячеистый бетон автоклавного твердения, нормальное сцепление, касательное сцепление, раствор для тонкошовной кладки, клей для кладки, кладочный шов.

A.V. GRANOVSKIY¹, Candidate of Sciences (Engineering) (1747787@list.ru), B.K. DZHAMUEV¹, Candidate of Sciences (Engineering) (dbk-07@mail.ru);
A.A. VISHNEVSKIY², Candidate of Sciences (Engineering), Executive Director; G.I. GRINFELD³, Engineer, Executive Director (greenfeld@mail.ru)

¹ Central Research Institute of Building Constructions named after V.A. Kucherenko (6, 2nd Institut'skaya Street, Moscow, 109428, Russian Federation)

² "Teplit" PSO OOO (39/4, Chapaeva Street, Berезovskiy, 623700, Sverdlovsk Region, Russian Federation)

³ National Association of autoclaved aerated concrete (Letter A, 40, Oktyabr'skaya Embankment, Saint Petersburg, 193230, Russian Federation)

Experimental Determination of Normal and Shear Adhesion in the AAC-Blocks Masonry at Various TLM Adhesive Compositions

In 2013–2014, Laboratory of seismic stability of structures of the Research Center of Earthquake Resistance of Structures of TSNIIISK named after V.A. Kucherenko (JSC Research Center of Construction) by the order of the National Association of Autoclaved Aerated Concrete Producers executed the work on "Experimental determination of normal and shear adhesion of mortars and adhesive compositions, laid by thin layers, to cellular concrete blocks of autoclaved hardening". Masonry joints of up to 2 mm thickness formed by three types of cement mortars for the thin-layer masonry and a layer of polyurethane assembly adhesive have been studied in this work. Joints in the masonry made of cellular concrete of autoclaved hardening of 300–600 kg/m³ density and 1.7–7.3 MPa strength have also been studied. By results of studies, it is established that the masonry of the first category (with a tensile strength along the non-tied section ≥ 180 kPa) can be made of blocks of B1.5 strength).

Keywords: autoclaved aerated concrete, cellular concrete of autoclaved hardening, normal adhesion, shear adhesion, mortar for thin-layered masonry, adhesion for masonry, masonry joint.

Значительную долю на рынке стеновых материалов занимают изделия для каменной кладки с высокой точностью геометрических размеров. Основная часть таких изделий представлена блоками из ячеистого бетона автоклавного твердения по ГОСТ 31360–2007 «Изделия стеновые неармированные из ячеистых бетонов автоклавного твердения. Технические условия». Высокая точность размеров (отклонения по высоте блоков в пределах ± 1 мм) позволяет при их кладке исключить формирование выравнивающего кладочного шва и ограничиться созданием между блоками адгезионного слоя минимальной толщины.

Кладочный шов между блоками с допусками по высоте в пределах 1–2 мм может быть сформирован не кладочными растворами по ГОСТ 8013–98, а растворами и клеями, специально предназначенными для устройства кладочного шва малой толщины. Обычный кладочный раствор имеет неоднородности, обусловленные как качеством самого раствора, так и технологией его нанесения. В результате в горизонтальном шве возникают участки с различной степенью уплотнения и разным водоотделением, обуславливающими различные физико-механические характеристики затвердев-

шего раствора на различных участках кладки. Эта неоднородность приводит к тому, что кладочный элемент (блок, кирпич, камень) при вертикальных нагрузках на кладку кроме сжатия испытывает еще и изгиб. В результате прочность кладки оказывается заметно ниже прочности составляющих ее материалов в отдельности [1]. Кладка из элементов с высокой точностью геометрических размеров с горизонтальными швами толщиной до 3 мм лишена этого недостатка.

Применение специализированных растворов, приготовляемых, как правило, из сухих строительных смесей по ГОСТ 31357–2007 и дополнительным техническим требованиям, или полимерных клеев для каменной кладки имеет дополнительным следствием сравнительно высокую адгезию материала кладочного шва к блокам. Необходимость обеспечить удобоукладываемость раствора на сильнопитывающих основаниях и его твердение в тонких слоях делает неизбежной модификацию раствора полимерными добавками.

Результаты исследований, закрепленные в разработанных ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко документах СНиП II-22–81 «Каменные и армокаменные конструкции» и «Рекомендации по применению стеновых мел-

Таблица 1

Сопоставление нормируемых характеристик каменной кладки в РФ и Евросоюзе

Параметр	Обозначение в СП 15.13330	Значение показателя	Обозначение в EN 1996-1-1	Значение показателя
Сопrotивление кладки сжатию	R	Табличные значения в зависимости от прочности раствора. Значения для тонкослойного раствора не указаны	f_k	$f_k=0,8f_b^{0,7}f_m^{0,3}$ при кладке с обычными швами (10–12 мм) и $f_k=0,8f_b^{0,85}$ при кладке с тонкими швами (0,5–3 мм)
Сопrotивление кладки растяжению при изгибе (неперевязанное сечение)	R_{tb}	В зависимости от прочности раствора До 0,12 МПа	f_{xk1}	0,05–0,1 МПа для растворов 10–12 мм 0,15 МПа для TLM-раствора
Сопrotивление кладки растяжению при изгибе (перевязанное сечение)	R_{tb}	В зависимости от прочности раствора До 0,25 МПа	f_{xk2}	Раствор 0,2–0,4 МПа TLM-раствор 0,2–0,3 МПа
Сопrotивление кладки срезу (неперевязанное сечение)	R_{sq}	До 0,16 МПа	f_{vk}	Раствор 0,15 МПа TLM-раствор 0,3 МПа
Дополнительно в СП 14.13330 и СП 15.13330				
Сопrotивление осевому растяжению (неперевязанное и перевязанное сечения)	R_t	До 0,08 МПа	–	–

Таблица 2

Характеристики исследованных ячеистых бетонов

Марка бетона по средней плотности	Класс бетона по прочности при сжатии	Кубиковая прочность, МПа	Призменная прочность, МПа	Модуль упругости, МПа
D300	B1,5	1,92	1,53	630
D400	B1,5	1,97	1,7	780
D300	B2	2,31	1,93	740
D400	B2	2,56	1,83	970
D400	B2,5	2,83	3,07	1310
D500	B2,5	3,86	3,43	1550
D500	B3,5	4,23	4,17	1930
D600	B3,5	5,31	4,57	1690
D600	B5	7,32	5,23	2430

Таблица 3

Результаты испытаний опытных образцов из ячеисто-бетонных блоков на осевое растяжение R_{tt} , кПа

	Бесшовный образец в виде «8»	Раствор «А»	Раствор «В»	ППУ-клей
D300 B1,5	140	140	174	–
D300 B2	129	–	177	180
D400 B1,5	118	–	142	185
D400 B2	151	152	159	–
D400 B2,5	164	–	212	238
D500 B2,5	252	211*	263	–
D600 B3,5	311	–	192*	288
D500 B3,5	–	182*	102*	159
D600 B5	–	138*	154*	266

Примечание. * Разрушение образцов по растворному шву.

ких блоков из ячеистых бетонов», показали, что сопротивление сжатию кладок при толщине растворных швов не более 5 мм возрастает на 20–30% в сравнении с кладками с толщиной растворного шва 10–15 мм. Аналогичные результаты закреплены в нормативе СТО 501-52-01–2007 «Применение ячеистых бетонов в несущих и ограждающих конструкциях жилых и общественных зданий в Российской Федерации. Часть 1» и подтверждены в работе [2].

Сопrotивление кладок с тонкими растворными швами при остальных видах напряженного состояния пока не нашло отражения в отечественных нормативных и методических документах.

В то же время сопротивление кладок растяжению и срезу по неперевязанному сечению характеризует их сопротивляемость сейсмическим воздействиям, является важным при оценке работы кладки, заполняющей ячейки в несущих каркасах зданий и в ряде других случаев.

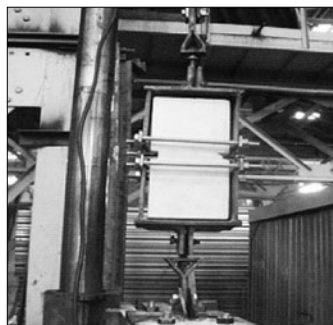
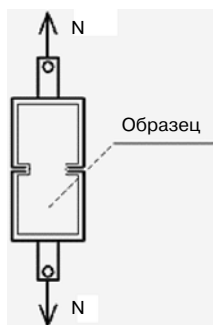


Рис. 1. Схема испытания, общий вид испытательной установки и испытанный образец при определении нормального сцепления в кладочном шве

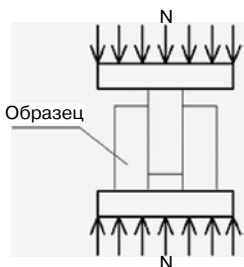


Рис. 2. Схема испытания, общий вид испытательной установки и испытанный образец при определении касательного сцепления в кладочном шве

кладки. Часть 3. Определение начальной прочности каменной кладки при сдвиге».

Сопротивление каменной кладки сжатию зависит от прочности материала шва в тех случаях, когда используется раствор, укладываемый слоем стандартной (10–15 мм) толщины, и не зависит от прочности раствора, укладываемого тонким слоем («Рекомендации по применению стеновых мелких блоков из ячеистых бетонов»; СП 15.13330.2012; EN 1996-1-1:2005).

Материал шва влияет на сопротивление кладки срезу, растяжению при изгибе, осевому растяжению по неперевазанному сечению (все характеристики нормируются).

Требования к растворам для каменной кладки в части, влияющей на прочностные свойства каменного шва. Нормируемые характеристики растворов для кладки перечислены в ГОСТ 31357–2007 «Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Общие технические условия» и EN 998-2:2010 «Растворы строительные для каменной кладки. Технические условия». К свойствам затвердевших растворов, влияющим на прочность кладочного шва, относятся лишь некоторые из них: прочность при сжатии и прочность сцепления с основанием. При этом в ГОСТ 31357–2007 приведена методика, выявляющая нормальную адгезию раствора к основанию из тяжелого бетона (с водопоглощением не более 6%), методика определения нормальной адгезии к ячеистому бетону в действующих нормативных документах обязательного применения отсутствует.

Современные исследования прочности нормального и касательного сцепления в кладке. Большой и подробный разбор современных исследований прочности сцепления в каменной кладке проведен в работах [1, 3, 4]. Помимо этого в работах [3–5] приведены результаты исследований, проведенных за последние годы. В работе [6] проведен обзор исследований и показаны результаты испытаний прочности сцепления полимерного клея с ячеистым бетоном. Подробно вопрос нормального сцепления цементных растворов с ячеистым бетоном проведен в [7], где предложена также методика определения прочности нормального сцепления испытанием на растяжение при изгибе двух половинок ячеисто-бетонной балки, соединенных кладочным раствором.

Общий вывод, сделанный в [7], состоит в том, что основным целевым требованием к растворам для тонкошовной кладки ячеисто-бетонных блоков является величина нормального сцепления, превышающая прочность бетона при растяжении. В этом случае прочность кладки при растяжении и срезе определяется уже не характеристиками кладочного раствора, а прочностью самого бетона.

Для проверки деформативности бетонов, их прочностных характеристик и выявления прочности образцовыми ими кладочных швов были проведены испытания фрагментов кладок из ячеистых бетонов автоклавного твердения девяти пар: марка по средней плотности/

Результаты испытаний опытных образцов из ячеистого бетона на срез R_{usq} , кПа

Таблица 4

	Раствор «А»	Раствор «Б»	ППУ-клей
D300 B1,5	–	361	338
D300 B2	–	419	438
D400 B1,5	–	341	335
D400 B2	–	297	411
D400 B2,5	–	657	502
D500 B2,5	–	462	1095
D600 B3,5	–	552	528
D500 B3,5	183	184	–
D600 B5	181	231	–

Нормируемые характеристики каменной кладки, используемые при проектировании, зафиксированы в СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции» и СП 14.13330.2011 «Строительство в сейсмических районах». К ним относятся:

- сопротивление сжатию (временное сопротивление и расчетные значения);
- сопротивление растяжению по неперевазанному сечению;
- сопротивление растяжению при изгибе по перевазанному и неперевазанному сечениям;
- сопротивление срезу.

Практически все перечисленные характеристики кладки имеют соответствие в нормативном поле Евросоюза (EN 1996-1-1:2005 Eurocode 6. Design of masonry structures. Part 1-1. General) (табл. 1).

Исключением является нормальное сцепление, которое нормируется в СП 15.13330.2012 и СП 14.13330.2011, определяется по ГОСТ 24992–81 «Конструкции каменные. Метод определения прочности сцепления в каменной кладке» и которое не упоминается в Eurocode 6. Для оценки адгезии между материалом шва и кладочными изделиями в Eurocode 6 используется касательное сцепление, определяемое по методике EN 1052-3:2002 «Методы испытаний каменной

Таблица 5

Достигнутые при испытаниях значения адгезии растворов и клеевых кладочных швов

Бетон	Осевое растяжение, $R_{ин}$, кПа		Срез, кПа	
	«В»	«D»	«В»	«D»
D300 B1,5	174	–	361	338
D400 B1,5	142	185	341	335
D300 B2	177	180	419	438
D400 B2	193	–	297	411
D400 B2,5	212	238	657	502
D500 B2,5	263	–	462	1095

класс по прочности при сжатии. Результаты определения характеристик бетона приведены в табл. 2.

Для определения прочности швов, образуемых цементными растворами для тонкошовной кладки и полимерными (полиуретановыми) клеями для кладки, были испытаны образцы-двойки на прочность нормального сцепления (схема и общий вид приведены на рис. 1) и образцы-тройки на прочность касательного сцепления (схема и общий вид на рис. 2).

Всего были испытаны три вида раствора для тонкошовной кладки (замаркированы в эксперименте «А», «В», «С») и один пенополиуретановый клей («D»). Результаты определения нормального и касательного сцепления кладочных швов приведены в табл. 3–5.

Выводы

Анализируя полученные данные и сопоставляя их с результатами проведенных ранее исследований, а также с данными зарубежных исследований и экспериментов, приходим к следующим общим выводам.

Список литературы

1. Галкин С.Л. и др. Применение ячеисто-бетонных изделий. Теория и практика. Минск: Стринко, 2006. 448 с.
2. Гринфельд Г.И., Харченко А.П. Сравнительные испытания фрагментов кладки из автоклавного газобетона с различным исполнением кладочного шва // *Жилищное строительство*. 2013. № 11. С. 30–34.
3. Деркач В.Н. Прочность нормального сцепления цементных растворов в каменной кладке // *Инженерно-строительный журнал*. 2012. № 7. С. 6–13.
4. Деркач В.Н. Прочность касательного сцепления цементных растворов в каменной кладке // *Инженерно-строительный журнал*. 2012. № 3. С. 19–28.
5. Грановский А.В., Джамуев Б.К. Испытания стеновых конструкций из ячеисто-бетонных блоков на сейсмические воздействия // *Современное производство автоклавного газобетона: Сборник докладов науч.-практ. конференции*. СПб., 16–18 ноября 2011 г. С. 104–108.
6. Горшков А.С., Гринфельд Г.И., Мишин В.Е., Никифоров Е.С., Ватин Н.И. Повышение теплотехнической однородности стен из ячеисто-бетонных изделий за счет использования в кладке полиуретанового клея // *Строительные материалы*. 2014. № 5. С. 57–64.
7. Научно-технический отчет «Исследование физико-механических свойств материала Ваумит Artoplast, предназначенного для тонкослойного оштукатуривания наружных стен на основе блоков из автоклавного газобетона». ГОУ ВПО Уфимский ГНТУ. Кафедра строительных конструкций.

* Данный вывод был учтен при разработке СТО СП ССС 52208230-001–2015 «Раствор для тонкошовной кладки автоклавных материалов (Клей для кладки). Технические требования».

1. Растворы и клеи, обладающие достаточной адгезией к ячеистому бетону, обеспечивают временное сопротивление растяжению на уровне 180 кПа уже при классе бетона по прочности B1,5 (табл. 4).

2. Показатель адгезии к бетону, установленный в качестве одной из основных характеристик затвердевшего раствора в ГОСТ 31357–2007, не позволяет прогнозировать нормальную адгезию в растворном шве ячеисто-бетонной кладки и нуждается в уточнении. Применительно к растворам для тонкошовной кладки блоков из ячеистого бетона, предназначенным для применения в сейсмических регионах строительства, следует ввести дополнительную нормируемую характеристику — показатель адгезии к ячеистому бетону*.

3. Прочность при растяжении и срезе клеевых швов, сформированных пенополиуретановым клеем, предназначенным для каменной кладки, стабильно высокая и превышает требуемые 180 кПа при классе по прочности B1,5.

References

1. Galkin S.L. i dr. *Primenenie yacheistobetonnykh izdelii. Teoriya i praktika* [The use of cellular concrete products. Theory and practice]. Minsk: Strinko. 2006. 448 p.
2. Grinfeld G.I., Kharchenko A.P. Comparative tests of fragments of autoclaved gas concrete masonry with different execution of a masonry joint. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2013. No. 11, pp. 30–34. (In Russian).
3. Derkach V.N. Normal adhesion strength of cement mortars in masonry. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. 2012. No. 7, pp. 6–13. (In Russian).
4. Derkach V.N. Shear adhesion strength of cement mortar in the masonry. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. 2012. No. 3, pp. 19–28. (In Russian).
5. Granovskiy A.V., Dzhamuev B.K. Test wall constructions of cellular concrete blocks on the seismic effects. *Modern production of autoclaved aerated concrete: a collection of reports scientific and practical conference*. St. Petersburg. 16–18 November 2011, pp. 104–108. (In Russian).
6. Gorshkov A.S., Grinfeld G.I., Mishin V.E., Nikiforov E.S., Vatin N.I. Improvement of thermotechnical uniformity of walls made of cellular concrete products through the use of polyurethane glue in masonry. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 5, pp. 57–64. (In Russian).
7. Scientific and Technical Report “Investigation of physical and mechanical properties of the material Baunit Artoplast, designed for thin-layer plastering of the outer walls on the basis of autoclaved aerated concrete blocks”. Ufa State Petroleum Technological University. The department of building structures. (In Russian).

А.А. МОРДВОВ^{1,2}, канд. техн. наук, главный архитектор,
М.В. ЛИХТАРОВИЧ¹, инженер, начальник отдела технического сопровождения (m.lihtarovich@ao-gns.ru)

¹ «Главновосибирскстрой» АО (630041, г. Новосибирск, ул. 2-я Станционная, 52 а)

² Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (630008, Новосибирск-8, ул. Ленинградская, 113)

Оптимизация крепления конструкций из АГБ при заполнении наружных и внутренних стен каркасов зданий высотой до 80 м

Разработчики нормативных документов, регламентирующих применение автоклавного газобетона, столкнулись с отсутствием экспериментальных исследований в данной области. Результатом этого в документах появилось большое количество элементов и требований, выполненных с большим запасом, учитывающим устоявшуюся практику применения. Испытания конструкций, проводимые на заводе СИБИТ, позволят пересмотреть некоторые из этих «запасов», что в условиях рыночной конкуренции с другими материалами будет способствовать увеличению преимуществ газобетона.

Ключевые слова: автоклавный газобетон, наружные стены, закладная, каркасные здания.

A.A. MORDVOV^{1,2} Candidate of Sciences (Engineering), Chief Architect,

M.V. LIKHAROVICH¹, Engineer, Head of Technical Support Department (m.lihtarovich@ao-gns.ru)

¹ «Glavnovosibirskstroy» OAO (52a 2nd Stantsionnaya Street, 630041, Novosibirsk, Russian Federation)

² Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (113, Leningradskaya Street, 630008, Novosibirsk-8, Russian Federation)

Optimization of Fastening of AAC (Autoclaved Aerated Concrete) Structures When Filling External and Internal Walls of Frameworks of Buildings of up to 80 m Height

Developers of normative documents, which regulate the use of autoclaved aerated concrete, faced the problem of the absence of experimental studies. As a result of this, documents contain a large number of elements and requirements which were executed with a large reserve according to the well-established practice of applying. The tests of structures conducted at SIBIT factory will make it possible to revise some of these «reserves» that under conditions of market competition will favor the improvement of competitive advantages of aerated concrete.

Keywords: autoclaved aerated concrete, external walls, insert, frame buildings.

В отличие от конечного потребителя для строителя на первое место при выборе материала для заполнения наружных стен каркасных зданий возникает вопрос цены и скорости строительства. Как показала практика, в некоторых случаях скорость имеет решающее значение, даже когда стоимость незначительно проигрывает.

На этапе проектирования 25-этажного здания в г. Новосибирске возник вопрос надежности стены из автоклавного газобетона (АГБ) толщиной 240 мм при воздействии на наружную стену ветровых нагрузок.

Был возведен фрагмент наружной стены и проведены испытания, результаты которых превзошли ожидания. Выявили, что не имеет смысла останавливаться только на надежности — одна закладная стоит недорого, но по нормам СТО НААГ 3.1—2013 [1] необходимо 4–6 шт. на фрагмент, следовательно, даже на одно-подъездный дом-«свечку» приходится около ста таких элементов на этаж; на 25–27 этажей количество уже внушительное. Кроме количества закладных возникает вопрос инструмента для крепления их к каркасу, а все для той же скорости на объекте работает десять и более бригад — одним монтажным пистолетом не обойдешься.

Следующим шагом стало изучение материалов и рекомендаций, в том числе доклада А.С. Горшкова [2]. В нем рассматривалась конструкция 14-этажного здания монолитно-каркасной конструкции высотой 42 м с поэтажным заполнением наружных стен блоками из АГБ марки по средней плотности D600, толщиной 250 мм. Рассматриваемый в данной публикации фрагмент заполнения проема, расположенного между двумя железобетонными монолитными перегородками, имеет следующие размеры: длина (протяженность) L = 3430 мм; высота H = 2840 мм.

Из представленного расчета видно, что устойчивость фрагмента обеспечивается за счет адгезии растворного шва, а закладные элементы используются в запас. И при длине фрагмента более 3 м не предусматривается верхнее крепление.

В ноябре 2013 г. на заводе СИБИТ были проведены внутренние испытания. Были воссозданы условия, близкие к условиям на стройплощадке. Как было сказано выше, основной целью проводимых испытаний явилось исследование надежности возводимых на стройке конструкций.

Проведены испытания двух фрагментов: длиной (протяженностью) L = 3150 и 2550 мм; высотой H = 2620 мм. Толщина стены 240 мм из газобетонных блоков ГОСТ 31360—2007 [3] марки по средней плотности D700, класса бетона по прочности В3,5. В соответствии с расчетом, выполненным по СП 20.13330.2011 [4], значение горизонтальных усилий от ветра на приведенный фрагмент (25 этаж 75 м, III ветровой район) составило соответственно 750 и 600 кгс.

Испытания проводились в соответствии с программой, разработанной ООО НЭП-бюро. Ее суть в том, чтобы имитировать горизонтальную нагрузку от ветра, которую воспринимает фрагмент стены. Так как в реальных условиях нагрузка от ветра — величина непостоянная, то и в процессе испытаний нагрузка к испытываемому фрагменту прикладывается многократно. Фрагмент выдерживался под нагрузкой в течение 5 мин 15 раз, после чего нагрузка снималась.

Критериями надежности испытываемой конструкции являются:

- сохранение устойчивости и проектного положения конструкции после снятия нагрузки;
- отсутствие остаточных деформаций;
- целостность конструкции;
- отсутствие трещин.

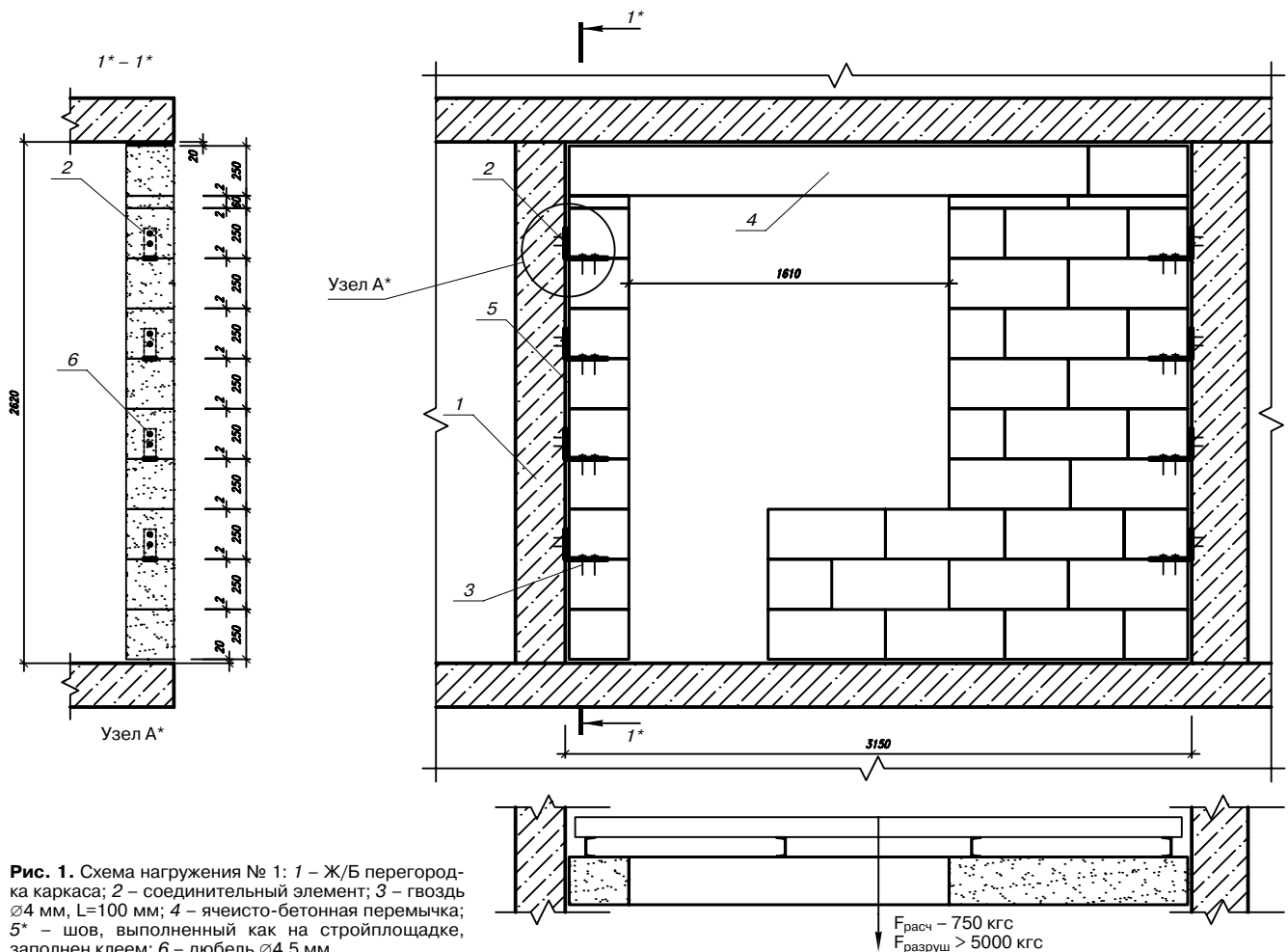


Рис. 1. Схема нагружения № 1: 1 – Ж/Б перегородка каркаса; 2 – соединительный элемент; 3 – гвоздь $\varnothing 4$ мм, $L=100$ мм; 4 – ячеисто-бетонная перемычка; 5* – шов, выполненный как на стройплощадке, заполнен клеем; 6 – дюбель $\varnothing 4,5$ мм

Для замера нагрузки использовался механический динамометр 9016 ДПУ-50-1-УХЛ2 с максимальным усилием 50 кН. Закрепив трос за раму (рис. 1) через ручную лебедку к фронтальному погрузчику (18 т).

После выполнения намеченных программой испытаний, подтвердивших, что конструкция выдерживает расчетную нагрузку, приложенную многократно, остались вопросы:

- какая нагрузка окажется для такой конструкции критической;
- насколько реальный характер разрушений совпадет с ожидаемыми представлениями о работе конструкции.

Для получения ответов на эти вопросы продолжили испытания до полного разрушения фрагмента. С каждым последующим разом нагрузку увеличивали на 5–10 кН (500–1000 кгс).

Первые трещины вскрылись при нагрузке, превысившей 25 кН. После снятия нагрузки трещины закрывались. При превышении значения в 45 кН первый ряд оторвался от основания, визуально наблюдали прогиб стены как упругой конструкции, после снятия нагрузки стена вернулась в исходное положение. Фактическое разрушение произошло под нагрузкой, превышающей возможности динамометра.

Подтвердив надежность конструкции, специалистами было принято решение провести дополнительную серию испытаний, результаты которых можно будет принять за отправную точку в разработке методики определения надежности конструкций из АГБ.

Для последующего испытания выбрали изделия из газобетона толщиной 200 мм марки по средней плотно-

сти D600, класса бетона по прочности B2,5, увеличив пролет до 4,5 м и высоту фрагмента до 3042 мм, ослабив конструкцию отсутствием верхнего перекрытия и оконным проемом 1510×1760 мм. Значение горизонтальных усилий от ветра на приведенный фрагмент (25-й этаж 75 м, III ветровой район) составило соответственно ≈ 1100 кгс. Выполнив кладку без деформационного шва с закреплением тремя соединительными элементами на сторону.

Контрольной для замера прогиба была выбрана точка в центре перемычки над оконным проемом.

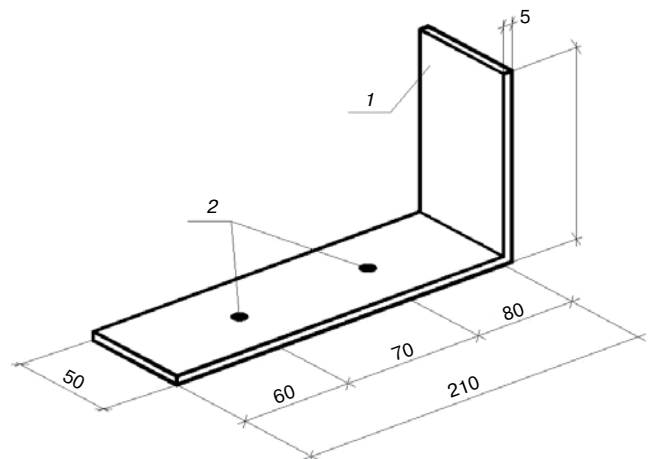


Рис. 2. Соединительный элемент: 1 – оцинкованная пластина; 2 – отверстия под нагели $\varnothing 5$ мм

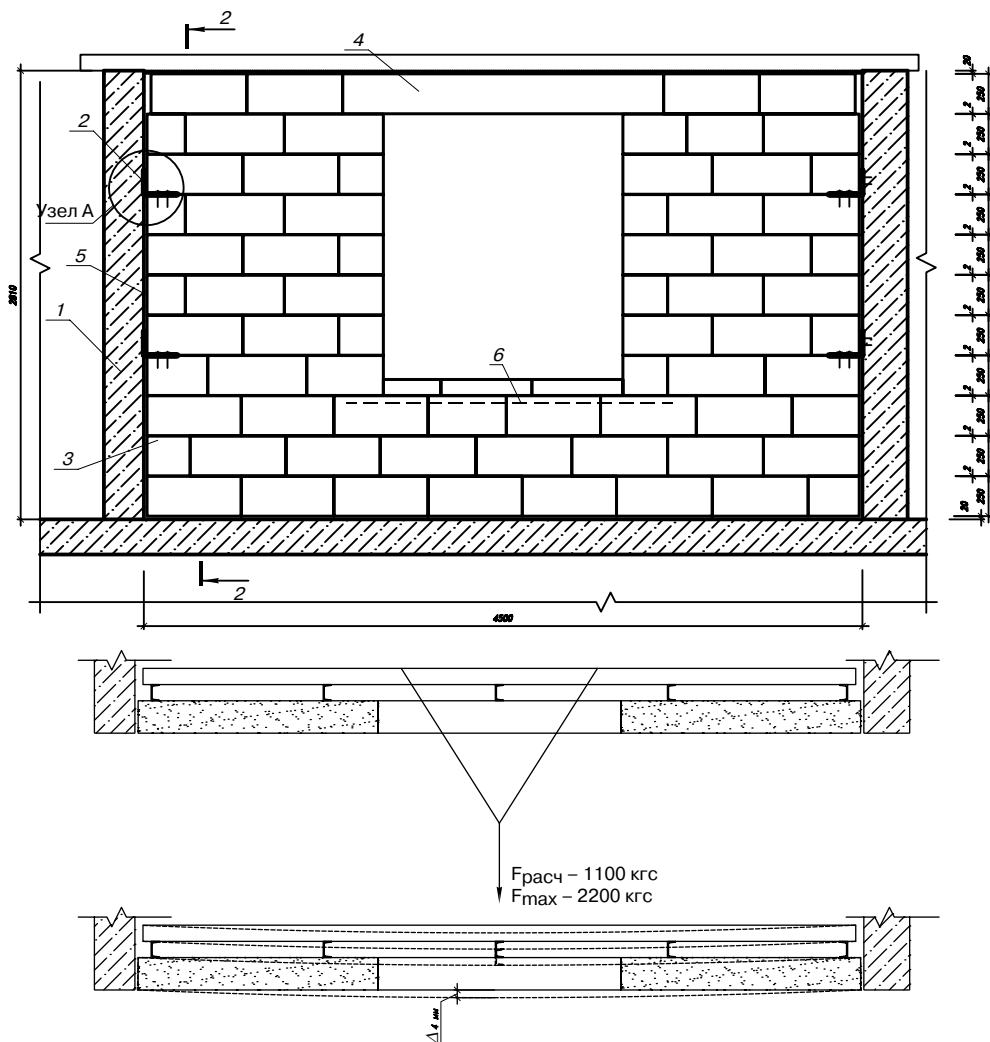


Рис. 3. Схема нагружения № 2: 1 – Ж/Б перегородка каркаса; 2 – соединительный элемент; 3 – гвоздь $\varnothing 4$ мм, $L=100$ мм; 4 – ячеисто-бетонная перемычка; 5 – деформационный шов, условно не заполненный утеплителем; 6 – арматура в подоконной зоне один пруток $\varnothing 8$ мм

Максимальные перемещения контрольной точки из проектного положения в течение выдержки конструкции под нагрузкой увеличивались. При приложении расчетной нагрузки составляло всего от 2 до 4 мм через 2–3 мин от начала приложения нагрузки, через 5 мин; перед снятием нагрузки общее перемещение контрольной точки составляло 4–8 мм. При увеличении нагрузки до 18 кН произошел скол и смещение по одной опорной зоне перемычки по шву. Так как контрольная точка, по которой замерялся прогиб конструкции, находилась на перемычке, дальнейшие замеры прогиба больше характеризовали работу перемычки, чем конструкции в целом. При нагрузке в 20–22 кН раскрылось несколько трещин от мест закрепления фрагмента к каркасу и в подоконной зоне.

Следующую конструкцию максимально ослабили при сохранении пролета и высоты соответственно 4500×3042 и толщины 200 мм с оконным проемом 1510×1760 мм. Использовали изделия из газобетона марки по средней плотности D500, класса бетона по прочности B2,5. Смонтировали с зазором в 20 мм к каркасу, тем самым симитировали расчетную схему, при которой пренебрегают трением стены о заполнение деформационного шва. Закрепили к каркасу двумя закладными (рис. 2) в четвертом и восьмом рядах. Так же как и в предыдущем испытании, верхний обрез стены оставили свободным.

Данная конструкция не выдержала испытаний: прогиб достигал 15 мм, уже на втором цикле образовалась трещина в блоках под перемычкой, которая закрывалась после снятия нагрузки. При шестом нагружении образовалась трещина в подоконной зоне, а трещина под перемычкой раскрылась насквозь. В процессе нагружения образовывались новые трещины. На 14-м цикле нагружения произошло смещение перемычки, после которого дальнейшее измерение прогиба выполнить имеющимися средствами стало невозможно. По завершении 15 циклов приступили к увеличению нагрузок. При нагрузке выше 20 кН произошло смятие закладных элементов, разрушение блоков под закладными элементами и наклон конструкции из проектного положения.

После снятия нагрузки конструкция практически не вернулась в вертикальное положение. Что примечательно, несмотря на полученные деформации и трещины, конструкция не распалась на части и не выпал ни один блок.

На этом этапе были выявлены слабые места конструкции, на основе кото-

рых можно строить дальнейшие теории и включать в конструкцию необходимые легко выполняемые на практике элементы, такие как заполнение деформационных швов упругими материалами, в некоторых случаях армирование подоконной зоны и т. п.

Проводя дальнейшие испытания, в конструкцию включили деформационный шов, заполненный монтажной пеной по верхнему обрезу стены, и армирование подоконной зоны одним прутком 8 мм (рис. 3). Сохранили две закладные по каждой стороне стены в четвертом и восьмом рядах без заполнения вертикального деформационного шва.

Такая конструкция выдержала испытания для условий размещения на 25-м этаже III ветрового района. С прогибом в контрольной точке 4 мм, при дальнейшем нагружении до 22 кН прогиб составил 8 мм против 15 мм не закрепленной по верхнему обрезу стены. При увеличении нагрузки до 11,5 кН образовались трещины в районе установки нижних закладных элементов. В целом конструкция сохранила удовлетворительный вид.

По результатам проведенных испытаний можно сделать вывод, что при монтаже поэтажно опертых стен из автоклавного газобетона, смонтированного на клею, имеется возможность сократить количество боковых закладных элементов и отказаться от верхнего крепления связевыми элементами при пролетах между колоннами

или монолитными перегородками каркаса до 6 м. При выполнении однослойных стен их толщины в большинстве случаев будет достаточно, чтобы обеспечить устойчивость без боковых связевых элементов (закладных деталей), а заполнение деформационных швов будет работать в запас. Достаточно включить в проектную документацию на ремонт зданий восстановление заполнения деформационных швов с заданной периодичностью, как это предусмотрено в панельных домах. Армирование подоконной зоны имеет смысл только для тонких стен 200 мм, расположенных на этажах выше 40 м.

Учитывая тот факт, что газобетонная стена, смонтированная на клею, без армирования проявляет характер упругой конструкции, необходимо обратить внимание на требования к закладным соединительным элементам. Выполняя такие элементы из жестких уголков толщиной 5 мм (как вариант предложено в некоторых нормативных документах рис. 2), ведет к необоснованным затратам как по материалоемкости, так и по трудоемкости монтажа; толщина шва на клею меньше толщины закладной детали. Кроме того, получается элемент, в случае экстремальных нагрузок разрушающий целостность конструкции.

Следующим шагом в повышении конкурентоспособности конструкций из автоклавного газобетона станет разработка программы испытаний и утверждения критериев надежности, а прогнозируемый результат проведенных испытаний позволит внести в нормативную документацию изменения, исключающие избыточные запасы.

Список литературы

1. СТО НААГ 3.1–2013. Конструкции с применением Автоклавного газобетона в строительстве зданий и сооружений. Правила проектирования и строительства. СПб., 2013. 171 с.
2. Горшков А.С. Условия устойчивости поэтажно опертых стен, выполненных кладкой из ячеисто-бетонных блоков при учете воздействия на них ветровой нагрузки // *Сборник докладов НПК «Современный автоклавный газобетон»*. Краснодар, 2013. 186 с.
3. ГОСТ 31360–2007. Изделия стеновые неармированные из ячеистого бетона автоклавного твердения. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2008. 20 с.
4. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07–85*. М., 2011. 81 с.

References

1. Standard of Organization NAAG 3.1–2013. Designs using autoclaved gas concrete in the construction of buildings and structures. Rules of design and construction. St. Petersburg. 2013. 171 p. (In Russian).
2. Gorshkov A.S. Stability conditions simply supported by floor walls made of porous concrete masonry units, taking into account the exposure to wind loads. *Proceedings of the SPC “Modern autoclaved gas concrete”*. Krasnodar. 2013. 186 p. (In Russian).
3. GOST 31360–2007. Wall unreinforced products of cellular autoclave curing concrete. Technical conditions. M.: Standartinform. 2008. 20 p. (In Russian).
4. SP 20.13330.2011. Loads and effects. The updated edition of SNiP 2.01.07–85*. Moscow. 2011. 81 p. (In Russian).



Системы для транспортировки сыпучих грузов

- Инжиниринг ●
- Производство ●
- Монтаж / Ввод в эксплуатацию ●
- Сервис / Запасные части ●

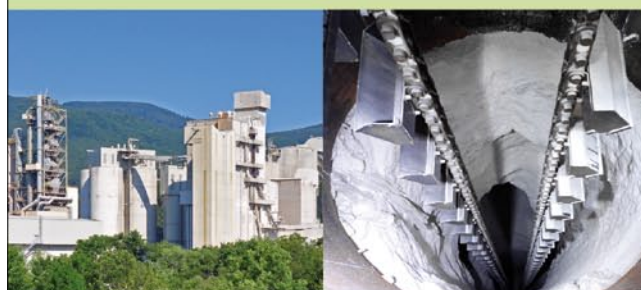


РУД Руссланд
Конвейеры
и Системы
Факс.: +7 499 277 20 90

115432 Россия, Москва,
Проспект Андропова,
18, корп. 6, офис 604
rudrussland@gmail.com

Тел.: +7 499 277 20 80

www.rud-bulkos.com



УДК 691.002

В.А. ПАРУТА¹, канд. техн. наук (docent2155@gmail.com); Е.В. БРЫНЗИН², канд. техн. наук, коммерческий директор; Г.И. ГРИНФЕЛЬД³, инженер, исполнительный директор

¹ Одесская государственная академия строительства и архитектуры (65029, Украина, г. Одесса, ул. Дидрихсона, 4)

² ООО ЮДК (49051, Украина, г. Днепропетровск, ул. Коммисара Крылова, 7-Д)

³ Национальная ассоциация производителей автоклавного газобетона (193091, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 40, литера А)

Физико-механические основы проектирования штукатурных растворов для газобетонной кладки

Нормативные требования (прочность при сжатии и изгибе, адгезия к кладке), предъявляемые к штукатурным растворам для отделки стен из автоклавного газобетона в странах Евросоюза, Украине, России, противоречивы и не всегда обоснованы. Штукатурный раствор следует рассматривать как покрытие, связанное с кладкой через контактную зону. Проектирование составов и свойств штукатурных растворов необходимо вести с учетом напряжений, возникающих в штукатурном покрытии из-за его усадки и разницы деформаций с кладкой, а также деформаций стеновой конструкции и самого покрытия. Компоненты смеси и их количество необходимо выбирать с учетом процессов, протекающих при твердении штукатурного покрытия и разрушении системы «кладка–штукатурное покрытие». Результат подбора состава должен обеспечить снижение напряжений в штукатурном покрытии и контактной зоне до величин меньших, чем разрушающее напряжение.

Ключевые слова: газобетонная кладка, штукатурные растворы, система «кладка–покрытие».

V.A. PARUTA¹, Candidate of Sciences (Engineering), (docent2155@gmail.com); E.V. BRYNZIN², Candidate of Sciences (Engineering), Commercial Director; G.I. GRINFELD³, Engineer, Executive Director(greenfeld@mail.ru)

¹ Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture (4 Didrihsona st., Odessa, 65029, Ukraine)

² ООО УДК (7-D Komissara Krylova Street, Dnepropetrovsk, 49051, Ukraine)

³ National Association of Autoclaved Aerated Concrete Producers (40, liter A Otkyabrskaya Embankment, 193091, St. Petersburg, Russian Federation)

Physical-Mechanical Design Basics of Plaster Mortars for Aerated Concrete Masonry

Normative requirements (compression strength and bending strength, adhesion to the masonry) for plastering mortars for finishing of walls made of autoclaved aerated concrete in the EU countries Ukraine, Russia are contradictory and not always substantiated. The plaster mortar is to be considered as a coating connected with masonry through the contact zone. The design of compositions and properties of plaster mortars should be carried out with due regard for stresses occurring in the plastering coating because of its shrinkage and the difference of deformations with masonry as well as deformations of the wall structure and the coating itself. Components of the mix and their number should be selected with due regard for the processes taking place in the course of plaster coating hardening and destruction of the “masonry–plaster coating” system. The result of selecting the composition should ensure the reducing of stresses in the plaster coating and contact zone up to values lesser than the destructive stress.

Keywords: aerated concrete masonry, plaster mortars, “masonry–coating” system.

Автоклавный газобетон является самым массовым стеновым материалом в Украине, России, Белоруссии, Польше и ряде других стран. Широкое применение автоклавного газобетона требует материалов и технологий для его защиты. Оштукатуривание стен с последующей отделкой (декоративные штукатурки, фасадные краски) является одним из наиболее эффективных технико-экономических решений. Поэтому разработка составов штукатурных растворов для автоклавного газобетона и технологии их применения является актуальной задачей, которую решают многие специалисты [1–3]. Недостатком разработанных составов является то, что им присуще трещинообразование [2, 4], которое приводит к разрушению штукатурного покрытия, снижению долговечности ограждающей конструкции.

Происходит это из-за того, что при проектировании состава штукатурного покрытия не в полной мере учитывается его работа в составе стеновой конструкции. Нормативные требования, предъявляемые к штукатурным растворам для стен из автоклавного газобетона, противоречивы и не всегда обоснованы. Например, требуемая прочность при сжатии может варьироваться от 1,5 до 7,5 МПа в РФ; должна составлять 2,5 МПа (ДСТУ Б В.2.7126:2011, ДБН В.2.6-22–2001 в Украине); достигать 10 МПа в соответствии с требованием норм Германии (DIN 18550-1). Прочность при изгибе должна составлять 1–1,25 МПа (ДСТУ Б В.2.7126:2011, ДБН В.2.6-22–2001 Украина) и до 2 МПа (РФ). Величина адгезии к газобетонной кладке варьируется от 0,15 МПа (РФ) и от 0,5 МПа для Украины (ДБН В.2.6-22–2001).

Необоснованно завышенная прочность штукатурного покрытия является причиной трещинообразования в нем и контактной зоне с газобетонной кладкой, что приводит к снижению долговечности стеновой конструкции.

Штукатурный раствор следует рассматривать как покрытие, связанное с кладкой через контактную зону. Необходимо выбирать компоненты штукатурной смеси и их соотношение с учетом процессов, протекающих при твердении штукатурного покрытия и разрушении системы «кладка–штукатурное покрытие». Применение штукатурных растворов должно обеспечить снижение напряжений в штукатурном покрытии и контактной зоне до величин меньших, чем разрушающее напряжение. Проектирование составов и свойств штукатурных растворов необходимо вести с учетом напряжений, возникающих в штукатурном покрытии из-за его усадки и разницы деформаций с кладкой при твердении, а также деформаций стеновой конструкции и самого покрытия при эксплуатации.

Разрушение штукатурного покрытия связано с образованием, накоплением и развитием дефектов в структуре материала (микро- и макротрещин), которые образуются при нанесении, твердении и эксплуатации [5, 6]. Особенностью процесса твердения штукатурного раствора является то, что гидратация цемента протекает при недостаточном количестве воды из-за ее интенсивного испарения и поглощения пористым основанием. В этих условиях формируется дефектная структура цементного камня, образуются неравновесные, метастабильные по-

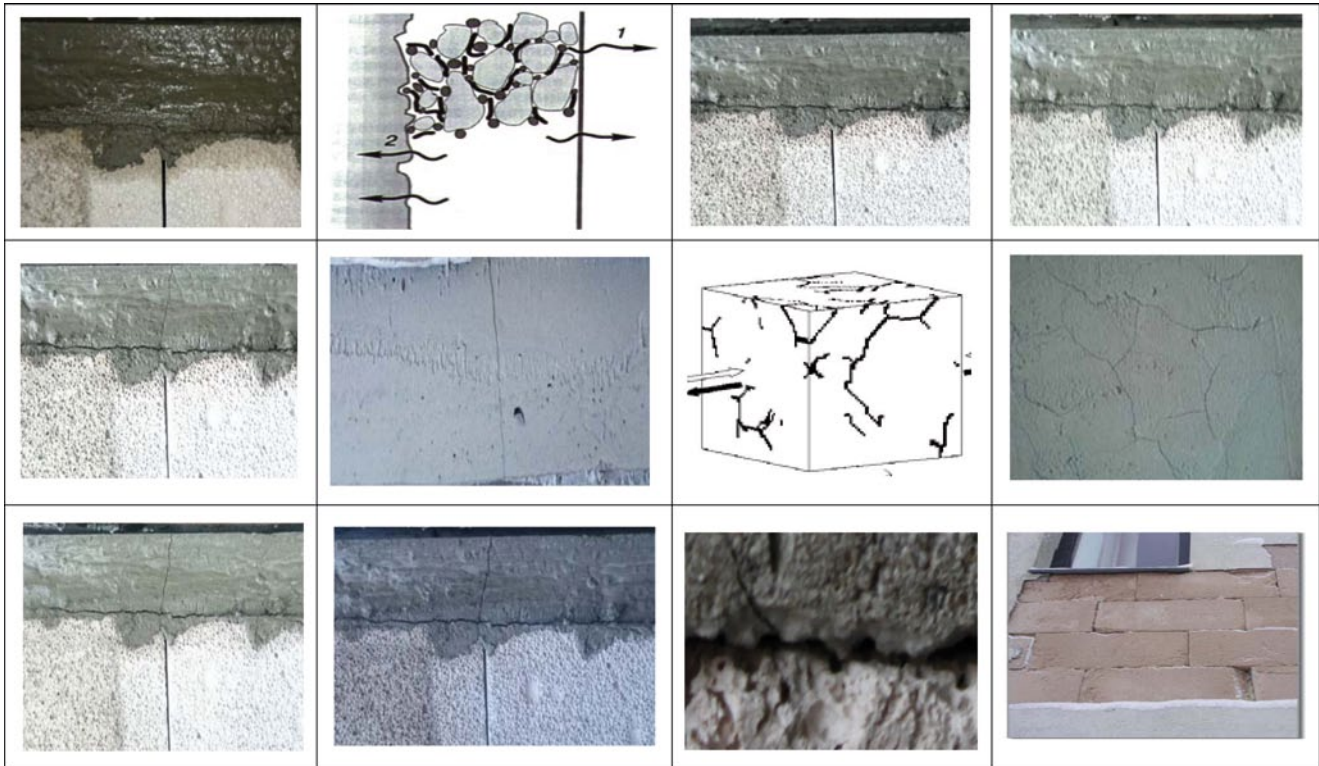


Рис. 1. Трещинообразование в системе «газобетонное основание – штукатурное покрытие»

ликристаллические новообразования. Твердение при пониженном В/Ц приводит к неполной реализации вяжущего потенциала цемента, падению прочности, повышенному трещинообразованию и снижению долговечности затвердевшего штукатурного покрытия [7, 8]. При этом происходит гидравлическая (0,3–0,8 мм/м) и пластическая (2–5 мм/м) усадка штукатурного раствора, что приводит к образованию трещин (рис. 1). Так как газобетонная кладка сдерживает эти деформации, возникают напряжения в штукатурном покрытии (σ), которые превышают его предел прочности при растяжении:

$$\sigma = \Delta \epsilon \cdot \nu E / (1 - \mu),$$

где E и μ — модуль упругости и коэффициент Пуассона штукатурного покрытия;

$\Delta \epsilon$ — разность деформаций штукатурки и газобетонного основания [4];

ν — коэффициент упругопластических деформаций раствора при растяжении

Примеры

Минеральный раствор М25: при: $E=4 \cdot 10^3$ МПа; $\Delta \epsilon = \epsilon_{шт} = 0,3 - 0,8$ мм/м или $30 - 80 \cdot 10^{-5}$; $\mu=0,3$; $\nu=0,5$; при минимальной усадке раствора $\sigma=0,85$ МПа.

При максимальной усадке раствора $\sigma=2,28$ МПа. Минеральный раствор М50: при: $E=6 \cdot 10^3$ МПа; $\Delta \epsilon = \epsilon_{шт} = 0,3 - 0,8$ мм/м или $30 - 80 \cdot 10^{-5}$; $\mu=0,3$; $\nu=0$.

При минимальной усадке раствора $\sigma=1,28$ МПа.

При максимальной усадке раствора $\sigma=3,42$ МПа.

Минеральный раствор М100: при $E=14 \cdot 10^3$ МПа; $\Delta \epsilon = \epsilon_{шт} = 0,3 - 0,8$ мм/м или $30 - 80 \cdot 10^{-5}$; $\mu=0,3$; $\nu=0,5$.

При минимальной усадке раствора $\sigma=3$ МПа.

При максимальной усадке раствора $\sigma=8$ МПа.

Расчетное сопротивление растяжению для расчета по образованию трещин для М25=0,3МПа, М50=0,35МПа, для М100=0,4 МПа и разрушающего напряжения для М25=0,4МПа, М50=0,5 МПа, для М100=0,6 МПа.

Из-за этих напряжений и из-за того, что уменьшение степени гидратации цемента приводит к снижению предельной растяжимости материала на 20–50% [2, 4, 9], происходит трещинообразование в штукатурном покрытии, на поверхности и в объеме материала, а также в контактной зоне с газобетонным основанием.

В результате формируется дефектная структура материала, включающая поры, трещины и поры, совмещенные с трещинами. Трещины в штукатурном покрытии распространяются по всем направлениям. В це-

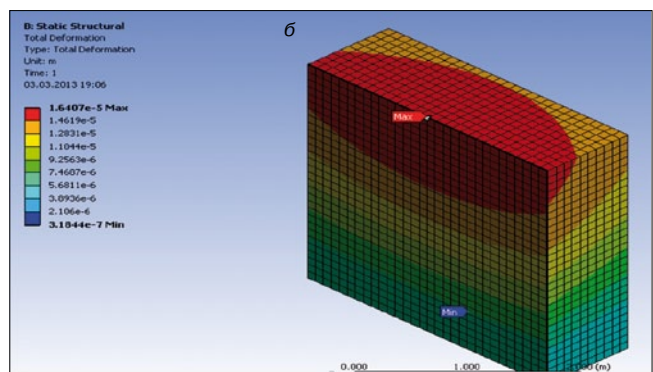
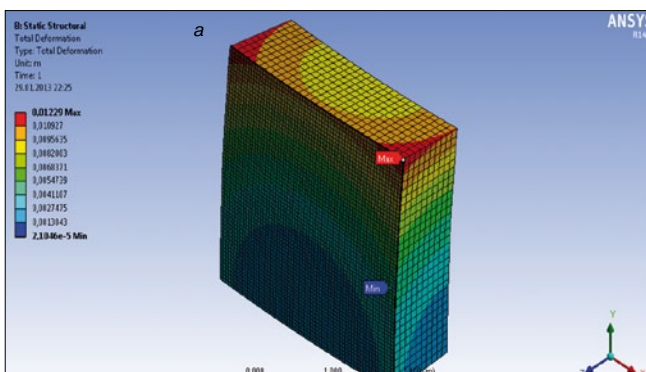


Рис. 2. Изополя деформаций ограждающей конструкции при отрицательной (а) и положительных температурах (б)

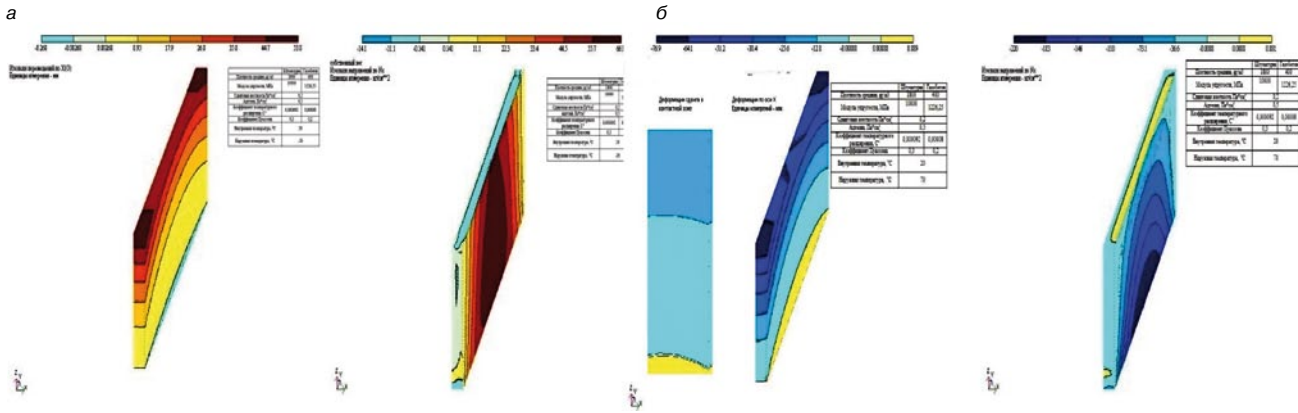


Рис. 3. Деформации стеновой конструкции под влиянием температурных воздействий зимой (а) и летом (б)

Таблица 1

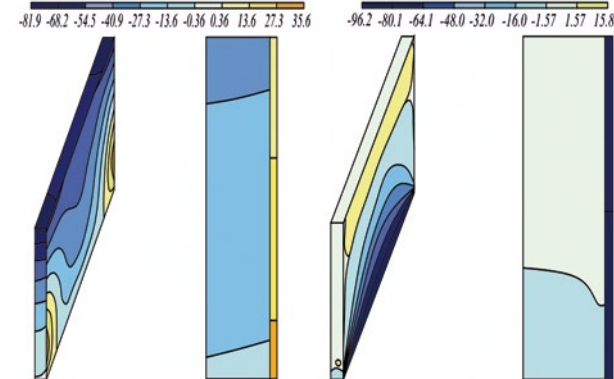


Рис. 4. Изополя деформаций и напряжений в стеновой конструкции и штукатурном покрытии

ментном камне они проходят преимущественно вокруг или через негидратированные зерна цемента, вдоль кристаллов портландита, которые имеют склонность к раскалыванию, а также через поры. Устье трещин располагается около зерен песка, вблизи устья трещин наблюдается множество микротрещин. Трещины имеют разветвления, зигзагообразные включения длиной 10 мкм, а также пересечения. Наблюдаются неразрушенные участки цементного камня, являющиеся мостиками прочности [7, 10].

При эксплуатации стеновая конструкция испытывает тепловлажностные деформации под воздействием внешней среды. При помощи программы «Ансис» были рассчитаны деформации стеновой конструкции при положительной и отрицательной температуре (рис. 2).

В зависимости от температуры окружающей среды деформации и напряжения стеновой конструкции имеют различный характер. При отрицательной температуре наблюдается деформация стеновой конструкции с выгибом в сторону помещения. При этом фасадная поверхность стенового материала и наружное штукатурное покрытие испытывают деформации сжатия. Разрушение происходит в контактной зоне из-за различия величин деформаций и возникающих сдвигающих напряжений. У кладки, выполненной при 30°C, с коэффициентом температурного расширения $8 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹ при изменении температуры от +30 до -20°C, $\Delta t=50^\circ\text{C}$, полная температурная деформация сжатия составит:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha_t \cdot \Delta t = 8 \cdot 0,000008 \cdot 50 = 0,0032 \text{ м} = 3,2 \text{ мм}.$$

Полная деформация сжатия штукатурного покрытия стеновой конструкции длиной 8 м составит:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha_t \cdot \Delta \theta = 8 \cdot 0,0000104 \cdot 50 = 0,0044 \text{ м} = 4,4 \text{ мм};$$

$$\Delta \theta = 50^\circ\text{C},$$

где Δl – деформации штукатурного покрытия (м) вследствие влияния изменения температуры; l_0 – первоначальная длина стеновой конструкции (м); α_t – коэффициент температурного расширения (мм/(м·°C) или

Напряжения в штукатурном покрытии

Средняя плотность, кг/м ³ газобетона	Средняя плотность, кг/м ³ штукатурки	Напряжения	
		Nx min, т/м ²	Nx max, т/м ²
400	600	-1,01	0,24
400	800	-1,54	0,35
400	1000	-1,62	0,42
400	1200	-1,72	0,48
400	1800	-1,83	0,54
500	600	-1,22	0,458
500	800	-1,47	0,52
500	1000	-2,03	0,58
500	1200	-3,43	0,64
500	1800	-4,48	0,72
600	600	-1,48	0,55
600	800	-1,83	0,64
600	1000	-2,87	0,72
600	1200	-3,74	0,78
600	1800	-5,33	0,87

Таблица 2

Уровни варьирования факторов для расчета напряжений в штукатурном покрытии

Условные обозначения	Наименование показателя	Уровень варьирования факторов		
		-1	0	1
X1	Средняя плотность газобетона, кг/м ³	400	500	600
X2	Средняя плотность штукатурного раствора, кг/м ³	600	1200	1800

1/°C); $\Delta \theta$ – разность температур, °C; t_1 – температура окружающей среды в момент возведения нанесения штукатурного покрытия; t_2 – максимальная и минимальная температура, воздействию которой подвергается штукатурное покрытие в летний и зимний периоды.

В летний период при нагреве поверхности стеновой конструкции до 60–80°C она выгибается в сторону фасада. При этом и кладка и штукатурное покрытие испытывают деформации растяжения.

При нагреве до 80°C полная температурная деформация расширения газобетонной кладки составит:

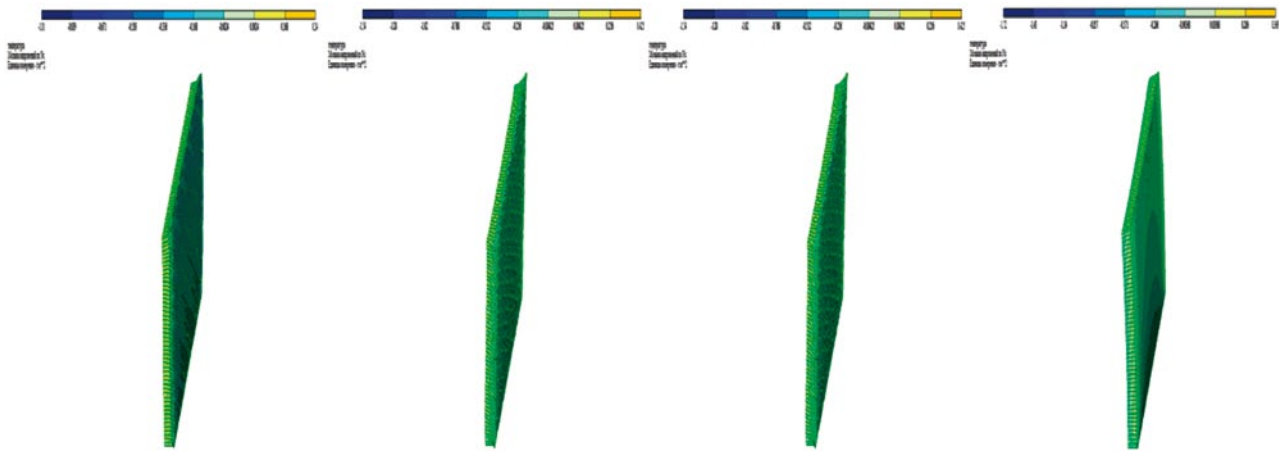


Рис. 5. Напряжения в штукатурном покрытии

Таблица 3

Матрица планированного эксперимента и результаты расчета напряжений в штукатурном растворе

X1	X2	Напряжения Nx min, т/м ²	Напряжения Nx max, т/м ²
-1	-1	-1,01	0,24
-1	0	-1,72	0,48
-1	1	-1,83	0,54
0	-1	-1,22	0,46
0	0	-3,43	0,64
0	1	-4,48	0,72
1	-1	-1,48	0,55
1	0	-3,74	0,78
1	1	-5,33	0,87

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha_t \cdot \Delta t = 0,0032 \text{ м} = 3,2 \text{ мм.}$$

Полная деформация расширения штукатурного покрытия стеновой конструкции при этой температуре составит:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha_t \cdot \Delta \theta = 4,4 \text{ мм.}$$

Эти деформации определяют напряжения в штукатурном покрытии и контактной зоне с газобетонной кладкой, что приводит к переходу микротрещин, образовавшихся на стадии твердения, в макротрещины и росту магистральных трещин в штукатурном покрытии и контактной зоне.

Стеновая конструкция и штукатурное покрытие имеют градиент деформаций и напряжений, которые вызывают зарождение новых микротрещин и развитие макротрещин в штукатурном покрытии и контактной зоне.

При помощи программы «Ли́ра» были рассчитаны деформации и напряжения в стеновой конструкции, штукатурном покрытии (рис. 3) и в контактной зоне «газобетонная кладка – штукатурное покрытие» (рис. 4).

Приведенные данные подтверждают предположения о том, что кладка, выполненная из автоклавного газобетона, и штукатурное покрытие, нанесенное на нее, имеют различные температурные деформации, которые вызывают градиент напряжений в системе «кладка – штукатурное покрытие».

Градиент деформаций и напряжений наблюдается как в кладке, так и в штукатурном покрытии, а из-за разности коэффициентов температурного расширения возникают деформации напряжения сдвига в контактной зоне «кладка – штукатурное покрытие» (рис. 3).

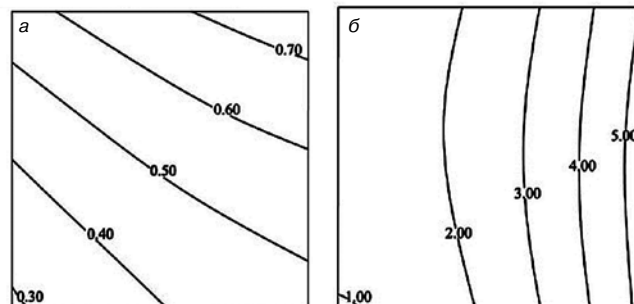


Рис. 6. Напряжения в штукатурном покрытии из-за температурных деформаций при отрицательной и положительной температуре, т/м²

Это приводит к зарождению новых микротрещин в штукатурном покрытии и развитию макротрещин и магистральных трещин в нем и в контактной зоне между газобетонной кладкой и штукатурным покрытием.

Величины напряжений в штукатурном покрытии зависят от свойств материала кладки и штукатурного покрытия. Расчет величины напряжений в штукатурном покрытии был произведен при широкой комбинации вариантов этих показателей при помощи программы «Ли́ра» (табл. 1).

В качестве варьируемых факторов использовались средняя плотность, коэффициент температурного расширения, модуль упругости полученных штукатурных растворов и газобетонного основания. Полученные данные представлены в табл. 1 и на рис. 4 и свидетельствуют о влиянии характеристик газобетонной кладки и штукатурного покрытия на напряженное состояние последнего. Для иллюстрации зависимостей на основании полученных данных был рассчитан двухфакторный план. Исследовалось влияние основных характеристик материала кладки и штукатурного покрытия на напряжения в штукатурном покрытии, возникающие при температурном воздействии. Варьируемыми параметрами явилась средняя плотность, коэффициент температурного расширения материала, модуль упругости и коэффициент Пуассона материала кладки и штукатурного покрытия.

Уровни варьирования факторов приведены в табл. 2, матрица планированного эксперимента – в табл. 3.

Полученные графические зависимости свидетельствуют о том, что при отрицательной температуре наибольшее влияние на напряженное состояние штукатурного покрытия оказывают его собственные свойства. При уменьшении средней плотности, прочности и модуля упругости напряжения сжатия в штукатурном покрытии уменьшаются (рис. 6, а).

При плюсовой температуре на напряженное состояние штукатурного покрытия оказывают влияние как свойства штукатурного покрытия, так и газобетонной кладки. При уменьшении средней плотности, прочности при сжатии и модуля упругости материала кладки и штукатурного раствора напряжения в штукатурном покрытии увеличиваются (рис. 6, б).

Нормативные требования, предъявляемые к штукатурным растворам для стен из автоклавного газобетона, противоречивы и не всегда обоснованы. Необходимы критерии для назначения свойств материала (прочность

при сжатии и при изгибе, адгезия и др.) — напряжения, возникающие в штукатурном покрытии при твердении и эксплуатации.

Штукатурный раствор следует рассматривать как покрытие, связанное с кладкой через контактную зону. Необходимо выбирать компоненты смеси и их количество с учетом процессов, протекающих при твердении штукатурного покрытия и разрушении системы «кладка—штукатурное покрытие». Их применение должно обеспечить снижение напряжений в штукатурном покрытии и контактной зоне до величин меньших, чем разрушающие напряжения.

Список литературы

1. Грану Э. Предупреждение дефектов в строительных конструкциях. М. Стройиздат. 1980. 217 с.
2. Сажнева Н.Н., Сажнев Н.П., Урецкая Е.А. Защитные системы для отделки ячеистого бетона пониженной плотности // *Строительные материалы*. 2009. № 1. С. 17–19.
3. Халимов Р.К. Исследование совместной работы строительных материалов в составе современных многослойных теплоэффективных наружных стен зданий. Дисс... канд. техн. наук. Уфа. 2007. 178 с.
4. Паплавскис Я., Фрош А. Требования к штукатурным составам для наружной отделки стен из ячеистых бетонов. Проблемы эксплуатационной надежности наружных стен на основе автоклавных газобетонных блоков и возможности их защиты от увлажнения. *Материалы семинара «Штукатурные составы для наружной отделки стен из газобетона»*. СПб. 2010. С. 10–15.
5. Powers T.S. A Hypothesis on carbonation shrinkage // *Journal of Portland Cement Association*. 1962. V. 4. No. 2, pp. 26–31.
6. Гринфельд Г.И. Инженерные решения обеспечения энергоэффективности зданий. Отделка кладки из автоклавного газобетона. СПб.: Издательство политехнического университета. 2011. 130 с.
7. Vasicek J. Trvanlivost a odolnost autoklavovanych porovitych betonu pri posobeni susnych vnejsich jevu // *Stavivo*. 1965. № 6, pp. 24–28.
8. Homann M. Richtig Bauen mit Porenbeton. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag. 2003. 268 p.
9. Struble L. Microstructure and Fracture at the Cement Paste-Aggregate Interface. *Bond. Cementitious Compos.: Symp.* Boston. 2–4 December 1987, pp. 11–20.
10. Галкин С.Л., Сажнев Н.П., Соколовский Л.В., Сажнева Н.Н. Применение ячеисто-бетонных изделий. Теория и практика. Минск: Стринко. 2006. 448 с.

References

1. Granau E. Preduprezhdenie defektov v stroitel'nykh konstruktivnykh [Warning defects in structures]. Moscow: Stroizdat. 1980. 217 p.
2. Sazhneva N.N., Sazhnev N.P., Uretskaya E.A. Protective Systems for Finishing of Cellular Concrete of Low Compactness. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2009. No. 1, pp. 17–19. (In Russian).
3. Khalimov R.K. Research collaboration building materials as part of today's multi-layer thermal efficiency of exterior walls of buildings. Cand. Diss. (Engineering). Ufa. 2007. 178 p. (In Russian).
4. Paplavskis Ya., Frosh A. Requirements plaster compositions for exterior finish walls from cellular concrete. Problems operational reliability exterior walls based on autoclaved aerated concrete blocks and their possible protection against moisture. *Proceedings of the seminar «Plaster formulations for external wall decoration of aerated concrete»*. Sankt-Peterburg. 2010, pp. 10–15. (In Russian).
5. Powers T.S. A Hypothesis on carbonation shrinkage. *Journal of Portland Cement Association*. 1962. V. 4. No. 2, pp. 26–31.
6. Grinfel'd G.I. Inzhenernye resheniya obespecheniya energoeffektivnosti zdaniy. Otdelka kladki iz avtoklavnogo gazobetona [Engineering solutions for energy efficiency of buildings. Finish the masonry of autoclaved aerated concrete]. Sankt-Peterburg: Izdatel'stvo politekhnicheskogo universiteta. 2011. 130 p.
7. Vasicek J. Trvanlivost a odolnost autoklavovanych porovitych betonu pri posobeni susnych vnejsich jevu. *Stavivo*. 1965. № 6, pp. 24–28.
8. Homann M. Richtig Bauen mit Porenbeton. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag. 2003. 268 p.
9. Struble L. Microstructure and Fracture at the Cement Paste-Aggregate Interface. *Bond. Cementitious Compos.: Symp.* Boston. 2–4 December 1987, pp. 11–20.
10. Galkin S.L., Sazhnev N.P., Sokolovskii L.V., Sazhneva N.N. Primenenie yacheistobetonnykh izdelii. Teoriya i praktika [The use of cellular concrete products. Theory and practice]. Minsk: Strinko. 2006. 448 p.

НОВОСТИ

В Ульяновской области заработал новый цементный завод

14 июля 2015 г. холдинг «ЕВРОЦЕМЕНТ групп» запустил новое современное предприятие по производству цемента «сухим» способом в Сенгилеевском районе Ульяновской области.

В завод вложено более 18 млрд р. Его производственная мощность составляет 1,3 млн т цемента в год, а общая мощность цементного производства в Ульяновской области приблизилась к 4 млн т. Таким образом, область становится одним из крупнейших регионов по производству стройматериалов в РФ. На предприятии создано более 500 рабочих мест, еще около 1000 рабочих мест будет создано в смежных отраслях. Логистический комплекс Сенгилеевского завода уникален тем, что пока это единственное в России предприятие, отгрузка продукции которого осуществляется как сухопутным, так и водным транспортом. Это даст возможность обеспечить высококачественными строительными материалами не только Ульяновскую

и соседние области, но и крупнейшие строительные рынки и регионы, где наблюдается дефицит цемента, а также строительные объекты Чемпионата мира по футболу 2018. К тому же за счет сравнительно низкой стоимости доставки по воде могут быть стабилизированы цены на базовый строительный материал.

Отличился завод и соответствием самым высоким экологическим стандартам: производственные выбросы здесь снижены в 2,5 раза по сравнению с нормативными показателями. Построенная на заводе современная газотурбинная электростанция мощностью 26 МВт позволит снизить потребление газа и электроэнергии, уменьшить выбросы тепла в атмосферу на 30% и максимально сократить потери энергии при транспортировке.

По материалам пресс-центра холдинга «ЕВРОЦЕМЕНТ групп»

Печи Мерц для обжига извести в Италии

Италия – это страна с богатыми традициями в области обработки и применения известняка и доломита. Еще две тысячи лет назад римляне использовали известковый раствор в строительстве зданий и знаменитых дорог по всему полуострову. Они также обнаружили, что смесь негашеной извести, вулканического пепла в соединении с водой затвердевает – так появился римский цемент, или гидравлическая известь.

Итальянская известковая промышленность является вторым крупнейшим производителем извести в ЕС, в 2013 г. произведено 3,6 млн т, что составляет примерно 14% от общего европейского производства извести.

В настоящее время в 18 различных регионах Италии установлено 28 высокотемпературных HPS и PFR печей Мерц. Общий объем установленной мощности составляет около 2,2 млн т в год сжигания газообразного, жидкого и твердого топлива, а также использование альтернативных видов топлива. Иными словами, 89% от общего объема производства извести в Италии обеспечиваются печами Мерц.

За последние 15 лет в Италии были введены в эксплуатацию 10 новых печей Мерц, в среднем каждые 18 месяцев одна новая печь.

Ниже приводится перечень печей Мерц, установленных в Италии. В перечень не включены 11 проектов по модернизации и обновлению существующих печей, а также реконструкция и модернизация печей других производителей в соответствии с современными технологиями Мерц.

Месторасположения 1 и 11

В 1969 г. компания **Fratelli Rusca S.p.A.** из Генуи становится первой итальянской компанией, которая заказала и установила шахтную печь PFR Мерц с прямоугольным поперечным сечением шахт, работающих на мазуте, производительностью 150 т/сут обожженного доломита. Обожженный доломит частично поставлялся для местной металлургической промышленности и после гидратирования частично использовался в строительной промышленности и сельском хозяйстве. Спустя 10 лет после запуска печь была переоборудована для сжигания природного газа.

Под новым именем **CALCE Dolomia S.p.A.** этот же заказчик построил еще две шахтные известковые печи Мерц на этот раз на заводе в Vernezzo. Шахтные печи типа E4 с прямоугольным сечением шахт мощностью 250 т/сут каждая были построены в 1991 и 1995 гг. соответственно. В них обжигается доломитовый камень, в качестве топлива используется природный газ.

Месторасположение 2

В 1975 г. цементная группа **Italcementi S.p.A.** из Бергамо заказала у компании Мерц известковую печь производительностью 300 т/сут, которая была построена на заводе Collefegro в 60 км к югу от Рима. Это первая печь Мерц с круглым поперечным сечением шахты, построенная в Италии, изначально работающая на природном газе. Спустя десять лет ее переоборудовали на сжигание пылеугольного топлива.

Месторасположения 3 и 6

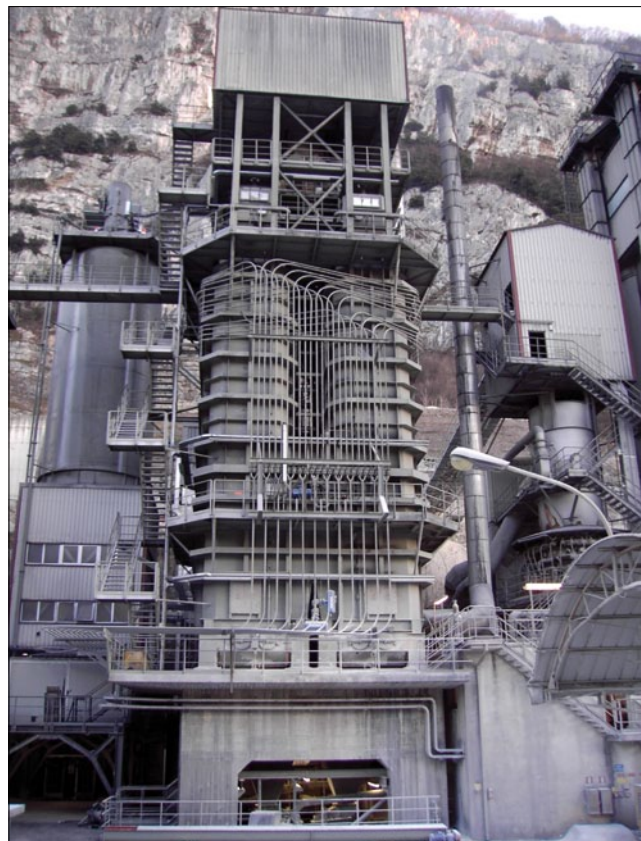
В конце 70-х гг. компания **Piovan Villaga S.p.A.** являлась первой компанией в регионе Венето, которая установила на заводе Villaga новую шахтную печь PFR Мерц для обжига извести с прямоугольным сечением шахты производительностью 100–150 т/сут. В технологическом процессе в качестве топлива использовался мазут.

Под новым именем **Villaga Calce S.p.A.** (сейчас **Unicalce S.p.a.**) компания расширила свой обжиговой потенциал, установив на своем заводе Ceraino di Dolc три новые печи.

В 1988 г. между Villaga Calce и Мерц был заключен контракт на поставку и монтаж известковой печи Мерц с круглым поперечным сечением шахт типа R1, производительностью 300 т/сут. В качестве топлива использовался нефтяной кокс.

В 1998 г. для получения извести и доломитизированной извести построена одношахтная печь для обжига извести – первая печь такого типа в Италии. Данная печь позволила получить негашеную и доломитизированную известь высокого качества с различной степенью реактивности, как часто требуется в промышленности строительных материалов. Производительность одношахтной печи для обжига извести составила 100 т/сут при сжигании мазута.

Спустя пять лет, в ноябре 2003 г. между Villaga Calce и Мерц был подписан контракт на установку новой печи с прямоугольным поперечным сечением шахт. Печь Мерц нового дизайна была самой большой печью когда-либо построенной Мерц. Печь предназначена для обжига известняка фракции 30–80 мм, в качестве топлива используется нефтяной кокс.



Месторасположение 3: Villaga Calce S.p.A., Ceraino di Dolc (VR), Италия



Месторасположение 4

Компания **Calcisernia S.p.A.**, расположенная в городе Isernia, в 1980 г. заказала первую печь Мерц, а спустя два года и вторую. Обе печи идентичны по конструкции, с прямоугольным поперечным сечением шахт, производственной мощностью 150–200 т/сут, в качестве топлива используется природный газ.

Месторасположение 5

На сегодняшний день компания **Leone La Ferla S.p.A.**, установившая известковую печь Мерц, является единственным производителем извести в Сицилии. В 1986 г. этот клиент заказал у компании Мерц PFR печь типа E3 производительностью 200 т/сут, которая была установлена на его заводе Melilli около города Сиракузы.

Месторасположение 6 (см. Месторасположение 3)

Месторасположение 7

Компания **Calce Ghisalberti S.p.A.** (сейчас **Unicalce S.p.A.**), расположенная в Brembilla, стала первой в мире, установившей печь Мерц для обжига мелкозернистой извести. Этот инновационный тип шахтной PFR печи для обжига известняка и доломита малого размера разработан компанией Мерц в конце 80-х гг. Ранее камень небольшого размера можно было обжигать только во вращающихся печах, однако с более низкой тепловой эффективностью.

Новая печь Мерц для мелкозернистой извести производит 300 т/сут обожженной извести из сырья с размером 10–30 мм. Топливом служит природный газ. Обширные исследования, опыт проектирования и лабораторные испытания этого типа печи позволили компа-



Месторасположение 7: Unicalce S.p.A. Brembilla (BG), Италия

нии Мерц построить по всему миру более 40 печей для обжига мелкозернистой извести.

В настоящее время компания **Calce Ghisalberti S.p.A.** работает под именем **Unicalce S.p.A.** и недавно для производства мелкозернистой извести на заводе Brembilla была установлена другая печь Мерц производственной мощностью 300–400 т/сут с использованием природного газа.

Месторасположение 8

На острове Сардиния первая PFR печь Мерц была построена компанией **Calcidrata S.p.A.** на ее заводе Samatzai. В 1989 г. для производства негашеной извести для различных потребителей на местном рынке Calcidrata заказала печь Мерц прямоугольного сечения шахт типа E3 на жидком топливе производительностью 150–200 т/сут.

Месторасположение 9

В 1990 г. крупный производитель извести из Лекко **Gnecchi Donadoni S.p.A.** (сейчас **Unicalce S.p.A.**) для рас-

ширения производства извести заказал и построил вторую печь Мерц для мелкозернистой извести производительностью 220 т/сут. Печь диаметром шахты 3 м предназначена для обработки тонкодисперсной известняковой фракции из местного карьера с использованием в качестве топлива природного газа.

Месторасположение 10

Компания **Calce San Pellegrino S.p.A.** из Narni, входящая в **Gruppo Unicalce**, установила три печи Мерц в San Pellegrino, постепенно увеличивая свою мощность обжига извести в Umbria. Шахтные печи круглого поперечного сечения производительностью 425 т/сут на природном газе последовательно введены в строй в 1991, 1995 и 2000 гг.

Месторасположение 11 (см. Месторасположение 1) Месторасположения 12 и 18

В 1994 г. существующее уже 300 лет семейное предприятие **Fassa Uno S.p.A.**, Spresiano для увеличения объема обжига извести для удовлетворения внутреннего спроса заключила контракт на строительство известковой печи Мерц. Гидратированная известь главным образом использовалась как сырье для основной продукции компании – строительных смесей и штукатурных составов. Печь круглого поперечного сечения шахт типа R1 производительностью 300 т/сут с двойной системой сжигания – природного газа и нефтяного кокса.

Несколько лет спустя для увеличения операционной гибкости известкового завода и с учетом доступности и цены на топливо печь была оснащена дополнительной системой сжигания древесной пыли.

В 2013 г. была добавлена печь 200 т/сут, работающая на природном газе и древесной пыли.

В 2004 и 2007 гг. с целью дальнейшего стратегического расширения **Fassa** построила новую печь Мерц в регионе Brescia. Новые печи Мерц, построенные в Montichiari, имеют комбинированный ежедневный объем производства 1000 т извести. Известь, производимая на этом заводе, с одной стороны, удовлетворяет потребность в негашеной извести для производства строительных смесей и штукатурки на соседнем заводе Mazzano, а с другой – поставляется для сталелитейной промышленности, сельскохозяйственного и экологического использования, такого как очистка воды, и в установках контроля за загрязнением воздуха в регионе.

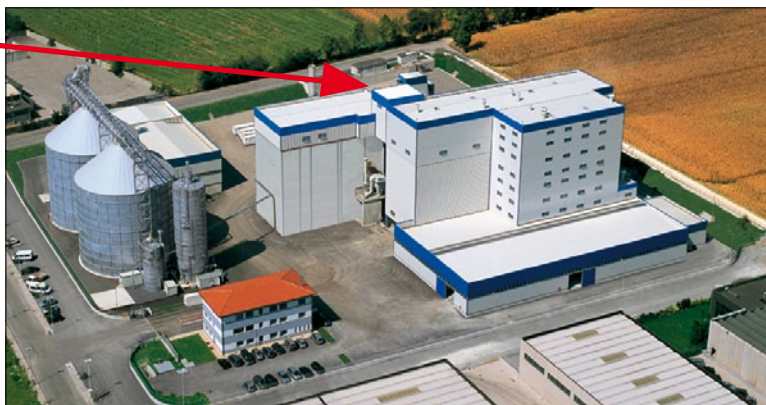
Месторасположение 13

Компания **Minermix S.r.l.**, расположенная в городе Galatina, в 1995–1996 гг. заказала и установила печь Мерц с круглым поперечным сечением шахт производительностью 250–280 т/сут на природном газе. Из печи получается доломитовая известь, которая поставляется для сталеплавильных заводов в регионе.

Месторасположение 14 и 15

Компании **Calce Mori S.r.l.** (в настоящее время **Calce S. Pellegrino S.p.A.**) из Palagiano и **Sider Calce S.p.A.** (в настоящее время **Calce Dolomia S.p.A.**) из Campiglia M., входящие в группу **Gruppo Unicalce**, в 1996 г. оформили заказ на известковые печи Мерц.

Для обжига извести в Palagiano была установлена шахтная печь с круглым поперечным сечением шахт производительностью 300 т/сут, работающая на природном газе. На заводе в Campiglia M. для местной сталелитейной промышленности была установлена печь с прямоугольным сечением шахт производственной мощностью 250 т/сут, работающая также на природном газе. Оба проекта выполнены в тесном сотрудничестве с компаниями Europrogetti, Lecco, и инжиниринговой компанией Gruppo Unicalce.



Месторасположение 12: Fassa Group, Spresiano (TV), Италия Новый известковый завод Fassa в Montichiari (BS), Италия, с силосом древесной пыли слева и печь Мерц, производительностью 500 т/сут (см. красный указатель).

Месторасположение 16

В 1997 г. компания **Fornaci Calce Grigolin S.p.A.** (Ponte Della Priula) установила первую печь Мерц, а в 2007 г. еще одну. Обе печи с круговым поперечным сечением шахт, общей производительностью 900 т/сут. В качестве топлива используется природный газ и древесная пыль.

На первой печи в 2000 г. переоборудована система сжигания для использования древесной пыли, позволяющая регулировать себестоимость продукции исходя из доступности топлива.

Месторасположение 17

В 1998 г. компания **Sardamag S.p.A.** из Priolo (Сицилия) заключила контракт с Мерц на установку одношахтной печи для производства высококачественной обожженной магнезии из прокаленных магнезиальных брикетов. Печь производственной мощностью 135 т магнезия в сутки рассчитана на сжигание природного газа.



Месторасположение 16: Система сжигания древесной пыли, Fornaci Calce Grigolin SpA, Ponte Della Priula (TR), Италия



Maerz Ofenbau AG
A Company of ThyssenKrupp
Richard Wagner-Strasse 28
CH-8027 Zurich, Switzerland

Тел.: +41-44-287 27 27
Факс: +41-44-201 36 34
e-mail: info@maerz.com
http://www.maerz.com



Международная научно-практическая конференция

ПРОМЫШЛЕННЫЕ МИНЕРАЛЫ: ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ, ОЦЕНКИ И ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

9–13 ноября 2015, г. Казань, Россия

Конференция проводится под эгидой Федерального агентства по недропользованию и Правительства Республики Татарстан. Конференция посвящена 70-летию ФГУП «ЦНИИГеолнеруд».

В работе конференции планируется участие известных российских и зарубежных ученых, руководителей геологических служб и недропользователей.

Темы конференции

- Прогноз, поиски и оценка месторождений промышленных минералов
- Развитие мирового рынка промышленных минералов и направления развития отечественной минерально-сырьевой базы
- Инновационные методы и методики изучения и оценки качества сырья, технологии добычи, переработки, получения высоколиквидной продукции

Контакты

По организационным вопросам: Садыков Равиль Касимович, тел.: (843) 238-74-66, E-mail: root@geolnerud.net

По программным вопросам: Лыгина Талия Зинуровна, тел.: (843) 236-53-73, E-mail: root@geolnerud.net

Секретариат: Антонов Вадим Алексеевич, тел.: (843) 236-44-13, E-mail: antonov-geo@rumbler.ru

Хасанова Марина Борисовна, (843) 236-54-80, E-mail: nauka@geolnerud.net, marina-geolnerud@mail.ru

Адрес: Ул. Зинина, 4, Казань, Россия, 420097

Тел.: 8 (843) 236-47-93. **Факс** 8 (843) 236 47 04. **E-mail:** root@geolnerud.net **www.geolnerud.net**

masa

Milestone to your success.

Наши решения – Ваш успех



www.masa-group.com

Фирма «Маза» предлагает отдельные машины и участки производственных линий, а также установки «под ключ» для промышленного производства строительных материалов: мелкокоразмерных бетонных изделий, бордюрного камня, декоративных плит мощения, силикатного кирпича, газобетонных изделий.

Фирма «Маза» осуществляет разработку индивидуальных технических решений, проектирование, изготовление оборудования, его монтаж и ввод в эксплуатацию. Наш Клиент сможет оценить все преимущества работы с поставщиком, производителем и ответственным партнером в одном лице.

Masa GmbH
Masa-Str. 2
56626 Andernach
Germany
Phone +49 2632 9292 0
Service Hotline +49 2632 9292 88

Masa GmbH
Werk Porta Westfalica
Osterkamp 2
32457 Porta Westfalica
Germany
Phone +49 5731 680 0

Маза-Москва
Ср. Тишинский пер., 28, офис 220
123557 РФ, Москва
Тел. +7 495 23251 27
Факс +7 495 23251 28
info@masa.ru

info@masa-group.com
service@masa-group.com
www.masa-group.com

Masa - made in Germany.





МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«РАЗВИТИЕ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ»

КЕРАМТЭКС

КЕРАМТЭКС-2015 — тринадцатая ежегодная встреча российских кирпичников

27-28 мая 2015 г. в столице Татарстана Казани состоялась XIII Международная научно-практическая конференция «Развитие керамической промышленности России: КЕРАМТЭКС-2015». Не смотря на то, что число 13 считается приносящим неудачу, в самолетах некоторых авиакомпаний даже отсутствуют 13 ряды кресел, а некоторые люди переносят свои дела на другую дату, более 200 руководителей и ведущих специалистов кирпичных заводов, представителей машиностроительных фирм и инженеринговых компаний, ученых отраслевых исследовательских и учебных институтов из 24 регионов России и 9 зарубежных стран не поддались суевериям, и дружно приехали в Казань на очередной всероссийский профессиональный форум. Конечно, самой многочисленной была делегация коллег их Татарстана, в которую входили представители пяти республиканских кирпичных заводов.

Бессменным генеральным спонсором конференции является «ЛСР. Стеновые материалы». Партнерами выступили испанские компании «ЭКИПСЕРАМИК» (EQUIPCERAMIC S.A.) и «ВЕРДЕС» (TALLERES FELIPE VERDES S.A.), оборудование которых установлено на Мамадышском кирпичном заводе «МАКЕРАМ», который участники конференции посетили в рамках выездной сессии.



Казань - столица Республики Татарстан, крупный порт на левом берегу реки Волги, при впадении в нее реки Казанки. О происхождении названия Казани существует несколько версий. Красивая легенда гласит, что колдун посоветовал булгарам построить город там, где без всякого огня будет кипеть врытый в землю котел (казан) с водой. В результате подобное место было найдено на берегу озера Кабан. Отсюда и пошло имя города Казань.

Согласно официальной версии, принятой в настоящее время, город был основан более 1000 лет назад - в 2005 г. было отпраздновано тысячелетие Казани.

Казанский кремль входит в число объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО. При поддержке ЮНЕСКО в Казани был создан первый в мире Институт культуры мира.

В настоящее время Казань — крупнейший город Поволжского экономического района, лидирующий по инвестициям в основной капитал и строительству. Один из крупнейших экономических, политических, религиозных, научных, образовательных, культурных и спортивных центров России.

На протяжении всего постсоветского периода Казань является лидером по жилому строительству в Поволжье и одним из лидеров в России как по государственным программам ликвидации ветхого жилья ранее и социальной ипотеке затем, так и коммерческого жилья. Одним из основных строительных материалов при выполнении этих программ является кирпич.

Строительный кирпич в Татарстане производится на 26 заводах (из них крупных менее 10) и цехах общей мощностью более 1 млрд шт. усл. кирпича в год. В их числе 23 завода по производству керамического кирпича суммарной мощностью 680 млн шт. усл. кирпича в год и три производства силикатного кирпича общей мощностью 340 млн шт. усл. кирпича в год.



На заводе гостей встречали традиционным татарским угощением

За последнее десятилетие в кирпичной промышленности Татарстана ведется коренная реконструкция в сотрудничестве с ведущими мировыми производителями оборудования из Испании, Италии и Германии. Например, в 2009 г. участники конференции КЕРАМТЭКС посетили запущенный в конце 2008 г. кирпичный завод филиал ЗАО «ФОН» «Ключищенская керамика» (в настоящее время КЛЮКЕР).

И вот знакомство с очередным татарстанским кирпичным заводом, получившим новую жизнь.

История Мамадышского кирпичного завода началась 80 лет назад — он был основан в 1935 г., в 1963 г. состоялась первая реконструкция предприятия, оно стало выпускать около 12-15 млн шт. усл. кирпича в год. В 1998 г. на базе кирпичного завода сформировался многопрофильный производственно-

КЕРАМТЭКС - место встречи друзей. И.М. Путров, технический директор ОАО «КЕРМА» (Нижегородская обл.) и Р.В. Ишбулдин, директор по производству ООО «ЛСР. Стеновые-СЗ» (Санкт-Петербург)



Есть, что обсудить руководителям новых кирпичных заводов. Слева направо: генеральный директор ОАО «Стройсервис» И.Ф. Хазиев, начальник производства Дубёнского кирпичного завода С.А. Цыганов и директор А.М. Злобин (Республика Мордовия)



Директор компании «Томские фильеры» К.В. Марков гордится своей продукцией, успешно эксплуатируемой на Мамадышском кирпичном заводе

строительный холдинг ЗАО «Стройсервис», являющийся в настоящее время одним из ведущих строительных подрядчиков в области жилищного строительства Татарстана.

Новый завод построили менее, чем за два года и торжественно открыли 6 августа 2014 г. О значимости данного предприятия для экономики и строительного комплекса Татарстана говорит тот факт, что в торжественной церемонии его открытия принимали участие президент Татарстана Р.Н. Минниханов, премьер-министр И.Ш. Халиков, министр строительства И.Э. Файзуллин.

Проектная мощность «МАКЕРАМ», как теперь называется Мамадышский кирпичный завод, 60 млн шт. усл. кирпича. Потенциально завод может выпускать более сотни видов продукции от полнотелого и пустотелого облицовочного кирпича до крупноформатных пустотно-поризованных блоков. В основном предприятие будет работать на нужды своего региона, а также поставлять кирпич Нижнекамск, где нет ни одного кирпичного завода.



На каждом кирпичном заводе специалисты узнают что-то новое и полезное для своей дальнейшей работы



Много лет проработав на кирпичных заводах, В.А. Клевачкин создал собственное предприятие ООО «НАНОКЕРАМИКА», в становлении и развитии которого опирается на детей, ставших соратниками. Екатерина – главный технолог, Антон – коммерческий директор



Всегда интересно побывать в гостях у соседей, слева направо: директор НПО «Строительная керамика» А.М. Сафин, советник председателя совета директоров Р.У. Фаезов, генеральный директор ОАО «Алексеевская керамика» Р.Р. Кабиров



Проведение выездной сессии Международной научно-практической конференции на заводе МАКЕРАМ – значимое событие в жизни г. Мамадыша. Приветствовать гостей приехали (справа налево) глава Мамадышского муниципального района А.П. Иванов и руководитель исполнительного комитета И.Ф. Хафизов, слева И.Ф. Хазиев



Команда испанской компании «Вердес», слева направо: директор представительства в России И.Э. Катинас, генеральный директор К. Горчс, технический директор И. Алонсо, коммерческий инженер О.Н. Бондаренко



Постоянные участники КЕРАМТЭКС директор Губского кирпичного завода А.Б. Попов (справа) и технический директор Д.Н. Сериков



На прогулке по набережной г. Мамадыша директор по продажам компании «Силике керамика» (Чехия) И. Ерѳва и генеральный директор фирмы «ЛИНГЛ» А. Лингл (справа)



Гостеприимные хозяева подготовили для участников конференции яркую, интересную и динамичную концертно-развлекательную программу, включавшую выступления детских танцевальных и вокальных коллективов, народные забавы и состязания



Программа пленарного заседания КЕРАМТЭКС традиционно насыщена. Было заслушано 30 докладов и сообщений, освещающих весь цикл производства строительной керамики от добычи и подготовки глинистого сырья до упаковки готовой продукции, однако преобладали доклады о повышении качества готовой продукции, расширении ее ассортимента и снижения себестоимости.

Важнейшим технологическим переделом технологии керамики является массоподготовка. О том, каких проблем можно избежать, как добиться выпуска бездефектной продукции рассказал коммерческий инженер компании «Вердес» О.Н. Бондаренко. Выпускаемые фирмой машины для сухой переработки глины, такие как молотковые дробилки, более 70% сырья измельчают до размера частиц меньше 250 мкм, маятниковые мельницы позволяют достигнуть тонины помола до 35 мкм.

В прошлом году в г. Новочебоксарске при участии компании «Вердес» было запущено новое предприятие, специализирующееся на выпуске ши-

А.А. Акберов, управляющий ООО «ЛСР. Стеновые-М» (Москва) представил коллегам опыт модернизации действующего производства павлово-посадского кирпичного завода («ЛСР. Стеновые-М»), выпускающего лицевой кирпич широкой цветовой гаммы. Наряду с глиной собственных месторождений - Ожерельевского и Власово-Тимонинского, а также глины Кудинового, Тульского и Орского карьеров выпускается кирпич цвета от белого и слоновой кости до темно-коричневого, а современные технологии - сохранять идентичный цвет от партии к партии. Новинка предприятия кирпич желтого цвета.



Ф. Бальмонт, коммерческий директор компании «ЭКИПСЕРАМИК» (Испания)



Р.Н. Грызунов, менеджер ООО «СИБЕЛКО Рус» (Москва) представил новый ассортимент латненских глин для выпуска керамического кирпича, производство которого налажено на Воронежском рудоуправлении



Ж.С. Марчизио, коммерческий директор компании «Морандо» (Италия) подробно рассказал о реализации крупного проекта в Республике Мордовия – строительстве Дубёнского кирпичного завода, на который компания «Морандо» поставляла глиноперерабатывающее оборудование



В.М. Соловьев, ведущий инженер ОАО «НИИСтроммаш» (г. Гатчина)



Генеральный директор компании «ЛИНГЛ» А. Лингл и менеджер проектов И. Альберт (справа) на примерах в Германии и России показали преимущества последовательной модернизации действующих производств



Генеральный директор ООО «Хендле-Браун» Р.Э. Юрьев (Санкт-Петербург)

роко спектра клинкерной продукции (ступеней, навесных фасадов, облицовочной плитки для ДСК, дорожного клинкера и облицовочного кирпича) методом экструзии. «Экоклинкер» это инвестиционный проект по выпуску импортозамещающей продукции.

Неутомимый И.Ф. Шлегель, генеральный директор ООО «ИНТА-Строй» (Омск) представит новую разработку своего института – валковую дробилку ШЛ 372, подробно остановился на оригинальной кинематической схеме, устройстве механизма и технических характеристиках.

Следует отметить, что участники конференции проявили большой интерес к научным докладам и даже выразили пожелание, чтобы на следующем мероприятии такие выступления, требующие большой concentra-

ции внимания, были поставлены ближе к началу. Много вопросов было задано генеральному директору ООО «НИИ керамики» В.А. Езерскому в связи с его докладом о возможности анализа цвета керамического кирпича (см. статью на стр.____). Важнейший вопрос управляемого структурообразования керамического камня на основе знаний фазового и минерального состава исходных глин поднял доцент Казанского федерального университета А.М. Салахов (см. статью на стр.____). Новую добавку КОМПАС, позволяющую снизить влажность глины и улучшить формовочные характеристики, а также повысить бездефектность сушки и обжига, представила главный технолог ООО «НАНОКЕРАМИКА» Е.В. Клевакина (см. статью на стр.____).





Директор компании «Эстецо трейд» О. Абакумова и региональный менеджер фирмы «Маркелуццо» Р. Мази (Италия)



Научные «основы» керамики (слева направо) А.М. Салахов (Казанский федеральный университет) и Б.В. Талпа (Южный федеральный университет)



Французская компания «Кимпе» дебютант конференции. Ее продукцию – керамические пигменты, представил менеджер А. Томилов



В.И. Кузин, генеральный директор ЗАО «ПФК «НК» (Белгородская обл.)



М. Хочай, много лет работавший в различных машиностроительных и инжиниринговых компаниях, в Казани представил свою новую фирму «АЛМ-Трейдиг»





В завершение конференции мы посетили легендарный остров-град Svijazhsk, где не только окунулись в атмосферу старины, но и очередной раз убедились в безграничных возможностях создания архитектурных сооружений из кирпича на примере ряда культовых и гражданских построек этого старинного города.

История возникновения Svijazhска окутана легендами. Рассказывают, что возвращаясь из очередного неудачного похода на Казань, двадцатилетний царь Иван IV Васильевич, тогда еще никакой не Грозный, а счастливый муж и отец, присмотрел удачно расположенную одинокую круглую гору у слияния рек Svияги и Шуки для строительства крепости. Однако построить ее на земле Казанского ханства возможности не представлялось. Тогда царь с воеводами придумали хитрость – решили построить крепость в вотчине бояр Ушатых недалеко от Углича, затем раскатать ее по бревнышку, сплавить по Волге, и быстро собрать на выбранном месте. Так и сделали. Датой основания города считается 24 мая 1551 г., когда к устью Svияги подошли

суда с заготовленными и размеченными бревнами крепостных построек. Всего за четыре недели вершина горы была очищена от леса, выровнена, и на подготовленной площадке поставлена крепость, размером превосходящая не только Новгородский, Псковский, но и Московский кремль. Это стало единственным и уникальным примером самой короткой закладки города. В новом городе сразу заложили всю необходимую инфраструктуру, построили церкви, монастыри, более тысячи жилых домов. Первоначально новая крепость получила название Иван-город, но оно не прижилось, и вскоре Новый город Svияжский превратился просто в Svияжск.

В начале 1552 г. царь Иван IV Васильевич прибыл в Svияжск со ста пятидесяти тысячной армией и учинил-таки «тесноту Казанской земле» - 2 октября 1552 г. после долгой осады город был взят.

Рассказывать о Svияжске можно долго, и бесконечно его изучать, ведь в архиве хранится несколько десятков тысяч экспонатов и документов.

Пережив Советскую власть, когда среди церквей и монастырей пытались установить памятник Иуде, зверства ГУЛАГа, учреждения которого были щедро размещены на острове, с трудно приходит в себя древний град.

Если ранее Svияжск становился островом только на период весеннего разлива омывающих его рек, то в 1957 г. в результате наполнения Куйбышевского водохранилища он стал островом окончательно.

С 2010 г. на острове-граде началась реализация программы республиканского Фонда сохранения и развития Булгара и Svияжска «Возрождение», включающая реставрацию и реконструкцию исторических достопримечательностей и строительство новых объектов культуры и инфраструктуры, а также обновление жилого фонда жителей Svияжска.

Мы увидели первые результаты этой непростой работы и поняли, почему сам Пушкин, посетив город, признавался, что именно таким представлял свой сказочный остров Буян. Это поистине волшебное и неопишуемой красоты место.



Троицкой деревянной церкви 464 года. Ее широченные половицы помнят преклоненные колена самого царя Ивана IV Васильевича, когда он молился о победе над Казанским ханством в 1552 г.



Главный собор Иоанно-Предтеченского женского монастыря был построен архитектором Ф.Н. Малиновским в популярном тогда неовизантийском стиле с элементами эклектики в 1898-1906 гг. Сейчас, после реставрации мы еще можем видеть великолепную кирпичную кладку, создающую причудливые формы всем элементам здания.



13-й КЕРАМТЭКС завершился успешно. Прощаясь, коллеги желали друг другу скорой новой встречи. Значит, не такое уж несчастливое число 13. Ведь эта мистическая цифра несет в себе данные цифры 4, получаемой от сложения 1 и 3, а 4 говорит о прочности и устойчивости. Если обратиться к так называемому языку чисел, то мы увидим, что число 13 интерпретируется как «дух человека, который стремится к любви». И действительно, все участники КЕРАМТЭКС искренне любят свое дело, любят ежегодно встречаться, любят получать новую информацию, да и своими достижениями не прочь поделиться. Расставаться не любят. Но ничего, скоро КЕРАМТЭКС-2016!



LINGL движется!



Один из ведущих международных производителей машин и оборудования HANS LINGL ANLAGENBAU & VERFAHRENSTECHNIK GMBH & CO. KG предлагает решения и высокоразвитые технологии по всей цепочке создания керамического производства.

Предприятие производит инновационные отдельные компоненты, комплексные решения в сфере производства установок с компьютерным управлением, а также предлагает передовые модернизации при помощи новейшего оборудования и технологий для изготовления грубой керамической продукции, технической и санитарной керамики и огнеупорных изделий.

LINGL предоставляет инженеринговые услуги и решающие конкурентные преимущества своим клиентам во всем, что касается сырья и производства, индивидуальной оптимизации оборудования, а также новейших производственных программ.

Оказание клиенту первоклассной технической поддержки опытными сотрудниками обеспечивает безотказную работу оборудования LINGL, установленного во всем мире.

В этом году на выставке CERAMITEC (павильон B2, стенд № 101 / 202) под девизом «LINGL движется!» немецкий производитель оборудования представляет свою расширенную продуктовую линейку.

Девиз LINGL подчеркивает перестройку компании, которая фокусирует движение в сторону заказчика и его потребностей, а также постоянное совершенствование.

Таким образом, LINGL наряду со своими известными во всем мире машинами и оборудованием для грубой керамики, демонстрирует новые решения для производителей санитарной керамики, энергоэффективную и экономичную технику для огнеупорной промышленности, а также специальные решения и их применение для технической керамики.

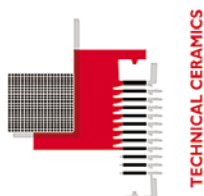
Информация в сервисной части выставочного стенда компании будет представлять: телесервис с видеоподдержкой, оптимизации и модернизации, анализ оборудования и процесса, газотехнические проверки безопасности, а также обучения и семинары.

Вместе со своими дочерними предприятиями, международными представительствами и сервисными филиалами вся команда LINGL говорит вам: «Добро пожаловать на CERAMITEC 2015!»



HEAVY CLAY

Грубая керамика



TECHNICAL CERAMICS

Техническая керамика



SANITARY WARE

Санитарная керамика



REFRACTORY

Огнеупоры

Сервис

По всем вопросам

Ханс Лингл Анлагенбау унд Ферфаренстехник ГмбХ & Ко. КГ
Нордштрассе, 2, 86381 Крумбах, Германия

Моника Кемпфле

Тел. +49 (0)82 82/825-245 Факс +49 (0)82 82/825-510
E-mail: m.kempfle@lingl.com www.lingl.com

Hans Lingl Anlagenbau und Verfahrenstechnik GmbH & Co. KG

Postfach/P.O.Box 1262 • D-86381 Krumbach | Nordstraße 2 • D-86381 Krumbach
Telefon +49 (0)8282 825-0 | Fax +49 (0)8282 825-510

Mail: lingl@lingl.com
www.lingl.com

LINGL
MADE IN GERMANY

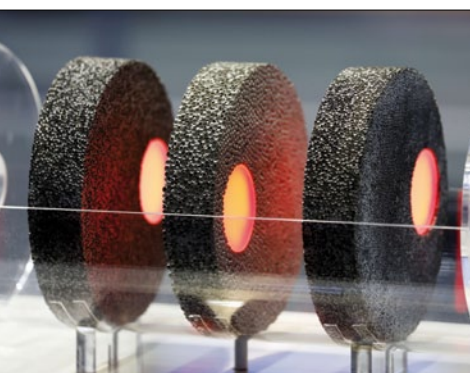
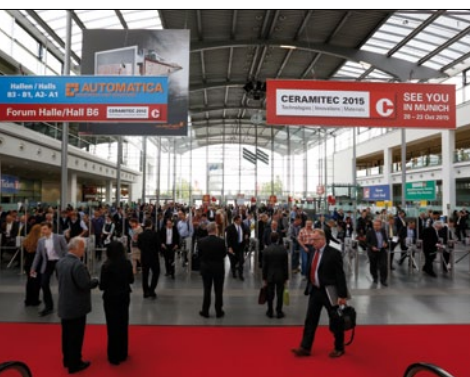
Ceramitec 2015:

деловая программа форума с акцентом на Промышленность 4.0

Ведущая международная выставка керамической промышленности, от классической керамики и сырья до порошковой металлургии и технической керамики, пройдет с 20 по 23 октября 2015 г. на территории выставочного комплекса Messe München.

О выставке ceramitec

ceramitec – ведущая международная выставка керамической промышленности, охватывает весь спектр – от классической керамики и сырья до порошковой металлургии и технической керамики. В ceramitec 2012 приняли участие 613 экспонентов из 42 стран и около 16 800 посетителей из 106 стран. Выставка ceramitec Technologies - Innovations - Materials проходит раз в три года. Ближайшая выставка пройдет в Мюнхене с 20 по 23 октября 2015.



Деловая программа выставки на Форуме ceramitec в павильоне В1 в этом году вновь будет включать обмен научными знаниями и разработками ноу-хау. Посещение докладов и подиумных дискуссий является бесплатным. Все доклады предлагаются с синхронным переводом на немецком и английском языках.

Подиумная дискуссия к открытию выставки.

Важные для будущего керамической промышленности межотраслевые темы будут отражены на ceramitec. Поэтому насыщенная деловая программа начнется в первый день выставки, во вторник, 20 октября, с открытой дискуссии под девизом «ceramitec goes digital» (ceramitec идет к цифре). За последние три года новые методы, например, цифровое декорирование и генеративные технологии совершили прорыв в серийное производство. Эксперты из отрасли керамики и порошковой металлургии сообщают об уровне аддитивного производства применительно к промышленному применению и необходимости дальнейших исследований и разработок. Кроме того, участники дискуссии обсудят, что Промышленность 4.0 значит для керамической отрасли.

День Порошковой Металлургии.

Союз порошковой металлургии проведет 21 октября «День Порошковой Металлургии». Под девизом «3D-печать керамики и металла» признанные специалисты в области порошковой металлургии и керамики расскажут в рамках разнообразных докладов о динамичном развитии в области аддитивного производства.

День грубокерамической промышленности (Heavy Clay Day).

Специализированный журнал Z1 Ziegelindustrie International в среду, 21 октября, в третий раз на ceramitec проведет «Heavy Clay Day» с акцентом на «Эффективное использование ресурсов в кирпичной промышленности». Эффективное использование ресурсов – это одна из важнейших задач для производителей грубой керамики. Наряду с использованием сырья и энергии, сюда входит и оптимальное планирование персонала и логистики.

Эта тема будет во всех деталях освещена в докладах Форума. Содержанием докладов станут, например, эффективное использование сырья, новая энергосберегающая печь для обжига кирпича, а также применение альтернативных горючих материалов.

Специальное мероприятие, посвященное Ирану.

Еще одним из интереснейших событий деловой программы 21 октября во второй половине дня станет специальное мероприятие, посвященное развитию керамической промышленности Ирана. Президент Иранского Керамического Общества профессор Фарад Голестани сделает доклад о состоянии иранской керамической промышленности и обмене опытом с международными производителями. Эксперты по международной торговле и банковскому делу, представители Союза машиностроителей Германии VDMA, а также ведущие производители оборудования для производства керамики поделятся своим опытом экспортных поставок в Иран.

День Технической Керамики

«День Технической Керамики» в четверг, 22 октября, начнется с введения в тему «Промышленность 4.0 / Интегрированная промышленность» в керамике. Именные докладчики представят важнейшие группы материалов в разделе технической керамики. Кроме того, прозвучат доклады об аддитивном производстве и об инновациях с керамическими компонентами в машиностроении. Профессиональные союзы и представители промышленности представят свою деятельность и услуги.

День подготовки молодых специалистов (Career Day)

Важная в отрасли тема подготовки молодых специалистов также найдет свое место на ceramitec. В пятницу, 23 октября, впервые пройдет Career Day – специальный информационный день по теме «Карьера в керамической промышленности». Наряду с докладами и дискуссиями о возможностях получения образования и повышения квалификации, студенты, выпускники и молодые специалисты в Career Lounge Форума в павильоне В1 смогут получить у работодателей информацию о вакансиях и карьерных возможностях.

Будучи ведущей международной выставкой ceramitec собирает вместе всех важнейших представителей отрасли. Это идеальная площадка для молодых специалистов, которая дает обзор профессиональных возможностей в мире керамики.

Мероприятие проводится совместно Messe München, Немецким Керамическим Обществом, Высшей школой Кобленца, Союзом машиностроителей Германии VDMA, European Ceramic Technology Suppliers (ECTS) и специализированными журналами «Keramische Zeitschrift» и INTERCERAM – International Ceramic Review.

Подробнее о программе выставки <http://www.ceramitec.de/en/supporting-program/events>

Журнал «Строительные материалы» в рамках проекта КЕРАМТЭКС приглашает специалистов отрасли посетить выставку ceramitec в составе российской делегации по специальной программе.

Стенд журнала «Строительные материалы»[®] №533 (зал В2)

Подробная информация о поездке по тел.: +7 499 976 20 36; +7 910 437 03 98



Hot spot for the
ceramics industry

Идеальный состав для Вашего успеха.

На ceramitec 2015 Вы найдете все для успешной выставки. Воспользуйтесь этой идеальной обстановкой для презентации Вашего предприятия.

- Вся керамическая промышленность в одном месте
- Высокотехнологичная публика со всего мира
- Профессиональные сервисы для участников

Не пропустите!

Подайте заявку прямо сейчас:
ceramitec.de/application

Ceramitec 2015

Technologies · Innovations · Materials

**20 – 23 октября · Messe München
ceramitec.de**

Дивизион «КЕЛЛЕР» (KELLER) примет участие в выставке ceramitec 2015 в Мюнхене

С 20 по 23 октября 2015 г. состоится самое знаменательное событие международного масштаба для грубокерамической промышленности – выставка ceramitec в Мюнхене.

Как на предыдущих выставках, так и в этом году на выставочном стенде дивизиона «КЕЛЛЕР» будут представлены многочисленные интересные экспонаты.

На стенде 209/410 в павильоне В2 посетители выставки смогут увидеть новую валковую дробилку тонкого измельчения GENIUS компании «Морандо», а также отрезное устройство компании «КЕЛЛЕР» последнего поколения.

Ключевым моментом для заинтересованного круга специалистов станет презентация печи «ENVIRO», инновационной конструкции печи с высоким энергосберегающим потенциалом. На стенде можно будет познакомиться с принципом работы новой печи с противотоком. Эксперты компании предоставят подробную информацию и обоснованные результаты.

Отдел автоматизации продемонстрирует концепции систем управления к проекту «Индустрия 4.0» – объединению в горизонтальные и вертикальные сети человека, машин и объектов, а также информационные и телекоммуникационные системы.

Следующее ведущее направление, представленное на выставке, – энергоменеджмент компании «КЕЛЛЕР».

Стойка сервиса на выставочном стенде «КЕЛЛЕР» будет служить координационным центром по всем вопросам технического ухода за оборудованием, концепций международного сервисного обслуживания и обучения персонала.

У информационной стойки лаборатории «КЕЛЛЕР» можно будет познакомиться со спектром лабораторных услуг, начиная с разведки месторождения и заканчивая измерением важных с экологической точки зрения параметров на кирпичном заводе.

Кроме того, отдел контрольно-измерительной техники проинформирует посетителей стенда об оборудовании управления для установок смешивания и дозирования и модернизации техники управления и автоматизации в производстве сыпучих материалов.

И разумеется, посетители получают информацию о тенденциях развития в производстве забутовочного кирпича с набивкой и заполнением различными изоляционными материалами с использованием новейших технологий шлифования.

Специалисты компании будут рады Вашему посещению!

Павильон В2, стенд № 209/410

KELLER H.C.W.

КЕЛЛЕР ХЦВ ГмБХ
Ивонн Нимайер, Карл-Келлер-Штрассе 2-10, 49479 Иббенбюрен, Германия
Телефон +49 5451 85 229 Факс +49 5451 85 310
yvonne.niemeyer@keller-hcw.de www.keller.de nfo@keller-hcw.de



the strong basis
РОСИЗВЕСТЬ

**Производит и поставляет
строительную известь (ГОСТ 9179-77)
и гипсовый камень (ГОСТ 4013-82)
во все регионы России и ближнее зарубежье**

Продукция:

- известь негашеная ГОСТ 9179-77, II сорт (гранулированная и порошкообразная);
- известь гидратная (гашеная) ГОСТ 9179-77, I сорт;
- камень гипсовый ГОСТ 4013-82, II сорт

Характеристики производимой извести

Наименование показателей	Гранулированная (негашеная)	Порошкообразная (негашеная)	Гидратная (гашеная)
Активный CaO+MgO	не менее 80–86 %	82–86%	67–70%
Активный MgO	не более 1,5 %	не более 1,5 %	не более 1,5 %
Содержание Ca(OH) ₂	–	–	89-90%
Время гашения	3-5 мин	3-5 мин	–
Температура гашения	95°C	95°C	–
Количество не погасившихся зерен	до 11%	до 11%	–
Фракционный состав:	Гранулы 0–15 мм	–	–
остаток на сите № 02	–	1%	0,2%
остаток на сите № 008	–	10%	5,0%
Содержание CO ₂	до 3%	до 3%	до 3%
Влажность	–	до 0,2%	до 1%

Характеристики гипсового камня

Наименование показателей	Норма по ГОСТ 4013-82				Камень гипсовый
	I сорт	II сорт	III сорт	IV сорт	
Содержание гипса в гипсовом камне, %, не менее	95	90	80	70	92–98
Кристаллизационная вода	19,88	18,83	16,74	14,64	18,83–20,25
Фракционный состав, %: от 5 мм до 60 мм от 0 мм до 5 мм					83,3 16,7
Насыпная плотность, кг/м ³					1235

394000, г. Воронеж, пр. Революции, 1А
Тел./факс: (473) 239-90-71, 239-90-72,
239-90-73

E-mail: rosizvest@rosizvest.ru
www.rosizvest.ru

Реклама

ФУТЕРОВКА ОБЖИГОВЫХ ВАГОНЕТОК ИЗ ЖАРОСТОЙКОГО БЕТОНА ОРГАНИЗАЦИЯ СОБСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

55 ЛЕТ
В ПЕЧЕСТРОЕНИИ

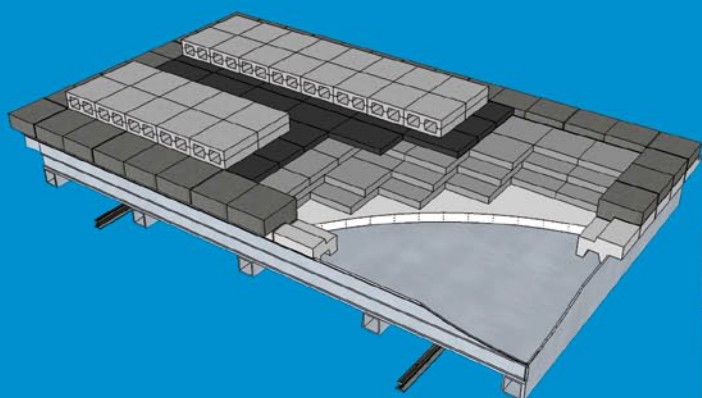
Наша специализация

- Разработка составов жаростойких бетонов с повышенной термостойкостью и температурой применения до 1200 °С с выдачей рекомендаций по технологии производства.
- Разработка проектной документации участков по изготовлению блочной футеровки обжиговых вагонеток для создания собственного производства на кирпичных заводах.
- Оказание технической помощи в организации производства блочных футеровок из жаростойкого бетона. Себестоимость производства 1м³ изделий из жаростойкого бетона составляет менее 19 000 руб.

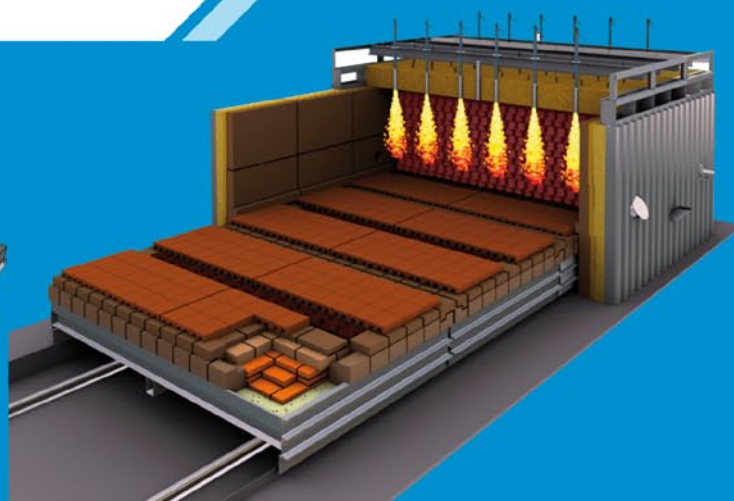
Поставка материалов для строительства и ремонта печей

- Элементы стен и перекрытия туннельных и камерных печей
- Футеровка подин обжиговых вагонеток
- Окантовочные блоки и элементы канализованного пода
- Горелочные камни
- Теплоизоляционные вермикулитовые изделия (керамовермикулит)
- Сухие смеси для изготовления жаростойкого бетона и кладочных растворов.

Технология внедрена на 25 кирпичных заводах России и стран СНГ. Опыт использования блочной футеровки из жаростойких бетонов - более 30 лет.



Конструкция обжиговой вагонетки с использованием блочной футеровки из жаростойкого бетона



Футеровка ограждающих конструкций туннельной печи, разработанной институтом "УралНИИСтром"

Г.И. СТОРОЖЕНКО¹, д-р техн. наук, технический директор (storojenko_gi@mail.ru);
А.Ю. СТОЛБОУШКИН², канд. техн. наук (stanyr@list.ru), А.И. ИВАНОВ², инженер

¹ ООО «Баскей Керамик» (454111, Челябинская область, г. Челябинск, ул. Степана Разина, 16)

² Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе, Сибирское отделение Российской академии наук (630090, Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 1)

Переработка углистых аргиллитов для получения керамического сырья и технологического топлива*

Приведены результаты исследований вещественного, химического и минерального составов отходов обогащения Коркинского угольного разреза и выявлена зависимость процентного содержания органической части в углистых аргиллитах от размера кусков породы. Предложена технология вторичной переработки углеотходов с целью получения угольного топлива и сырья для производства керамических материалов. Показано на основании опытно-заводских испытаний, что пневматическая классификация отходов позволяет выделить остатки угля из аргиллитов и получить при этом стабильное керамическое сырье для производства кирпича. Такая комплексная переработка отходов углеобогащения обеспечивает не только значительное расширение сырьевой базы подотрасли строительных материалов и получение дополнительных энергоресурсов, но и будет способствовать решению проблем охраны окружающей среды и улучшению экологической обстановки промышленных регионов.

Ключевые слова: отходы углеобогащения, углистые аргиллиты, керамический кирпич, комплексная переработка отходов.

G.I. STOROZHENKO¹, Doctor of Sciences, Technical Director (storojenko_gi@mail.ru);

A.Yu. STOLBOUSHKIN², Candidate of Sciences (Engineering) (stanyr@list.ru), A.I. IVANOV², Engineer

¹ «Baskey Keramik» ООО (1b, Stepana Razina Street, Chelyabinsk Oblast, Chelyabinsk, 454111, Russian Federation)

² Institute of Thermophysics named after S.S. Kutateladze SB RAS (1, Lavrentev Lane, Novosibirsk, 630090, Russian Federation)

Coal argillite recycling in ceramic raw materials and process fuel production*

The research results of the material, chemical and mineral compositions of waste coal from Korkino open-pit coal mine are provided, and the dependence of the percentage of organic component in coal argillites on the size of the rock is revealed. The technology of waste coal recycling is offered to produce coal fuel and raw material for the industry of ceramic materials. On the basis of pilot industrial tests it was shown that a pneumatic waste classification allows to extract the remains of coal from argillite and get a stable ceramic raw material for brick production. Such complex processing of waste coal provides not only a significant expansion of the raw material base for construction materials sub-sector and generation of additional energy, but will also help to solve environmental problems and improve the environmental situation in industrial regions.

Keywords: waste coal, coal argillites, ceramic brick, complex processing of waste coal.

Актуальным направлением развития стеновой керамики по-прежнему остается поиск новых видов сырья. Стратегическим решением этой проблемы может стать использование в строительной отрасли крупнотоннажных отходов промышленности, тем более что их интенсивное накопление в последние годы представляет реальную угрозу экологической безопасности страны [1–3].

Комплексная «утилизация» минеральных промышленных отходов в производстве строительных материалов может дать народному хозяйству значительный экономический эффект, обусловленный рациональным использованием природного сырья, уменьшением расходов на складирование отходов, сокращением отводимых под отвалы земель. Эти преимущества могут быть наглядно показаны на модели комплексного производства, организуемого на базе техногенного месторождения сырья, например такого, как отходы углеобогащения Коркинского угольного разреза (Челябинская обл.). Коркинские отвалы, куда свозятся отходы, вместе с карьерами и терриконами занимают 6700 из 10200 га всей территории г. Коркино, а их объем составляет более 80 млн т.

Несмотря на то что отходы углеобогащения являются неисчерпаемым источником сырья для промышленности строительных материалов, разработанные технологии их использования в производстве дорожных грунтобетонных, керамического кирпича и другой продук-

Search for new raw materials remains one of the actual problems in the development of wall ceramics. Usage of large-tonnage industrial waste might become the strategic solution to this problem, especially as their intense accumulation in recent years poses a real threat to the environmental safety of the country [1–3].

Complex “disposal” of mineral industrial waste in the production of construction materials can give the national economy a significant economic effect due to the rational use of natural resources, reduction of costs for waste storage, reduction of lands allocated under the waste piles. These advantages can be clearly shown on the model of the integrated production, organized on the basis of technogenic deposits of raw materials, for example, waste coal at the open-pit coal mine Korkino (Chelyabinsk region). Dumps at Korkino, to where the waste is brought, together with open pits and pit refuse heap, occupy 6700 hectares out of 10200 hectares of the whole territory in Korkino, and their volume is more than 80 million tons.

Despite the fact that the waste coal is an inexhaustible source of raw materials for the industry of construction materials, the developed technologies of their use in the production of road soil-concrete, ceramic brick, and other products [4–6] are not widely used. There is a positive experience of using waste coal for production of concrete [7–9], but in Russia it is of little use. The main reasons are heterogeneity of the particle size distribution and chemical compo-

* Работа выполнялась при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение № 14.607.21.0106 с федеральным государственным бюджетным учреждением науки «Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе» Сибирского отделения Российской академии наук.

* This work was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation agreement No. 14.607.21.0106 with the Federal State Budget Institution of Science Institute of Thermophysics named after S.S. Kutateladze Siberian Branch of the Russian Academy of Science”.

ции [4–6] не нашли широкого применения. Есть положительный опыт использования углеотходов в производстве цемента [7–9], но в РФ он мало используется. Основными причинами являются неоднородность granulometricкого и химического составов, высокое содержание органики, а также пробелы в законодательстве, связанные с требованиями к собственникам об обязательной переработке отходов.

Главная отличительная особенность отходов углеобогащения по сравнению с традиционными сырьевыми материалами — наличие органического вещества, представленного остатками обогащаемого угля. Содержание углерода в углистых аргиллитах составляет примерно от 3 до 26%. Такой разброс показателей объясняется различным химическим составом породы и технологической эффективностью процессов, осуществляемых на обогатительных фабриках.

Технологических решений, позволяющих выполнить предварительную переработку углистых аргиллитов для получения сырья с приемлемым по однородности веществным составом и устранения негативного влияния угля для некоторых технологических процессов, на сегодняшний день нет. Наиболее очевидным решением утилизации отходов является внедрение безотходной технологии, которая должна быть реализована за счет принципиального изменения производственных процессов, обеспечивающих полное использование сырьевых материалов, образующихся после вторичной переработки техногенного сырья.

Цель настоящей работы заключалась в формировании технологических принципов получения энергетического угольного топлива и сырья для производства широкого спектра строительных материалов путем переработки отходов обогащения углей и углистых аргиллитов. Для достижения поставленной цели решался комплекс задач по разработке эффективной технологии производства стеновых керамических материалов, созданию ее аппаратного обеспечения и апробации в заводских условиях.

В качестве основного объекта исследовались представительные пробы отходов копеейских обогатительных фабрик, перерабатывающих добычу Коркинского угольного разреза. Они представляют собой углесодержащую породу темного цвета с максимальным размером кусков 40–60 мм при мокром обогащении и 20–40 мм при сухом. Объемная масса породы составляет 1620–1800 кг/м³, насыпная — ~1000 кг/м³. Кусковой материал легко дробится и размалывается.

По вещественному составу отходы углеобогащения представляют собой многокомпонентную смесь из различных минеральных включений и остатков угля. В отходах углеобогащения Коркинского угольного разреза преобладают аргиллиты и углистые аргиллиты (от 36,7 до 78,4%), песчаники (в среднем 6,1%), алевролиты (в среднем 4,2%) и карбонаты (в среднем 3,2%).

Минеральный состав отходов углеобогащения представлен кварцем, полевыми шпатами, карбонатами. Основным минеральным фоном глинистых фракций отходов являются гидрослюда, преимущественно гидромусковит, и минералы группы каолинита.

Таким образом, вещественный состав и структура углистых аргиллитов показывают реальную возмож-

сition, high content of organic matter, as well as gaps in the legislation concerning the requirements for the mandatory recycling.

The main distinguishing feature of the waste coal compared to traditional raw materials is the presence of organic matter, represented by the remnants of the enriched coal. The carbon content in coal argillites is from 3 to 26%. This variation in figures is explained by different chemical composition of the rock and technological efficiency of the process carried out at the concentration mills. Up to now there are no technological solutions that would allow to perform pre-processing of coal argillites and obtain raw materials with an acceptable homogeneity of material composition as well as eliminate the negative impact of coal on some processes. The most obvious solution is the introduction of waste-free technology, which should be implemented via basic changes in the production processes, ensuring full utilization of raw materials generated after reprocessing of the technogenic raw materials.

The purpose of this study was to develop the technological principles for manufacturing of coal fuel and raw materials used in the production of a wide variety of building materials by recycling the wastes from the enriched coals and coal argillites. To achieve this goal a range of problems was solved that included development of an efficient production technology of wall ceramic materials, the creation of its hardware and testing in the industrial conditions.

The representative samples of waste from Kopeysk concentrating mills, which process the coal production from Korkino open-pit coal mine, were taken for examination. These are carbonaceous rock of a dark colour with a maximum size of 40–60 mm in the wet processing and 20–40 mm in dry coal cleaning. Specific weight of rocks is 1620–1800 kg/m³, bulk ~ 1000 kg/m³. The lump material is easily crushed and milled.

According to material composition the waste coal is a multi-component mixture of various mineral inclusions and residues of coal. Argillites and coal argillites (from 36.7 to 78.4%), sandstones (in average 6.1%), siltstone (in average 4.2%) and carbonates (in average — 3.2%) dominate in the waste coal from Korkino open-pit coal mine.

The mineral composition of waste coal is represented by quartz, feldspars, carbonates. The main mineral background for the clay fractions of waste are hydrous micas (mainly hydromuscovite) and minerals of a kaolinite group.

Thus, the material composition and structure of coal argillite show the real possibility for their secondary enrichment by air sizing with a preliminary selective milling of raw material.

It was found that as the size of the rock increases its ash content goes up and the fuel capacity decreases, ash content of argillite with the size less than 1 mm ranges from 55 to 73%. The average data on ash content of the waste coal from Korkino depending on the particle size are shown in Table 1.

According to their chemical composition (Table 2) argillites of grade 13–40 mm are referred to alumina group, the high content of iron oxide is present. Since iron oxides and aluminum silicate matrix form a low-melt eutectics, then its content will have a significant impact on caking, melting behavior, viscosity and other properties of the waste, which play an important role in thermal processes.

The authors believe, that the solution of the problem concerning heterogeneity of coal argillite opens prospects for their wide use in the ceramic industry and lies in the organization of their secondary “dry” enrichment with the use of a new technology for extracting an excessive carbon. “Tails” of stable com-

Таблица 1
Table 1

Крупность отходов, мм; зольность, % Size of waste in mm, ash content in %						
0–1	1–3	3–6	6–13	13–25	25–50	>50
72,9	77,1	82,3	86,2	80,3	78,8	85

Таблица 2
Table 2

Наименование Sample	Массовая доля компонентов на высушенное вещество, % Mass fraction of components, % (on absolutely dry substance)								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	SO ₃	ППП LOI
Коркинские аргиллиты Argillite from Korkino	40,87	16,74	0,84	16,47	2,12	2,51	1,91	0,25	17,81
То же, после обогащения The same after enrichment	48,13	16,81	0,76	17,21	2,01	2,44	1,9	0,2	11,42

ность их вторичного обогащения способом пневматической классификации с предварительным селективным помолом сырья.

Установлено, что с увеличением крупности породы повышается ее зольность и снижается топливный потенциал, зольность аргиллитов крупностью менее 1 мм варьируется от 55 до 73%. Средние данные по зольности отходов углеобогащения Коркинского разреза в зависимости от крупности частиц приведены в табл. 1.

По химическому составу (табл. 2) аргиллиты класса 13–40 мм относятся к глиноземистой группе, отмечается повышенное содержание оксида железа. Поскольку оксиды железа образуют с алюмосиликатной матрицей легкоплавкие эвтектики, их содержание будет оказывать существенное влияние на спекаемость, плавкость, вязкость и другие свойства отходов, играющие важную роль в термических процессах.

По убеждению авторов, решение проблемы неоднородности углистых аргиллитов, открывающее перспективы их широкого использования в керамическом производстве, заключается в организации их вторичного «сухого» обогащения с использованием новой технологии для выделения излишков угля. Образующиеся в процессе обогащения хвосты стабильного состава с содержанием угля 3–5% потенциально являются основным сырьем для производства керамического кирпича.

Новая технология в «сухом» обогащении, предложенная новокузнецким ученым Александром Кузьминым, а также ее аппаратное обеспечение – установка СЕПАИР, разработанная и

position with 3–5% of carbon content, formed in the process of enrichment, are potentially the main raw material for of ceramic brick production.

The new technology of “dry” enrichment proposed by the scientist from Novokuznetsk Alexander Kuzmin, as well as its hardware – installation SEPAIR, developed and produced in Novosibirsk by CJSC “Gormasheexport”, allows to conduct separation of coal and waste rock with an efficiency of not less than 96%. The resulting products are distributed with the pace of density 0.1 ton/m³, with a high efficiency of separation in the air flow [10] that in some cases exceeds the wet processing parameters [11].

The semi-industrial tests of coal argillite enrichment grade 13–40 mm in the vacuum pneumatic separator SEPAIR were carried out. Evaluation of coal argillite washability (coal output) was done on the basis of ash content, output fractions and ash content of coal argillite after pneumatic separation provided in Table 3.

The results of the semi-industrial tests showed the effectiveness of the chosen method of coal argillite enrichment. At

Таблица 3
Table 3

Наименование фракций Name of fractions	Выход, % по классам в мм; зольность, % Yield, % according to grades in mm ash content, %		
	13–40 мм	25–40 мм	13–25 мм
Исходный класс Initial grade	100 71,02	100 73,005	100 70,38
Фракция 1 Fraction 1	8,9 41,37	0,9 31,98	9,1 29,83
Фракция 2 Fraction 2	9,6 38,09	3,7 37,47	12,9 57,1

Таблица 4
Table 4

Состав шихты Batch composition	Средняя плотность, кг/м ³ Average density, kg/m ³	Предел прочности, МПа Ultimate strength, MPa		Теплопроводность, Вт/(м·°C) Heat conductivity, W/(m·°C)	Водопоглощение, % Water absorption, %	Морозостойкость, цикл Frost-resistance, cycles
		при сжатии compression	при изгибе bending			
Коркинские аргиллиты – 70 Суглинок – 25 Пигмент – 5 Argillites from Korkino – 70 Loam – 25 Pigment – 5	1549	12,12	3,04	0,45	17,28	25
Коркинские аргиллиты – 80 Суглинок – 20 Argillites from Korkino – 80 Loam – 20	1595	15,2	4,1	0,45	17,4	25

выпускаемая новосибирским ЗАО «Гормашэкспорт» позволяет производить разделение угля и пустой породы с эффективностью не менее 96%. Получаемые на выходе продукты распределяются с шагом по плотности $0,1 \text{ т/м}^3$, с высокой эффективностью разделения в воздушном потоке [10], превышающей в ряде случаев показатели мокрого обогащения [11].

В работе проводились полупромышленные испытания обогащения углистых аргиллитов класса 13–40 мм на вакуумно-пневматическом сепараторе СЕПАИР. Оценка обогатимости углистых аргиллитов (выход угля) осуществлялась по содержанию зольного остатка; выход фракций и зольность углистых аргиллитов после пневмосепарации приведены в табл. 3.

Результаты полупромышленных испытаний показали эффективность выбранного способа обогащения углистых аргиллитов. При соответствующих аэродинамических режимах и рациональной массоподготовке, заключающейся в селективном дроблении аргиллитов на узкие классы по размерам частиц, можно получить концентрат с выходом до 9% и зольностью 38–40%, что соответствует теплотворной способности около 12540 кДж/кг. Химический состав хвостов после выделения из аргиллитов углистой части приведен в табл. 2.

Хвосты после вторичного обогащения углистых аргиллитов были использованы в полужавовских испытаниях по получению керамического кирпича полусухого прессования. Технология получения керамического кирпича состояла в следующем. Основное сырье – углистые аргиллиты Коркинского месторождения после дробления, грохочения и выделения пневмосепарацией углистой части сушились и измельчались в измельчительно-сепарационной установке до класса -0,25 мм. Полученный порошок гранулировался на турболопастном смесителе-грануляторе совместно с добавкой глинистого сырья. Для улучшения декоративных свойств изделий в качестве окрашивающей добавки вводился пигмент (рис. 1).

Составы шихт и результаты заводских испытаний, проведенных на Бердском (Новосибирская обл.) и Шарыповском (Красноярский край) кирпичных заводах, представлены в табл. 4.

Результаты испытаний кирпича показали, что керамический кирпич на основе техногенных отходов имеет четкие грани, геометрические размеры и соответствует требованиям ГОСТ 530–2012 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия» (рис. 2).

Таким образом, очевидно, что комплексная переработка отходов углеобогащения – углистых аргиллитов – в производстве стеновых керамических материалов позволит не только значительно расширить сырьевую базу отрасли, но и будет способствовать решению проблем охраны окружающей среды и улучшению экологической обстановки. Следует отметить также социальный аспект

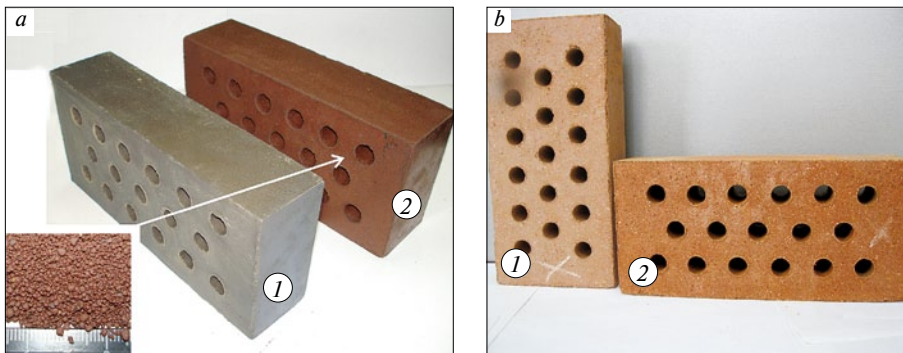


Рис. 1. Отпрессованный кирпич-сырец (а) и обожженный керамический кирпич (b) на основе отходов обогащения углистых аргиллитов без добавки (1) и с добавкой красящего пигмента (2)

Fig. 1. Pressed adobe brick (a) and burnt ceramic brick (b) produced from waste of coal argillites without an additive (1) and with the colored pigment (2)

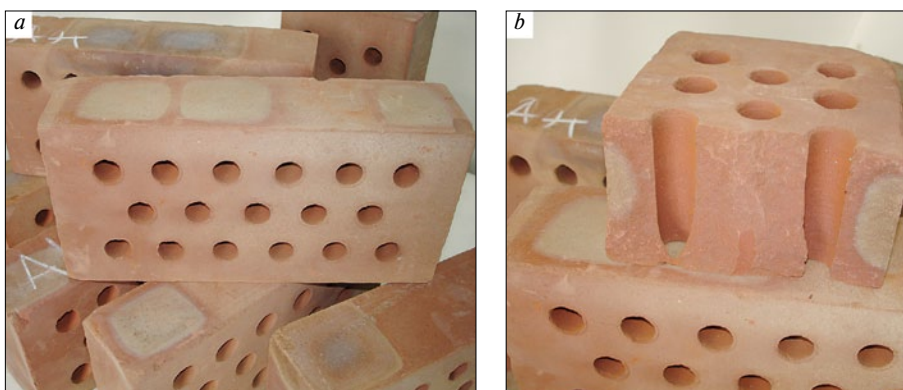


Рис. 2. Внешний вид (а) и макроструктура (b) керамического кирпича на основе отходов обогащения углистых аргиллитов Коркинского месторождения, выпущенного на Шарыповском кирпичном заводе

Fig. 2. Appearance (a) and macrostructure (b) of the ceramic brick produced from the waste of coal argillites enrichment from Korkino deposit at the brick manufacturing plant in Sharypovo

the appropriate aerodynamic modes and rational mass preparation, that is a selective crushing of argillites into narrow grades of particle sizes, the concentrate with the yield of 9% and an ash content of 38–40% can be obtained, which corresponds to the calorific value of 12540 kJ/kg. The chemical composition of tails after extracting the carbon component is shown in Table 2.

Tails after the secondary enrichment of coal argillites were used for the semi-industrial tests to produce ceramic semidry pressed brick. The method of semidry pressing was as follows. The main raw material – coal argillite from Korkino deposit after crushing, screening and extraction of the coal component by pneumatic separation was dried and grinded in the grinding-separation installation to class -0.25 mm. The obtained powder was granulated in the turbo impeller mixer-granulator along side with an additive of clay material. To improve the decorative properties of the products the coloring pigment as an additive was introduced (Fig. 1).

The batch composition and the results of the industrial tests carried out at the brick factories in Berdsk (Novosibirsk region) and Sharypovo (Krasnoyarsk territory) are given in Table 4.

Test results of the brick showed that the ceramic brick on the basis of technogenic waste has a clear edge, dimensions meet the requirements of GOST 530–2012 “Ceramic brick and stone. General technical conditions” (Fig. 2).

Thus, it is obvious that complex processing of waste coal – coal argillites – for the production of wall ceramic materials will allow not only significantly expand the raw material base of the industry, but will also help to solve environmental problems and improve environmental conditions. The social aspect of this problem should be taken into account as well,

решения данного вопроса для моногородов, например г. Коркино, учитывая возможную переориентацию производства, ставшего нерентабельным в условиях кризиса, и создание дополнительных рабочих мест.

Список литературы

1. Кройчук Л.А. Использование нетрадиционного сырья для производства кирпича и черепицы в Китае // *Строительные материалы*. 2003. № 7. С. 62.
2. Никифорова Э.М., Еромасов Р.Г., Власов О.А. и др. Утилизация шламмов мокрой магнитной сепарации железных руд в производстве керамзита // *Обогащение руд*. 2015. № 1. С. 43–46.
3. Ткачев А.Г., Яценко Е.А., Смолий В.А. и др. Влияние углепромышленных отходов на формовочные, сушильные и обжиговые свойства керамической массы // *Техника и технология силикатов*. 2013. № 2. С. 17–21.
4. Лютенко А.О., Николаенко М.А., Ходыкин Е.И. и др. Композиционное вяжущее на основе попутно-добываемых пород угольных месторождений для укрепления грунтов в дорожном строительстве // *Строительные материалы*. 2009. № 7. С. 22–23.
5. Кочнева Т.П. Опыт применения отходов горной промышленности в производстве керамического кирпича // *Строительные материалы*. 2003. № 2. С. 39–41.
6. Котляр В.Д., Устинов А.В., Ковалёв В.Ю. и др. Керамические камни компрессионного формования на основе опок и отходов углеобогащения // *Строительные материалы*. 2013. № 4. С. 44–48.
7. Классен В.К., Борисов И.Н., Мануйлов В.Е. и др. Теоретическое обоснование и эффективность использования углетоходов в технологии цемента // *Строительные материалы*. 2007. № 8. С. 20–21.
8. Santos C.R., Amaral J.R., Tubino R.M. et al. Use of coal waste as fine aggregates in concrete paving blocks // *Geomaterials*. 2013. No. 3, pp. 54–59.
9. Skarzynska K.M. Reuse of coal mining wastes in civil engineering— part 2: utilization of minestone // *Waste Management*. 1995. No. 2, pp. 83–126.
10. Авдохин В.М., Морозов В.В., Бойко Д.Ю. и др. Современные методы обогащения углей методом пневматической сепарации // *Збагачення корисних копалин*. 2008. № 34 (75). С. 132–140.
11. Журавлев А.В. СЕПАИР: презентация обогатительной установки // *Russian Business: Интернет-журнал*. 2008. № 5. <http://www.rb.ru/article/sepair-prezentatsiya-obogatitelnoy-ustanovki/5254274.html> (дата обращения 30.06.2015).

especially it is very important for single-industry towns (e.g., Korkino) where the industry that became unprofitable due to economic crisis can be reorientated and provide of additional employment.

References

1. Kroichuk L.A. Use of non-traditional raw material for the production of bricks and tiles in China. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2003. No. 7, p. 62. (In Russian).
2. Nikiforova E.M., Eromasov R.G., Vlasov O.A. et al. Utilization of wet magnetic separation iron ore slimes in the production of expanded clay. *Obogashchenie rud*. 2015. No. 1, pp. 43–46. (In Russian).
3. Tkachev A.G., Yatsenko E.A., Smolii V.A. et al. Influence of coal-mining waste on the molding, drying and burning properties of ceramic masses. *Tekhnika i tekhnologiya silikatov*. 2013. No. 2, pp. 17–21. (In Russian).
4. Lyutenko A.O., Nikolaenko M.A., Khodykin E.I. et al. Composite binders based on co-extracted roaches of coal deposits for strengthening soil for road construction. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2009. No. 7, pp. 22–23. (In Russian).
5. Kochneva T.P. Experience of using mining waste in the production of ceramic bricks. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2003. No. 2, pp. 39–41. (In Russian).
6. Kotlyar V.D., Ustinov A.V., Kovalev V.Yu. et al. 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).
7. Klassen V.K., Borisov I.N., Manuilov V.E. et al. Theoretical underpinning and efficiency of coal mining waste in cement technology. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2007. No. 8, pp. 20–21. (In Russian).
8. Santos C.R., Amaral J. R., Tubino R. M. et al. Use of coal waste as fine aggregates in concrete paving blocks. *Geomaterials*. 2013. No. 3, pp. 54–59.
9. Skarzynska K.M. Reuse of coal mining wastes in civil engineering. Part 2: Utilization of minestone. *Waste Management*. 1995. No. 2, pp. 83–126.
10. Avdokhin V.M., Morozov V.V., Boiko D.Yu. et al. Modern methods of coals enrichment by pneumatic separation. *Zbagachennya korisnikh kopalin*. 2008. No. 34 (75), pp. 132–140.
11. Zhuravlev A.V. SEPAIR: presentation of enrichment unit. *Russian Business: Internet-journal*. 2008. No. 2. (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, хозяйств-венно-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 высоких температурах.

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

СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО
СКБ СТРОЙПРИБОР
ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ



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

ИЗМЕРИТЕЛИ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА, КИРПИЧА

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

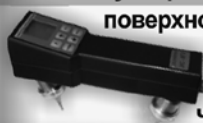
автоматическая обработка
 измерений



диапазон 3...100 МПа

УКС-МГ4 / УКС-МГ4 С
 ультразвуковой

поверхностное и сквозное
 прозвучивание



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

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

отрыв со скалыванием
 и скалывание ребра

предельное
 усилие 60 кН
 диапазон 5...100 МПа



ПОС-2МГ4 П

испытание прочности
 ячеистых бетонов



предельное
 усилие вырыва 2,5 кН

ПЛОТНОМЕРЫ ГРУНТОВ
ДИНАМИЧЕСКИЕ

ПДУ-МГ4 "Удар"

и **ПДУ-МГ4 "Импульс"**

определение динамического
 модуля упругости грунтов
 и оснований дорог
 методом штампа,
 диапазон: 5...370 МН/м² ("Удар")
 5...300 МН/м² ("Импульс")



Прессы испытательные
малогабаритные

ПГМ-100МГ4 / ПГМ-500МГ4
/ ПГМ-1000МГ4



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

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

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

ПСО-10МГ4 КЛ

испытание прочности
 сцепления в каменной
 кладке

предельное усилие
 отрыва 15 кН



АДГЕЗИМЕТРЫ

ПСО-МГ4

испытание прочности
 сцепления покрытия
 с основанием

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



ИЗМЕРИТЕЛИ
ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

ИТП-МГ4 "100" / "250" / "Зонд"

стационарный
 и зондовый режимы



диапазон 0,02...1,5 Вт/м·К

АНЕМОМЕТРЫ, ГИГРОМЕТРЫ

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

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



ТГЦ-МГ4 / ТГЦ-МГ4.01
 термогигрометр

диапазон 0...99,9 % / -30...+85 °С



ИЗМЕРИТЕЛИ ПЛОТНОСТИ
ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ

ИТП-МГ4.03 "Поток"

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

диапазон 10...999 Вт/м²
 -40...+70 °С



ИЗМЕРИТЕЛИ ВЛАЖНОСТИ

ВЛАГОМЕР-МГ4

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



ИЗМЕРИТЕЛИ ТОЛЩИНЫ
ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА

ИПА-МГ4

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



ТЕРМОМЕТРЫ

ТМР-МГ4 / ТЦЗ-МГ4 / ТЦЗ-МГ4.01

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



ДИНАМОМЕТРЫ

ДМС-МГ4 / ДМР-МГ4

эталонные

сжатия / растяжения
 предельная нагрузка
 1...1000 кН



ИЗМЕРИТЕЛИ СИЛЫ НАТЯЖЕНИЯ
АРМАТУРЫ

ДО-40 / 60 / 80МГ4

метод поперечной оттяжки

диапазон контролируемых
 усилий 2...120 кН

диаметр
 арматуры 3...12 мм



ИЗМЕРИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЙ
В АРМАТУРЕ

ЭИН-МГ4

частотный метод

диаметр
 арматуры 3...32 мм

диапазон 100...1800 МПа



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

Реклама

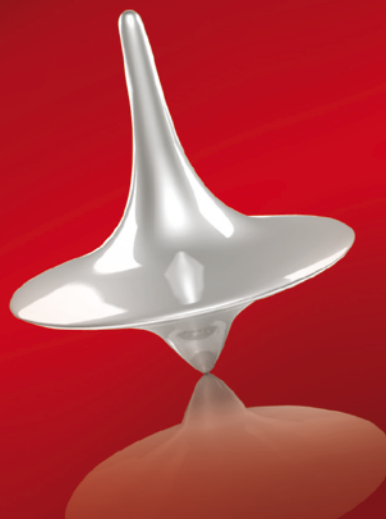
LINGL – ПАРТНЕР ДЛЯ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В качестве одного из ведущих международных производителей машин и оборудования LINGL предлагает решения и высокоразвитые технологии по всей цепочке создания керамического производства.

Под девизом «LINGL движется!» немецкий производитель оборудования на CERAMITEC этого года в павильоне B2, стенд №. 101 / 202 представляет свою расширенную продуктовую линейку.

Таким образом, LINGL - наряду со своими известными во всем мире машинами и оборудованием для грубой керамики - показывает новые решения для производителей санитарной керамики, технической керамики, а так же для огнеупорной промышленности.

Во время проведения CERAMITEC сервисный отдел информирует посетителей, в том числе по темам: телесервис, оптимизации и модернизации, анализы оборудования и процесса, а также обучения и семинары.



LINGL ДВИЖЕТСЯ!

Ceramitec 2015
Hall B2 | Stand 101/202

Представительство фирмы „LINGL“ в России и странах СНГ 196 247, Россия, г. Санкт Петербург - Ленинский проспект, дом 160 офис 302 тел/факс +7 812 703 4199 - моб. тел. +7 911 812 2237 - mail: lingl.russia@gmail.com

www.lingl.com

При поддержке:



Ассоциация развития
стального строительства



Российский союз
поставщиков
металлопродукции

Организатор:





Международная
специализированная выставка

Металло Конструкции 2016

22-25
марта 2016

Москва
ЦВК «Экспоцентр»

Генеральный информационный партнер:



Специализированный журнал
«Металлоснабжение и сбыт»

Оргкомитет выставки:
+7 (495) 734-99-66

www.mc-expo.ru

ПРОДАЕТСЯ ЗАВОД ПО ПРОИЗВОДСТВУ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА Г. БИРСК (РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН)

№ п/п	Показатели	Данные
1	Наличие документации по заводу (проекты: газ, электроэнергия, теплоснабжение, водоснабжение, технологическая часть).	Имеется
2	Проектная мощность завода, фактический выпуск на сегодня.	10 млн. шт. в год
3	Общая площадь территории завода (Га).	3,4843
4	Площадь производственных помещений (отдельно по назначению), м ² : – здание кирпичного завода – глинозапасник – котельная – насосная станция – проходная – склад	6888,1 5845,2 570,9 370,6 14,6 20,8 66,0
5	Общее количество работающих (из них ИТР).	73(7)
6	Наличие грузоподъемных механизмов (грузоподъемность, т): – кран козловой – кран-балка (2 шт.) – тельфер – тельфер электрический	3 3 1 1
7	Количество обжиговых вагонеток.	57
8	Количество сушильных вагонеток, на 7 полок.	717
9	Количество сушил (длина сушил 30м), шт.	30
10	Длина обжиговой печи, м	70
11	Количество техники (гр. авто, бульдозера, экскаваторы, погрузчики).	7
12	Перечень основного технологического оборудования с указанием модели: – вальцы СМК – смеситель 126А – пресс СМК325 – автомат многост. Резки – система автомат укл. – агрегат СМК 369 – электроперед тележка – толкатель СМ101 – конвейер ленточный – пресс СМК435	
13	Карьер – площадь (Га), запасы глины (лет, лабораторные исследования глины). Лицензия до 31.12.2022 года. – годовой расход глины, м /год. – техническая документация: – лицензия, разрешения, ответственные лица.	6,2 Га, глубина 10м 25000 имеется имеется
14	Энергоресурсы: – Газ – годовой объем (договора, разрешение на использование газа в качестве топлива), тыс.м3 – Э.Э. – годовой расход (т.кВт/ч). Разрешенная мощность, кВт (разрешен.). – Мощность трансформаторной подстанции, кВт. – Схема электроснабжения (резерв) – Техническая документация (договоры, положения). – Котельная – марка и мощность водогрейных и паровых котлов. «Елга-0,25», 2 шт. мощностью каждый, кВт – Водоснабжение – м /год (собственная скважина, городские сети).	1800 412,279 230 Имеется. Высоковольтная линия закольцована. 250 Собственный капитированный источник

Тел.: +7 967 453 45 81

Фокус на цифровые технологии в строительстве зданий



Осенью 2014 г. во Франции была запущена программа по внедрению цифровых технологий в строительстве зданий с целью мобилизации всех участников строительной индустрии и поддержания развития инноваций – все для строительства большего количества жилья лучшего качества за меньшие деньги. Эта программа также входит в План мероприятий по развитию строительства, опубликованный в мае 2014 г. Министерством по жилищному строительству Франции.

Приоритетным направлением программы являются технологии BIM (Информационное моделирование зданий – Building Information Model), способные значительно улучшить качество строительства и уменьшить затраты к 2017 г. (дата, указанная в Плате мероприятий по развитию строительства). *Цифровое моделирование – это основная инновационная технология в отрасли, влияющая на все ее сегменты.* Многие цифровые технологии уже широко представлены в строительной отрасли:

- программы для 3D-моделирования;
- перевод документации в цифровой формат;
- 3D-печать.

BIM

Проект создается подрядчиком с помощью программы информационного моделирования зданий, все участники проекта имеют к нему доступ (с ограничениями доступа, связанными с их профессиональной деятельностью и уровнем исполнения). Все изменения, вносимые в проект архитектором, сметным бюро или инженерами по коммуникациям, сразу становятся известны всем участникам.

Существует несколько уровней цифрового макета: от уровня города до уровня X-BIM, т. е. уровня элементов конструктивных систем. Состоящая из различных цифровых «комплектующих», модель BIM – это не просто виртуальное представление (визуализация) объекта – это мощное информационное средство, помогающее принимать решения по планированию (моделированию уличного движения, уровня загрязнения воздуха, городского освещения, электромагнитного излучения, потенциала производства солнечной энергии, размещения зданий). Поэтому технология BIM относится не только к строительству зданий, но и к созданию городской инфраструктуры.

Уже существуют программы, работающие по технологии BIM: Revit (Autodesk), Allplan, ArchiCAD, Microstation, Vector Works.

С развитием технологии BIM у проектировщиков и застройщиков возникает необходимость в дополнительных технических консультациях, так как программы достаточно сложны в использовании. Поэтому они вынуждены обращаться в специализированные технические консалтинговые компании, в результате возрос спрос на новую профессию – **BIM-менеджер**.

Министерство образования Франции организовало семинар по необходимости включения обучения технологиям BIM в программу обучения специалистов строительной отрасли. Семинар проходил в лицее Людовика Великого в Париже. Среди выступающих были Бернар Делькамбр (президент научно-технического центра строительства зданий (Centre scientifique et technique du bâtiment CSTB) и Бенуа Тьелэн, президент Национального совета цифровых технологий. Они презентовали магистерский курс обучения «BIM – интегрированная концепция. Жизненный цикл здания и инфраструктуры», начавшийся 24 сентября 2014 г. в Высшей школе мостов и дорог (Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (ENPC)). В 2015 г. курс насчитывает 37 слушателей, среди которых архитекторы, инженеры, производители, а также экономисты, специализирующиеся в строительстве.

Цель, поставленная правительством Франции, – к 2017 г. сделать повсеместным использование технологии BIM в строительстве. Некоторые большие проекты, например, проект Большой Париж, требуют от подрядчиков использования технологии BIM во всех составляющих проекта. Это также повышает конкуренцию на международном уровне.

НОРМЫ И РЕГЛАМЕНТЫ

В ходе преобразования европейских директив в начале 2014 г. было решено, что использование технологии BIM должно стать обяза-

тельным при заключении новых государственных контрактов. Каждая европейская страна осуществляет преобразование своего законодательства в соответствии с директивами. Во Франции инженеры-проектировщики очень довольны внедрением этой технологии и ждут, когда подрядчики и предприятия отрасли также начнут пользоваться ею в полной мере.

НОРМЫ И СТАНДАРТЫ IFC

Формат IFC (Industry Foundation Classes) – это формат данных с открытой спецификацией, которая не контролируется ни одной компанией или группой компаний. Этот формат был разработан для упрощения взаимодействия в строительной индустрии и используется как формат для обеспечения лучшего взаимодействия между программным обеспечением в отрасли. Формат IFC – один из форматов, используемых для обмена данными между разными платформами BIM. Однако повсеместно используемая в настоящий момент версия IFC (v2.3) не позволяет обеспечить полный обмен данными в BIM.

Для соответствия этому стандарту производители в настоящее время переводят свои каталоги продукции в формат IFC, чтобы включить свою продукцию в программу. Это позволяет архитекторам и проектным бюро иметь точное представление о размерах, свойствах, цене, ограничениях и другую информацию, необходимую для использования.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗНЫХ СТРАНАХ

Технология BIM активно развивается в Европе, свидетельством чему являются недавно реализованные проекты в **Германии и Финляндии**.

Министерство экономики и энергетики Германии поддерживает исследовательский проект по внедрению технологии BIM в строительной отрасли. Проект BIM iD направлен, в частности, на поддержку проектных бюро, малых и средних предприятий строительного сектора.

Цель: продемонстрировать, как технология BIM может быть применена как интегрированный процесс внутри малых и средних предприятий при передаче исполнительной документации подрядчикам для того, чтобы оптимизировать управление полным циклом строительства и эксплуатации зданий.

Проект включает: определение процессов BIM, совместную деятельность участников в рамках BIM, нормы Open BIM, мастер-классы для обучения методологии использования и передачи исполнительной документации в цифровом виде.

Проектом руководят специалисты из Института Фраунгофера (Fraunhofer Institute) в сотрудничестве с компаниями Building SMART, AEC 3, Университетами Мангейма и Ольденбурга. Подрядчиком BIM iD стала компания Volkswagen Financial Services (WVFS) – крупнейший банк в Европе, специализирующийся на финансировании автомобильной отрасли, так как этот инвестор уже начал внедрять технологию BIM в своем департаменте культурного наследия, используя программу Revit.

В финской программе PRE (Construction Environment Processus Re-Engineering), реализованной с 2010 по 2014 г., приняли участие 37 предприятий и 6 научно-исследовательских институтов, в том числе корпорация Текла и Университет Аалто. При поддержке Агентства Текес (основной государственной финансирующей организации для инноваций в Финляндии) по меньшей мере 21,8 млн. евро были инвестированы в развитие новых процедур BIM и бизнес-моделей. Значительные результаты были также достигнуты в развитии технологий и концепций, основанных на моделях BIM, с открытым доступом, позволяющим управлять и передавать информацию.

BIM на BATIMAT

На выставке Batimat будет организован специальный демонстрационный сектор, полностью посвященный использованию цифровых технологий в строительстве. Этот сектор будет расположен в павильоне 5b, в центре раздела, посвященного IT и новым технологиям.

Представительство выставки в России, странах СНГ и Балтии: Агентство ACM. Тел.: +7 (495) 229 47 90 E-mail: office@ism-agency.ru

BATIMAT

Все для успешного строительства



Выставочный Центр
ПАРИЖ НОРД
ВИЛЬПЕНТ
02 → 06 НОЯ 2015



СПЕЦИАЛЬНОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ
ЗАКАЖИТЕ СВОЙ БЕСПЛАТНЫЙ БАДЖ*
НА САЙТЕ WWW.BATIMAT.COM - КОД: PAR9UNHFY

*стоимость входного билета на выставке при отсутствии электронного баджа: 65€

BATIMAT le mondial
IDÉOBAIN du bâtiment
INTERCLIMA+ELEC

В.А. КЛЕВАКИН¹, исполнительный директор (nanokeramika2012@mail.ru); Е.В. КЛЕВАКИНА², инженер

¹ ООО «НАНО КЕРАМИКА» (623103, Свердловская обл., г. Первоуральск, ул. 50 лет СССР, 18а-25)

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

Эффективное решение снижения повышенной влажности глин

Представлена разработанная авторами комплексная органоминеральная полифункциональная аквасвязка КОМПАС. Она предназначена для снижения влажности сырья без операции его подсушки. Связка КОМПАС представляет собой смесь целлюлозосодержащего порошка и минерального наполнителя или органического пластификатора в зависимости от показателя пластичности глин. Рекомендовано введение добавки в количестве 0,1–0,4% от массы шихты. На примере опыта ряда кирпичных заводов показано, что введение добавки КОМПАС способствует более плотной упаковке частиц в формовочной массе, повышению механической прочности полуфабрикатов и готовых изделий, а также снижению открытой пористости и водопоглощения. Запатентованы составы добавки для пластичных и высокопластичных глин и умеренно пластичных и непластичных глин.

Ключевые слова: энергосбережение, ресурсосбережение, кирпич керамический, влажность, пластичность, формовочная масса, сушка, технологическая добавка, аквасвязка, КОМПАС.

V.A. KLEVAKIN¹, Chief Executive (nanokeramika2012@mail.ru), E.V. KLEVAKINA², Engineer

¹ NANO KERAMIKA, ООО (18а-25, 50 let SSSR Street, Pervoural'sk, Sverdlovskaja Region, 623103, Russian Federation)

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

Efficient Solution of Reducing Increased Moisture of Clays

The complex organic-mineral polyfunctional aqua-bond "KOMPAS" developed by authors is presented. It is intended for reducing the moisture content of raw materials without the process of their pre-drying. The bond "KOMPAS" is a mixture of cellulose-containing powder and a mineral additive or an organic plasticizer depending on the index of clay plasticity. It is recommended to introduce the additive in the amount of 0.1–0.4% of the total charge mass. On the example of the experience of some brick factories, it is shown that the introduction of the bond "KOMPAS" facilitates more dense packing of particles in the molding composition, improvement in mechanical strength of semi-products and ready-made articles, as well as reducing the open porosity and water absorption. Compositions of the additive for plastic and high plastic clays, moderately plastic and lean clays have been patented.

Keywords: energy saving, resource saving, ceramic brick, humidity, plasticity, molding composition, drying, technological additive, aqua-bond, KOMPAS.

Известно, что влажность шихты, используемой для производства строительных керамических изделий методом пластического формования, не должна превышать 18–20%. Поскольку основной компонент шихты – глина может иметь влажность в пределах 22–30%, требуются приемы и/или вещества, связывающие излишнюю влагу. Для этих целей традиционно используют сушку глины или известь – в качестве водоудерживающей добавки. При этом сушка глины требует расхода теплоносителя, кроме того, эксплуатация сушильного барабана является трудоемким и энергозатратным переделом производства керамических изделий. Применение извести приводит к появлению белесого налета на готовом изделии, что недопустимо для лицевой строительной продукции. Кроме того, в процессе обжига керамических изделий возможна карбонизация оксида кальция, которая приводит к появлению «дутиков» и снижению прочности готовых изделий.

В настоящее время рынок керамического кирпича настолько широк, а конкуренция на нем столь высока, что производители нацелены на постоянное снижение себестоимости готовой продукции за счет экономии топливно-энергетических ресурсов без потери качества кирпича. Для решения этих задач была разработана комплексная органоминеральная полифункциональная аквасвязка КОМПАС, которая позволяет сэкономить топливно-энергетические ресурсы за счет исключения передела подсушки сырья перед формованием керамических изделий, а также исключения недостатков изделий из глины с повышенной карьерной влажностью, обусловленные применением извести. Данная связка разработана двух видов: КОМПАС-11 для пластичных и высокопластичных глин [1] и КОМПАС-01 для умеренно пластичных и непластичных глин [2].

Улучшение качества глинистого сырья путем введения модифицирующих добавок на этапе его подготовки к смешиванию с другими компонентами шихты является новым направлением в производстве строительных

керамических изделий. Относящиеся к полиметиленафталинсульфонатам добавки серии Литопласт М, известные как разжижители сырьевого шлама при производстве портландцементного клинкера для цементов, начали применять при пластическом формовании кирпича [3]. Однако информация о том, что введение в шихту добавки серии Литопласт М в количестве 0,1–0,3% приводит к снижению формовочной влажности на 4–5% при сохранении пластичности, не подтверждена промышленными испытаниями на заводах по производству кирпича. Установлено, что в зависимости от пластичности глин достаточно введения добавки серии Литопласт М в количестве от 0,1–0,5% от массы шихты. Однако в условиях многотоннажного производства керамических изделий введение малого количества добавки в расчете на тонну шихты представляет технологическую проблему, не решив которую, достичь качественного взаимодействия добавки с глиной трудно.

Связка КОМПАС представляет собой комплексную добавку в виде смеси, где основным компонентом, удерживающим из глины излишнюю влагу, является целлюлозосодержащий порошок. Такой порошок позволяет удерживать влагу в отформованном изделии до момента сгорания органики при температуре 200°C в отличие от извести, у которой выход влаги начинается в период распада гидроксида кальция при температуре свыше 500°C, что приводит к появлению обжиговых трещин, так как при этой температуре начинаются модификационные превращения. Поскольку для связывания влаги требуется очень малое количество этого порошка, роль его разбавителя выполняют минеральный наполнитель или органический пластификатор, в зависимости от показателя пластичности глин. Такая смесь снижает относительную формовочную влажность глинистого материала за счет протекающих в процессе подготовки глины физико-химических процессов. Связка КОМПАС позволяет снизить карьерную влажность глинистого сырья до 7%.

Код глины	Параметры глины	Тип добавки	Водопоглощение, %	Пористость, %	Разрушающая нагрузка, кгс	Предел прочности при сжатии, кгс/см ²
Глина 1	П=16–17 W= 24–26%	–	15	33,2	2000	96,5
Глина 1	П=16–17 W= 24–26%	КОМПАС-11	14,5	31	3500	130,7
Глина 2	П=16–18 W= 26–28%	–	16,5	35	2100	98,9
Глина 2	П=16–18 W= 26–28%	КОМПАС-11	14	31,5	3900	137,5
Глина 3	П=9–11 W= 25–30%	–	15	32,2	2900	144,3
Глина 3	П=9–11 W= 25–30%	КОМПАС-01	13,5	31	3400	167,5
Глина 4	П=6–7 W= 23–25%	–	16	35	1900	81,9
Глина 4	П=6–7 W= 23–25%	КОМПАС-01	14,5	32,6	2800	120,2

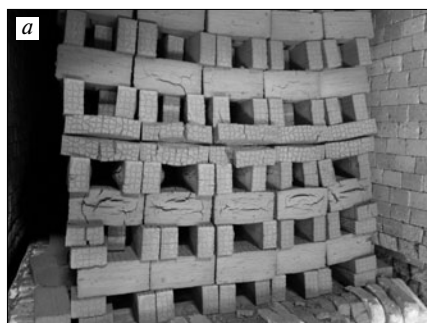


Рис. 1. Результат введения добавки КОМПАС на ООО «ВЗКСМ» (г. Тюмень): а – без добавки; б – с добавкой

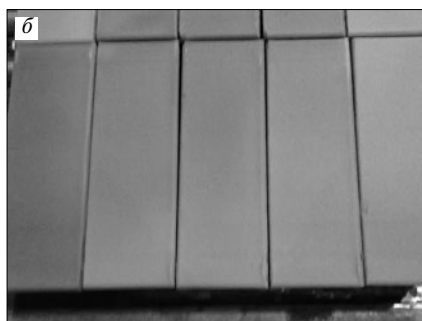


Рис. 2. Результат введения добавки КОМПАС на ООО УК «Блок» (г. Воткинск): а – без добавки; б – с добавкой

Введение связки в количестве 0,1–0,4% от массы шихты облегчает формообразование изделия, способствует более плотной упаковке частиц в формовочной массе, повышению механической прочности полуфабрикатов и готовых изделий, а также снижению открытой пористости и водопоглощения. При этом связка КОМПАС технологична при введении.

В лабораторных условиях провели испытания связки КОМПАС-11 и КОМПАС-01 на соответствующих глинах. Результаты испытаний представлены в таблице.

Технологический результат, получаемый при использовании связки КОМПАС, заключается в том, что в процессе подготовки глинистого сырья комплексно достигается снижение его карьерной влажности и улучшение физико-химических свойств.

Ввод связки КОМПАС позволяет изготавливать изделия пластическим методом формования из различных глин с повышенной карьерной влажностью, соответ-

ствующие ГОСТ 530–2012. При этом снижается водопоглощение и пористость до 3% и увеличивается механическая прочность до 50%.

В 2014 г. был проведен ряд промышленных испытаний на нескольких заводах по производству керамического кирпича. Например, на ООО УК «Блок» (г. Воткинск, Удмуртская Республика) при введении добавки серии КОМПАС сократилось трещинообразование при сушке кирпича в туннельных сушилках отечественного производства и, как следствие, улучшилось качество выпускаемого кирпича (рис. 1). Также на данном предприятии введение добавки серии КОМПАС позволило сократить формовочную влажность с 20 до 17%, сократить остаточную влажность с 10–12 до 6–8% и увеличить марку кирпича с М125 до М150.

Введение добавки серии КОМПАС на ООО «ВЗКСМ» (г. Тюмень) также улучшило качество выпускаемого кирпича. Ранее на предприятии для ускорения сушки использовалась дегидратированная глина. Это приводило к большим затратам. Также особенности используемой глины не позволяют выпускать кирпич с лицевой поверхностью, так как на изделиях выступали контактные пятна. Это связано с высоким содержанием в глине сульфатов. Ввод связки позволил отказаться от использования «дегидрата», при этом скорость сушки кирпича не изменилась. По результатам промышленных испытаний, проведенных на ООО «ВЗКСМ», с введением добавки серии КОМПАС выявлено, что аквасвязка позволяет сократить затраты, связанные с использованием «дегидрата», и получить кирпич с лицевой поверхностью (рис. 2).

Таким образом, использование аквасвязки КОМПАС в технологии производства строительных керамических изделий позволяет: исключить передел подсушки сырья перед формованием, экономить топливно-энергетические ресурсы; исключить недостатки изделий из глины с повышенной карьерной

влажностью, обусловленные применением извести; улучшить физико-механические свойства изделий.

Список литературы

1. Патент РФ № 2518614. Комплексная модифицирующая добавка для производства строительных керамических изделий для малопластичных глин / Клевакин В.А. Опубл. 10.06.2014. Б.И. № 16.
2. Патент РФ № 2518993. Комплексная модифицирующая добавка для производства строительных керамических изделий для высокопластичных глин / Клевакин В.А. Опубл. 10.06.2014. Б.И. № 16.
3. Маркова С.В., Клевакин В.А., Турлова О.В., Клевакина Е.В. Внедрение разжижителей ООО «Полипласт-Новомосковск» в производстве кирпича // *Строительные материалы*. 2012. № 5. С. 90–92.

References

1. Patent RF No. 2518614. Kompleksnaya modifitsiruyushchaya dobavka dlya proizvodstva stroitel'nykh keramicheskikh izdelii dlya maloplastichnykh glin [Integrated builder for production of construction ceramic products for low-plasticity clay]. Klevakin V.A. Published 10.06.2014. Bulletin No. 16. (In Russian).
2. Patent RF No. 2518993. Kompleksnaya modifitsiruyushchaya dobavka dlya proizvodstva stroitel'nykh keramicheskikh izdelii dlya vysokoplastichnykh glin [Integrated builder for production of construction ceramic products for highly plastic clay]. Klevakin V.A. Published 10.06.2014. Bulletin No. 16. (In Russian).
3. Markova S.V., Klevakin V.A., Turlova O.V., Klevakina E.V. Introduction of liquefiers of ООО "Polyplast-Novomoskovsk" in brick fabrication. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 5, pp. 90–92. (In Russian).

Инновации при производстве керамического кирпича



КОМПАС

КОМПАС 01-04	ТУ 5740-001-37951724-2013, для малопластичных и умеренно пластичных глин
КОМПАС 11-14	ТУ 5712-002-37951724-2013, для пластичных и высоко пластичных глин

ООО «НАНОКЕРАМИКА» производит **Комплексную Органо-Минеральную Полифункциональную АкваСвязку – (КОМПАС)** для применения в производстве керамического кирпича, позволяющую снизить карьерную влажность глины до 7%.

Применение аквасвязки **КОМПАС** позволяет:

- сократить топливно-энергетические ресурсы (исключается применение сушильного барабана для снижения карьерной влажности глины);
- улучшить внешний вид готовой продукции (предотвращает возникновение белёсого налета, который образуется в результате применения извести в качестве аквасвязки);
- снизить образование сушильных и обжиговых трещин.

623103, Россия, Свердловская обл.,
г. Первоуральск, ул. 50 лет СССР, 18а-25
e-mail: nanokeramika2012@mail.ru

Директор **Сисина Наталья Владимировна**

Тел. +7-922-296-57-03

Исполнительный директор **Клевакин Вадим Аркадьевич**

Тел. +7-912-2222-311



НАНО КЕРАМИКА

НОВОСТИ

Концерн Sika начал выпуск высокотехнологичных полимерных мембран в России

Компания Sika начинает выпускать в России полимерные мембраны для кровли и гидроизоляции подземных частей зданий и сооружений, тоннелей и др.

Основанная в 1910 г. в Швейцарии **компания Sika**, в настоящее время является крупным международным химическим концерном по производству материалов и технологий для строительства и транспортного машиностроения. В состав компании входят производственные предприятия, научные лаборатории, центры технической поддержки и торговые представительства в 86 странах мира. Опираясь на многолетний опыт в решении различных сложных задач и широкий ассортимент материалов, Sika предлагает комплексные решения и системы практически для всех сфер строительной деятельности в различных частях света. В России компания Sika работает с 2003 г., имеет три завода по производству добавок в бетоны, один завод по производству сухих строительных смесей и пять филиалов в разных регионах страны с центральным офисом в г. Лобня Московской области.

Лето 2015 г. ознаменовано запуском производства полимерных мембран в России. Уже к концу сентября 2015 г. компания планирует увеличить долю полимерных мембран, произведенных в России, с 10 до 70%. Старт выпуска продукции в России также позволит снизить их стоимость на 25–35%.

Полимерные мембраны являются альтернативой рулонным битумно-полимерным материалам и обладают высокими физико-механическими характеристиками: эластичностью и морозостойкостью, гибкостью на холоде, стойкостью к фотохимическому старению. Такие свойства позволяют существенно увеличить срок эксплуатации кровли. Значительным преимуществом является возможность сваривания материалов горячим воздухом, чем обеспечивается герметичность швов и возможность укладки практически при любых погодных условиях. Срок службы при соблюдении правил эксплуатации кровель из данных материалов достигает 40–50 лет.

Следует отметить, что специалисты концерна Sika провели масштабную работу по адаптации свойств материалов к условиям РФ.

Ранее эти материалы производились концерном Sika в Швейцарии и Германии. Российское производство полимерных мембран позволит существенно сократить затраты на логистику, а также продолжить работу с застройщиками, которые не могут закупать импортную продукцию. Важно отметить, что российское производство основано на швейцарских технологиях и стандартах, что гарантирует высокое качество российской продукции Sika.

По материалам ООО «Зика»

The Largest and Major Ceramics Industry Exhibition
in the World with Over 100,000m² Exhibiting Space



CERAMICS CHINA 2015

DATE: June 1st - 4th, 2015

VENUE: Canton Fair Complex, Guangzhou

Hosted by China Ceramic Industrial Association

Organized by Unifair Exhibition Service Co., Ltd.



UNIFAIR
EXHIBITION SERVICE

Tel: +86-20-8327 6369 / 8327 6389

Email: overseas@ceramicschina.com.cn

Web: www.ceramicschina.com.cn



Visit Official Website
Scan This QR Code

УДК 666.712

А.Е. БУРУЧЕНКО¹, д-р техн. наук; В.И. ВЕРЕЩАГИН², д-р техн. наук;
С.И. МУШАРАПОВА¹, инженер (swetmush@mail.ru); В.К. МЕНЬШИКОВА¹, инженер (vi1222@mail.ru)

¹ Сибирский федеральный университет (660041, г. Красноярск, просп. Свободный, 79/10)

² Национальный исследовательский Томский политехнический университет (634050, г. Томск, просп. Ленина, 30)

Влияние дисперсности непластичных компонентов керамических масс на спекание и свойства строительной керамики

Представлены результаты исследований влияния дисперсности кварц-полевошпатовых отходов и диопсидового концентрата в керамических массах на спекание и свойства строительной керамики. Установлено, что с уменьшением дисперсности кварц-полевошпатовых отходов в образцах снижается огневая усадка, понижается оптимальная температура обжига, возрастает прочность. Диопсидовый концентрат с дисперсностью 150 мкм в составе керамических масс обеспечивает получение безусадочного строительного материала с высокими физико-механическими свойствами.

Ключевые слова: строительная керамика, спекание, температура обжига, дисперсность, кварц-полевошпатовые отходы, диопсидовый концентрат.

A.E. BURUCHENKO¹, Doctor of Sciences (Engineering), V.I. VERESHCHAGIN², Doctor of Sciences (Engineering),
S.I. MUSHARAPOVA¹, Engineer (swetmush@mail.ru), V.K. MENSNIKONA¹, Engineer (vi1222@mail.ru)

¹ Siberian Federal University (79/10, Room P7-04, Svobodny Avenue, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation)

² National Research Tomsk Polytechnic University (30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation)

Influence of Dispersion of Non-Plastic Components of Ceramic Masses on Sintering and Properties of Building Ceramics

Results of the study of influence of dispersity of quartz-feldspar waste and a diopside concentrate in ceramic masses on the sintering and properties of building ceramics are presented. It is established that reducing the dispersity of quartz-feldspar waste in the samples entails the fire shrinkage, decrease in the optimal burning temperature, strength growth. The diopside concentrate with dispersity of 150 mkm in the composition of ceramic masses ensures the obtaining of a non-shrink building material with high physical-mechanical properties.

Keywords: building ceramic, sintering, burning temperature, dispersity, quartz-feldspar waste, diopside concentrate.

В последние годы российская промышленность стеновой керамики улучшает свои показатели в количественном и качественном отношении [1–2]. При решении задачи по реализации государственных программ развития промышленного и гражданского строительства актуальным является использование отечественных месторождений и вовлечение в производство техногенных отходов, которые при правильной обработке по многим показателям превосходят традиционное сырье и снижают стоимость выпускаемой продукции [3–5]. В особенности это относится к производству стеновых облицовочных керамических изделий.

Непластичные компоненты в строительной керамике с использованием глинистого сырья выступают как плавнями (полевые шпаты), так и в качестве компонентов, формирующих макроструктуру материала (кварцевый песок). При минимальном содержании глинистых компонентов в шихте (менее 15 мас. %) или их отсутствии непластичные компоненты являются основными при формировании кристаллических фаз материалов (воластонит, диопсид, тальк, серпентин и др.).

В технологии производства керамических изделий важная роль отводится приготовлению массы и обжигу, от которых зависит интенсивность протекания физико-химических процессов, предопределяющих свойства готовой продукции. На процесс спекания и оптимальную температуру обжига существенно влия-

ют добавки, тонкость помола исходного сырья и режим термической обработки [6–7].

Целью данной работы является исследование влияния дисперсности непластичных компонентов, выполняющих роль плавня (кварц-полевошпатовое сырье в глиносодержащих массах), и основной кристаллической фазы (диопсидовый концентрат) в облицовочной керамике (содержание глинистого компонента 5 мас. %) на процесс спекания и свойства материала. В качестве плавня использовались кварц-полевошпатовые отходы Сорского молибденового комбината (Красноярский край), а как основной компонент для создания кристаллической фазы брался концентрат обогащения Бурутуйского месторождения Слюдянской группы Южного Прибайкалья.

Кварц-полевошпатовые отходы представляют собой хвосты обогащения молибденовых руд. Они однородны по минеральному составу и, как показали рентгеноструктурные исследования, на 50–65% состоят из полевого шпата и 15–25% – кварца. Карбонатные включения содержатся в количестве 8–15%. В значительно меньшем количестве присутствуют магнетит, гематит и эпидот (рис. 1, а). Полевошпатовые минералы представлены в основном альбитом и ортоклазом. Химический и гранулометрический составы отходов приведены в табл. 1 и 2.

Химический состав диопсидовых пород непостоянный из-за различного содержания основного примес-

Таблица 1

Химический состав сырья

Сырьевой компонент	Массовое содержание, %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	ППП
Кварц-полевошпатовые отходы Сорского молибденового комбината	67,5	13,25	0,3	4,45	4,28	1,6	5,91	2,54	0,17
Диопсидовый концентрат Буртуйского месторождения	54,4	1,2	0,04	0,65	26,2	17,3	0,17	0,04	–
Суглинок Кубековского месторождения	56,4	13,8	0,2	5,78	7,18	2,3	1,5	1,9	10,93
Глина Компановского месторождения	67,4	18,5	0,82	3,08	1,63	1,89	0,12	1,06	5,5
Натрий-силикатное сырье	74,7	–	–	–	–	–	25,3	–	–

Таблица 2

Гранулометрический состав кварц-полевошпатовых отходов

Размер сит, мм				
0,8	0,8–0,5	0,5–0,1	0,1–0,05	0,05
2,99	7,6	59,77	15,8	13

ного минерала – кварца. В виде небольших включений содержатся оксиды FeO, MnO, SrO, BaO, Se₂O₃. У диопсидового концентрата химический состав стабильный, содержание диопсида в нем достигает 80%.

В керамических массах, содержащих кварц-полевошпатовые отходы, в качестве глинистого компонента использовался суглинок Кубековского месторождения (Красноярский край), который в настоящее время применяется для производства кирпича. Основными глинистыми минералами суглинка являются монтмориллонит, каолинит и гидромусковит, их содержание примерно в равных количествах (табл. 1). Из неглинистых минералов присутствует кварц, полевой шпат и гематит (рис. 1, б).

В керамических массах на основе диопсида использовалась тугоплавкая глина Компановского месторождения. Ее глинообразующими минералами являются каолинит и монтмориллонит. На рентгеновских дифрактограммах отмечается присутствие кварца, полевого шпата в виде альбита и ортоклаза и в незначительном количестве оксида железа.

Для исследования влияния дисперсного состава кварц-полевошпатовых отходов и диопсида в керамических массах на процесс спекания формирование фазового состава изделий и их свойства, отходы брались как в исходном состоянии, так и после измельчения до размера зерен 140 и 63 мкм. Диопсидовый концентрат размалывался до прохода через сито с размером менее 0,075, 0,15, 0,315 и 0,515 мм. Суглинок и глина после сушки измельчались в шаровой мельнице до остатка на сите 0,063 не более 5%. Кварц-полевошпатовые отходы вводились в суглинок в количестве 10 и 20%. В керамических массах с использованием диопсида содержание диопсидового концентрата изменяли от 75 до 85%. Из подготовленных керамиче-

ских масс с влажностью 10–12% формовались образцы диаметром 20 мм, высотой 20 мм при давлении 20 МПа.

Обжиг образцов из массы с использованием кварц-полевошпатовых отходов производили в силитовой печи при температуре 800–1150°C с интервалом 50°C и выдержкой при конечной температуре 20 мин; из масс, содержащих диопсидовый концентрат, – при 800–1250°C. После обжига у образцов рассчитывали огневую усадку, водопоглощение, прочность при сжатии и делали рентгенофазовый анализ.

Данные физико-механических свойств образцов, изготовленных из массы с введением в суглинок 10% кварц-полевошпатовых отходов разной дисперсности (табл. 3), показывают, что с уменьшением размера зерен в составах у образцов, обожженных при оптимальной температуре (950–1100°C), снижается усадка, смещается начало спекания в область более низкой температуры и возрастает скорость увеличения прочности.

Наибольшая прочность достигается при введении кварц-полевошпатовых отходов дисперсностью 140 мкм. Это говорит о том, что дисперсность влияет на интенсивность протекающих физико-химических процессов, которые в свою очередь определяют свойства изделий. С увеличением содержания в керамических массах кварц-полевошпатовых отходов до 20% усадка образцов возрастает. В соответствии с уве-

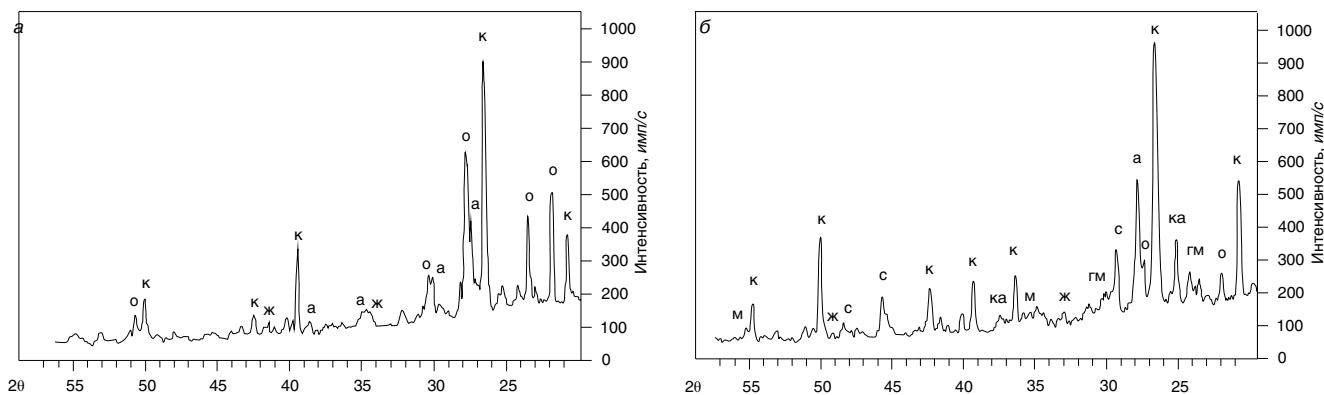


Рис. 1. Дифрактограммы исходного сырья: а – кварц-полевошпатовые отходы; б – суглинок Кубековского месторождения; к – кварц; о – ортоклаз; ж – оксид железа; а – альбит; м – монтмориллонит; с – карбонат кальция; ка – каолинит; гм – гидромусковит

Таблица 3

Физико-механические свойства образцов с содержанием 10% кварц-полевошпатовых отходов разной дисперсности

Температура обжига, °С	Усадка, %			Водопоглощение, %			Прочность при сжатии, МПа		
	без помола	d=140 мкм	d=63 мкм	без помола	d=140 мкм	d=63 мкм	без помола	d=140 мкм	d=63 мкм
800	-0,3	-0,4	-0,3	14	14,5	15	9	8,6	8
850	-0,5	-0,5	-0,5	14,5	14,9	15,5	12	9,4	10
900	-0,7	-0,9	-0,6	14,8	15,4	16,2	13	7,6	11
950	-1,2	-0,8	-0,6	16	15,1	16,2	9,5	8,9	11,5
1000	-1,5	-0,8	-0,9	16	15	16,2	9,6	10,3	11,5
1050	-1,8	-0,4	-1	16	14,2	16,2	10,2	16,8	15
1100	-1,4	3,6	-0,5	16	4,7	15,5	16	65,8	22
1150	1,4	1,7	2,5	11	1,26	4	44	80,3	90

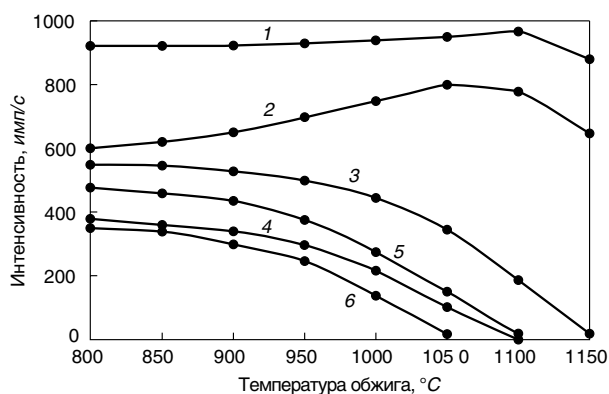


Рис. 2. Изменение интенсивности линий минералов рентгеновских дифракционных максимумов от температуры обжига образцов из керамической массы, содержащей 10% кварц-полевошпатовых отходов различной дисперсности: 1 – кварц (без помола); 2 – кварц (d=0,063 мм); 3 – ортоклаз (без помола); 4 – ортоклаз (d=0,063 мм); 5 – альбит (без помола); 6 – альбит (d=0,063 мм)

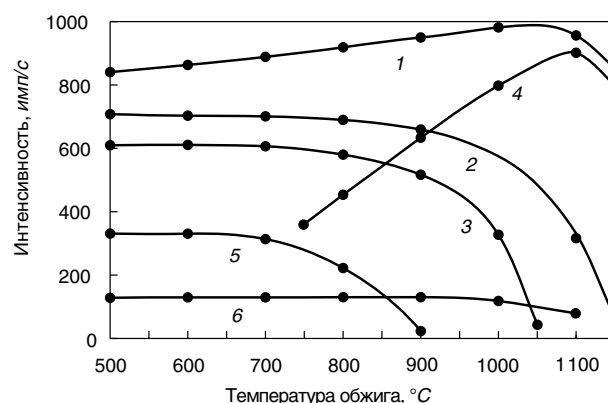


Рис. 3. Изменение интенсивности линий минералов рентгеновских дифракционных максимумов от температуры обжига образцов из керамической массы, содержащей 10% кварц-полевошпатовых отходов дисперсностью 63 мкм: 1 – кварц; 2 – ортоклаз; 3 – альбит; 4 – анортит; 5 – CaCO₃; 6 – Fe₂O₃

личением усадки уменьшается водопоглощение и повышается прочность.

При изучении рентгеновских дифрактограмм, снятых с керамических образцов из массы с содержанием 10% кварц-полевошпатовых отходов, которые предварительно не размалывались (основную дисперсность представляют зерна d=315 мкм), установлено, что интенсивности линий дифракционных максимумов альбита начинают уменьшаться с 800°С. С повышением температуры скорость плавления равномерно увеличивается и при 1150°С его линии интенсивности исчезают. Ортоклаз начинает плавиться с 1000°С и продолжает равномерно убывать с повышением температуры до 1150°С. При 1150°С интенсивность его линий дифракционных максимумов выражены слабо. При введении в суглинок 10% кварц-полевошпатовых отходов после помола до прохода через сито 0,063 в результате обжига образцов по такому же режиму на рентгенограммах медленное снижение интенсивности линий альбита также отмечается с 800°С, но с 1000°С скорость его плавления значительно возрастает. При 1050°С на рентгенограммах альбит не фиксируется (рис. 2). Интенсивности линий дифракционных максимумов ортоклаза медленно уменьшаются с 900°С, а быстро – с 1050°С.

При рассмотрении в целом поведения всех минералов керамической массы с введением 10% кварц-полевошпатовых отходов с дисперсностью 63 мкм, видно (рис. 3), что распад карбоната кальция, присутствующего в керамической массе, начинается с 700°С и заканчивается при 900°С. В образующейся жидкой фазе за счет плавления альбита и ортоклаза и получен-

ного в результате распада карбоната кальция оксида кальция формируются кристаллы анортита, количество которого равномерно возрастает при повышении температуры до 1100°С.

Увеличение количественного содержания кварц-полевошпатовых отходов тонкой дисперсности в кера-

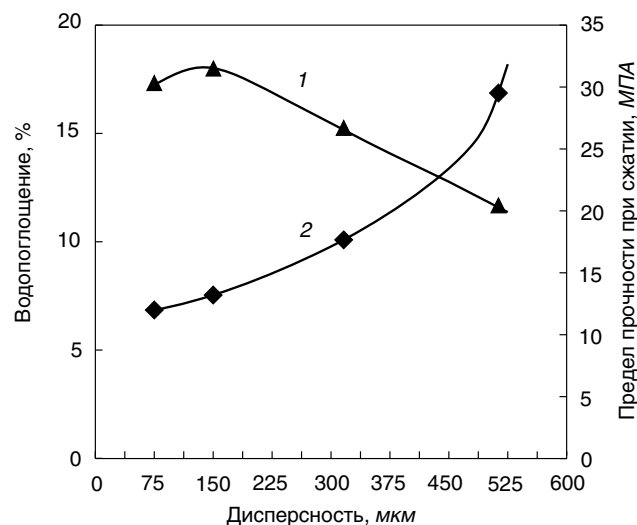


Рис. 4. Изменение водопоглощения и предела прочности при сжатии образца, обожженного при 1000°С, содержащего 80% диопсидового концентрата, 15% натрий-силикатного стекла и 5% компановской глины, в зависимости от размера зерен диопсида: 1 – водопоглощение; 2 – предел прочности при сжатии

мических массах до 20% способствует еще большей интенсификации процесса образования жидкой фазы и формированию анортита, что обеспечивает повышение прочностных характеристик изделий.

Большую роль играет дисперсность непластичного сырья при получении облицовочных материалов в виде крупноразмерных керамических плит, когда необходимо уменьшить усадку, увеличить прочностные характеристики изделий и снизить температуру их обжига. В данном случае его минеральный состав образует основу кристаллической фазы керамического черепка. Одним из видов такого сырья может служить диопсидовое и волластонитовое сырье [8–9]. В керамических массах с использованием диопсидового концентрата, просеянного через сито с размером менее 0,075 мм, 0,15 мм, 0,315 мм и 0,515 мм – физико-механические свойства образцов после обжига при температуре 1000°C различны. С увеличением размера зерен возрастает водопоглощение и уменьшается прочность (рис. 4). Наиболее высокие показатели у образцов состава, содержащего 80% диопсидового концентрата с дисперсностью 150 мкм, 15% натрий-силикатного стекла и 5% компановской глины. При этом прочность составляет 32,91 МПа, водопоглощение – 6,78%, усадка – 0,003 %. Обжиг при 1100°C обеспечил прочность при сжатии 34,48 МПа, водопоглощение 6,16%, усадку 0,004%.

Список литературы

1. Развитие керамической промышленности России продолжается. XII Международная научно-практическая конференция КЕРАМТЕКС-2014 // *Строительные материалы*. 2014. № 8. С. 4–9.
2. Семенов А.А. Рынок керамических стеновых материалов: итоги 2014 и прогноз на 2015 год // *Строительные материалы*. 2015. № 4. С. 3–5.
3. Гурьева В.А., Прокофьева В.В. Структурно-фазовые особенности керамики на основе техногенного магнезиального сырья и низкосортных глин // *Строительные материалы*. 2014. № 4. С. 55–57.
4. Rajamannan B., Kalyana Sundaram C., Viruthagiri G., Shanmugan N. Effects of fly ash addition on the mechanical and other properties of ceramic // *International Journal of Latest Research in Science and Technology*. 2013. Vol. 2, Issue 1. P. 486–491.
5. Бурученко А.Е., Мушарапова С.И. Строительная керамика с использованием суглинков и отходов алюминиевого производства // *Строительные материалы*. 2010. № 12. С. 28–33.
6. Ильина Л.В., Бердов Г.И., Гичко Н.О., Теплов А.Н. Изменение механической прочности и структуры порладцементного камня при введении дисперсных минеральных наполнителей // *Известия вузов. Строительство*. 2014. № 4. С. 38–44.
7. Столбоушкин А.Ю., Бердов Г.И., Столбоушкина О.В., Злобин В.И. Влияние температуры обжига на формирование структуры керамических стеновых материалов из тонкодисперсных отходов обогащения железных руд // *Известия вузов. Строительство*. 2014. № 1. С. 33–42.
8. Верещагин В.И., Меньшикова В.К., Бурученко А.Е., Могилевская Н.В. Керамические материалы на основе диопсида // *Стекло и керамика*. 2010. № 11. С. 13–16.
9. Столбоушкин А.Ю. Влияние добавки волластонита на формирование структуры стеновых материалов из техногенного и природного сырья // *Строительные материалы*. 2014. № 8. С. 13–17.

Рентгено-фазовый анализ и микроскопические исследования образцов после обжига показали, что такие высокие показатели достигнуты за счет определенной дисперсности диопсидового концентрата, когда при плавлении силиката натрия и его взаимодействия с продуктами разложения глины обеспечивается жидкая фаза, которая пронизывается кристаллами диопсида.

Таким образом, проведенные исследования показали, что дисперсность непластичных компонентов керамических масс влияет на интенсивность протекающих физико-химических процессов при обжиге, которые определяют свойства изделий:

- с уменьшением дисперсности кварц-полевошпатовых отходов, вводимых в керамические массы, снижается огневая усадка образцов керамики, оптимальная температура обжига смещается в область более низкой температуры и возрастает прочность;
- наиболее благоприятный фазовый состав, обуславливающий высокие прочностные показатели, формируется в процессе спекания, когда дисперсность кварц-полевошпатовых отходов составляет 140 мкм;
- диопсидовый концентрат с дисперсностью 150 мкм в составе керамических масс позволяет получить безусадочные строительные материалы с высокими прочностными характеристиками при более низких температурах обжига.

References

1. Development of Ceramic Industry of Russia Proceeds. The XII International Scientific and Practical Conference KERAMTEX-2014 Was Held in Rostov-on-Don (Information). *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 8, pp. 4–9. (In Russian).
2. Semyonov A.A. Ceramic Wall Materials Market: Results of 2014 and Forecast for 2015. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 4, pp. 3–5. (In Russian).
3. Gur'eva V.A., Prokof'eva V.V. Structural and phase characteristics of building ceramics based of industrial magnesium raw materials and low-grade clay. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 4, pp. 55–57. (In Russian).
4. Rajamannan B., Kalyana Sundaram C., Viruthagiri G., Shanmugan N. Effects of fly ash addition on the mechanical and other properties of ceramic. *International Journal of Latest Research in Science and Technology*. 2013. Vol. 2, Issue 1, pp. 486–491.
5. Buruchenko A.E., Musharapova S.I. Building Ceramics with the Use of Loams and Waste of Aluminum Production. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 12, pp. 28–33. (In Russian).
6. Ilina L.V., Berdov G.I., Gichko N.O., Teplov A.N. Changing structure and mechanical strength portland cement stones when introducing complex dispersive mineral fillers. *Izvestija vuzov. Stroitel'stvo*. 2014. No. 4, pp. 38–44. (In Russian).
7. Stolboushkin A.Yu., Berdov G.I., Stolboushkina O.V., Zlobin V.I. Firing temperature impact on structure forming in ceramic wall materials produced of fine dispersed iron ore enrichment wastes. *Izvestija vuzov. Stroitel'stvo*. 2014. No. 1, pp. 33–42. (In Russian).
8. Vereshchagin V. I., Men'shikova V. K., Buruchenko A. E., Mogilevskaya N. V. Diopside-based ceramic materials. *Steklo i keramika*. 2010. No. 11, pp. 13–16. (In Russian).
9. Stolboushkin A. Yu. Influence of the wollastonite additive on the structure of wall ceramic materials from technogenic and natural resources. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 8, pp. 13–17. (In Russian).

удк 691.41

А.М. САЛАХОВ, канд. техн. наук (salakhov8432@mail.ru), Л.Р. ТАГИРОВ, д-р физ.-мат. наук
Казанский федеральный университет, Институт физики (420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18)

Структурообразование керамики из глин, формирующих при обжиге различные минеральные фазы*

Дана характеристика глин Сахаровского, Алексеевского, Салмановского, Новоорского и Южно-Ушкотинского месторождений, кремнистых пород Татарско-Шатрашанского месторождения, исследованы особенности их минерального состава. Показано, что в процессе обжига из легкоплавких полиминеральных глин, глин с высоким содержанием оксида алюминия и глин с высоким содержанием карбонатов формируются существенно различные минеральные фазы, которые влияют на макроскопические характеристики материалов. Дана характеристика природных и техногенных модификаторов, описано их влияние на структуру материалов. На примере кирпичного завода «Алексеевская керамика» показано, что целенаправленное комбинирование глин, кремнистых пород и модификаторов при оптимальной температуре обжига позволяет получить керамику с заданным фазовым составом и соответственно свойствами.

Ключевые слова: керамика, керамический кирпич, спекание, минеральные фазы, модификация сырья, структура материалов.

A.M. SALAKHOV, Candidate of Sciences (Engineering) (salakhov8432@mail.ru), L.R. TAGIROV, Doctor of Sciences (Physics and Mathematics)
Kazan Federal University, Institute of Physics (18, Kremlymylfnf Street, Kazan, 420008, Russian Federation)

Structure Formation of Ceramic with Clays Which Form Various Phases at Burning*

Characteristics of clays of Sakharovskoye, Alekseevskoye, Salmanovskoye, Novoorskoye, and Yuzhno-Ushkotinskoye deposits, silica rocks of Tatarsko-Shatrashanskoye deposit are presented; peculiarities of their mineral compositions have been investigated. It is shown that in the process of burning of fusible polymineral clays, clays with a high content of aluminum oxide and clays with a high content of carbonates, significantly different various mineral phases, which influence on macroscopic characteristics of materials, are formed. The characteristic of natural and anthropogenic modifiers is given, their influence on the structure of materials is described. On the example of the "Alekseevskaya keramika" brick factory, it is shown that the purposeful combination of clays, silica rocks and modifiers at the optimal burning temperature makes it possible to produce the ceramic with the set phase composition and, subsequently, properties.

Keywords: ceramics, ceramic brick, sintering, mineral phases, modification of raw materials, structure of materials.

Реакции в твердом теле, с которыми связаны процессы спекания керамики, известны достаточно давно. Тем не менее до конца XIX в. парадигма *Corpora non agunt nisi fluida* — тела не вступают в реакции, если они не находятся в жидком состоянии, была широко распространена в научном сообществе [1]. Протекание реакций с участием твердых тел имеет особенности, поскольку в твердофазных системах чрезвычайно сложно достичь смешения компонентов на молекулярном уровне. Известно [2], что характерной особенностью твердофазных реакций является локализация реакционной зоны на поверхности раздела фаз реагентов. Общая поверхность и толщина реакционной зоны могут быть различны и зависят как от природы исследуемого процесса, так и от условий его осуществления.

Керамические материалы характеризуются как гетерогенные, полидисперсные и многофазные. Известно [3], что эксплуатационные характеристики керамических материалов в значительной степени предопределяются их минеральным составом. Достаточно часто высокие прочностные свойства строительной керамики связывают с наличием минерала муллита. Так, в работе [4] авторы пишут: «Основные свойства керамическим материалам придает муллит, и от того, как он формируется, с какой структурой и какое его количество образуется при обжиге изделий, зависит морозо-, кислото-, термостойкость и прочность изделий». Мы полагаем, что результаты исследований, полученные в каких-то конкретных условиях, нельзя трактовать как общую закономерность, на-

пример, в работе [5] авторы пишут: «Содержание кристобалита снижает механическую прочность изделий а образование его из аморфного кремнезема, выделившегося в результате муллитизации, обуславливает проницаемость изделий». Высказываются и прямо противоположные мнения: «Именно образование муллита и различных шпинелевидных модификаций кварца обеспечивает возможность получения высокомарочного керамического кирпича. При температуре 1100–1300°C муллит переходит в новую модификацию — кристобалит, что способствует большому уплотнению частиц в объеме и, как следствие, сужению образовавшихся пор» [6].

Полученные нами результаты не позволяют согласиться с такими утверждениями.

В литературе термину «спекание» даются разные определения: «Агломерация индивидуального вещества, взятого в виде порошка при высокой температуре, но ниже его температуры плавления, а также смеси веществ при температуре ниже температуры плавления хотя бы одного из них» [7]. В свою очередь, агломерация понимается как объединение частиц в системы, более устойчивые, чем в случае агрегации (агрегация — объединение различных частиц, которые можно относительно легко разъединить). Другие авторы [8] под спеканием керамики понимают уплотнение и упрочнение полуфабриката в условиях термической активации за счет расходования избыточной энергии порошка по отношению к энергии плотного тела. При этом авторы отмечают, что из техногенных неоргани-

* Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках субсидии по постановлению Правительства РФ № 218 (договор № 02.G25.31.0121, 2014 г.).

* The work has been executed under the support of the RF Ministry of education and science within the frames of Subsidy by the RF Government Decree № 218 (Agreement № 02.G25.31.0121, 2014)

Таблица 1

Характеристика обожженных образцов из глины Сахаровского месторождения

Температура обжига, °С	1000	1050	1100	1150
Плотность, г/см ³	1,85	1,89	1,9	2,2
Водопоглощение, %	13,3	12,6	8	1,5
Прочность при сжатии, МПа	21,88	33,25	61,85	112,5

Таблица 2

Огневая усадка образцов в зависимости от содержания Al₂O₃

Содержание Al ₂ O ₃ , %	0	2	5	10	15	20
Огневая усадка при 1050°С, %	0,2	0,2	0,2	-0,2	-0,4	-0,8
Огневая усадка при 1100°С, %	1,4	1,2	0,8	0,4	0,2	0
Огневая усадка при 1150°С, %	5,6	5,6	5,6	4,6	3,4	2

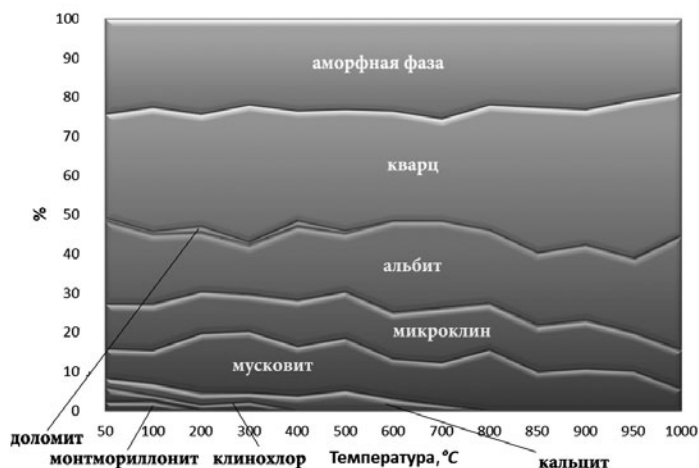


Рис. 1. Изменение минерального состава глины Сахаровского месторождения при температуре от 50 до 1000°С

ческих материалов керамику по составу и строению можно отнести к наиболее сложным объектам.

Для разработки технологии перспективных керамических материалов важно подобрать оптимальный состав керамической массы, спроектировать наиболее экономичный режим обжига. Последнее обстоятельство инициирует важный вопрос — на каком этапе процесс спекания керамики можно считать завершённым, поскольку при разной температуре обжига полуфабриката отмечается разная степень его уплотнения и упрочнения, сопровождаемая существенным изменением фазового состава.

В процессе исследования нами решались следующие задачи:

- исследования глин, кремнистых пород и отходов промышленности для разработки новых составов керамических масс;
- исследование кинетики фазового состава различных керамических масс в процессе обжига;
- исследование структуры керамических образцов и их характеристик;
- разработка предложений для производства инновационных керамических материалов.

Известно [9, 10], что спекание может быть твердофазным, происходит с участием жидкой фазы, часто в их сочетании. Сопоставляя поведение различных керамических масс, мы сочли целесообразным выделить несколько видов керамических масс, которые в процессе обжига формируют существенно отличающиеся друг от друга минеральные фазы, причем эти фазы формируются в различных температурных диапазонах.

Были исследованы следующие глины и кремнистые породы.

1. Полиминеральная глина Сахаровского месторождения Республики Татарстан.
2. Полиминеральная глина Алексеевского месторождения Республики Татарстан.
3. Глина Новоорского месторождения Оренбургской области.
4. Глина Южно-Ушкотинского месторождения Оренбургской области.
5. Глина с повышенным содержанием карбонатов кальция Салмановского месторождения Республики Татарстан,
6. Цеолитсодержащая порода Татарско-Шатрашанского месторождения Республики Татарстан,

Исследования проводились с использованием следующих приборов: рентгенографические — на дифрактометре XRD-7000S (Shimadzu, Япония) в комплексе с высокотемпературной приставкой; количе-

ственный анализ выполнен в программе Diffrac.eva; электронно-микроскопические — на микроскопе EVO-50XVP; термические — на приборе синхронного термического анализа STA 449 F3 JUPITER (фирма NETZSC, Германия); гранулометрические — на приборе HORIBA LA — 950; механические — на прессе ПМГ — 500 МГК 4 СКБ «Стройприбор» (Россия).

Легкоплавкие полиминеральные глины:
глины Сахаровского и Алексеевского месторождений

Полиминеральная глина Сахаровского месторождения в процессе обжига до 1000°С не образует новых минеральных фаз, за исключением гематита, доля которого менее 1% (рис. 1). В этом интервале температуры происходит разрушение глинистых минералов монтмориллонита и клинохлора, а также завершается диссоциация доломита и кальцита, а их «осколки» переходят в аморфную фазу.

В настоящее время глина Сахаровского месторождения используется для производства рядового кирпича марки 125. На заводе установлена кольцевая печь со съёмным сводом, максимальная температура обжига 1000°С. Мы полагаем, что при температуре обжига до 1000°С не достигается фазовое равновесие, поскольку в аморфной фазе присутствуют активные оксиды кальция и магния, а в составе кристаллической фазы еще сохраняется гидрослюдистый минерал мусковит. При повышении температуры обжига характеристики образцов существенно изменяются (табл. 1).

С подъемом температуры обжига до 1150°С доля аморфной фазы в образцах увеличивается с 23 до 43%, в первую очередь за счет разрушения мусковита и частичного плавления кварца, доля которого снижается с 45 до 26%. С другой стороны, из аморфной фазы кристаллизуется минерал диопсид, доля которого составляет 12%. Такое сочетание аморфной и кристаллической фаз и обеспечивает высокую прочность образцов.

С дальнейшим подъемом температуры обжига до 1180°С доля аморфной фазы в образцах возрастает до 48%, что приводит к их подплавлению; образцы приобретают желтовато-зеленый оттенок, характерный для минерала клинопироксен.

Минеральные фазы керамической массы из глины Алексеевского месторождения с изменением температуры обжига схожи с глиной Сахаровского месторождения.

Глина Алексеевского месторождения в настоящее время используется в композиции с другими глинами для производства лицевого кирпича. С целью их модификации было предложено использование техногенных модификаторов.

В качестве техногенного модификатора был выбран отход нефтедобычи – нефтяной шлам, который по результатам термических исследований демонстрирует значительный экзотермический эффект, связанный с выгоранием углеводородов, количество которых оценивается в 12–13%.

При добавлении 7% нефтяного шлама в алексеевскую глину после обжига при 1000°C в фазовом составе керамики содержание аморфной фазы составляет 25, кварца – 43, полевого шпата – 26, авгита – 6%. Изменение фазового состава по сравнению с керамикой из глины без нефтяного шлама мы объясняем восстановительной средой, которая формируется при выгорании нефтяных фракций, а также составом самого шлама. Образцы имеют водопоглощение 13,6%, прочность при сжатии – 32,4 МПа.

С целью повышения тугоплавкости керамической массы были проведены модельные эксперименты с модификатором в виде дисперсного оксида алюминия. Исследования показали, что с увеличением содержания Al_2O_3 существенно снижается огневая усадка образцов, а при температуре обжига 1050°C она приобретает отрицательные значения, т. е. при обжиге образцы расширяются (табл. 2).

Образцы керамики из глины Алексеевского месторождения с 2% оксида алюминия после обжига при 1150°C имеют плотность 2,2 г/см³, водопоглощение 2,3%, прочность при сжатии 105,4 МПа.

На основании данных модельного эксперимента было предложено использовать в качестве модификатора промышленные отходы с высоким содержанием оксида алюминия.

На ряде предприятий нефтехимического комплекса в процессе дегидрирования парафиновых углеводородов образуется отработанный алюмохромовый катализатор ИМ-2201 (отходы производства ТУ 38.103544–89). Было исследовано влияние техногенного модификатора, полученного с завода ОАО «Нижнекамскнефтехим» (далее модификатор Z), на характеристики керамики из глины Алексеевского и Сахаровского месторождений.

Образцы из глины Алексеевского месторождения при температуре обжига выше 1100°C начинают терять форму, однако добавка модификатора Z позволяет поднять их тугоплавкость. После обжига при 1170° в фазовом составе образца с 10% модификатора Z содержание аморфной фазы составляет – 75, кварца – 13, полевых шпатов – 10, гематита – 1%. Оксид алюминия в фазовом составе не фиксируется, т. е. он вступил во взаимодействие с другими компонентами керамической массы; мы полагаем, что этим и объясняется повышение тугоплавкости. Образец обладает высокой прочностью – 96,3 МПа, плотностью 2,07 г/см³, водопоглощением 1,7%, что соответствует требованиям к керамическому клинкеру.

Положительный эффект от применения модификатора Z отмечается и с глинами других месторождений. Характеристики образца керамики из глины Сахаровского месторождения с 2% модификатора Z после обжига при 1150°C следующие: плотность 2,15 г/см³, водопоглощение 2%, прочность при сжатии 109,6 МПа.

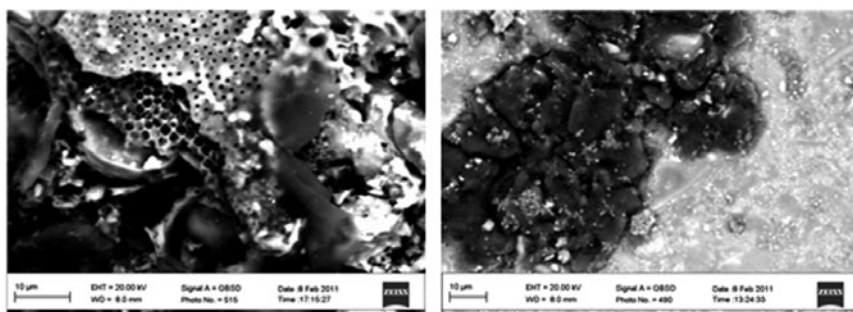


Рис. 2. РЭМ изображение керамики из глины Алексеевского месторождения с 30% диатомита. $T_{обж} = 1150^\circ C$

В его фазовом составе аморфной фазы – 60, кварца – 20, гематита – 2, альбита – 9, пироксена – 9%.

Можно сделать вывод, что состав и структура образцов керамики из глины с модификатором Z определяют их высокие прочностные характеристики, однако это отмечается только температуре обжига выше 1100°C. Мы полагаем, что оксид алюминия, являющийся преобладающим компонентом модификатора Z, при температуре ниже 1100°C остается инертным и не вступает во взаимодействие, наоборот, его присутствие может несколько снизить прочностные характеристики.

Другим модификатором легкоплавких полиминеральных глин могут быть кремнистые породы с высоким содержанием аморфного кремнезема – диатомиты и трепелы. При модификации глины Алексеевского месторождения диатомитом после обжига при 1000°C формируется пористая структура. С повышением температуры обжига до 1150°C образцы сильно уплотняются, значительно возрастает доля аморфной фазы, прочность при сжатии возрастает до 150 МПа (рис. 2).

Глины с высоким содержанием оксида алюминия: глины Новоорского и Южно-Ушкотинского месторождений

Сырье с высоким содержанием каолина традиционно считается [11] наиболее ценным для производства керамики.

В химическом составе **глины Новоорского месторождения** содержание оксида алюминия составляет 23,7%, что позволяет ее отнести к каолинам.

При подъеме температуры до 400°C заметных изменений фазового состава новоорского каолина не установлено, однако уже при 500°C отмечается суще-

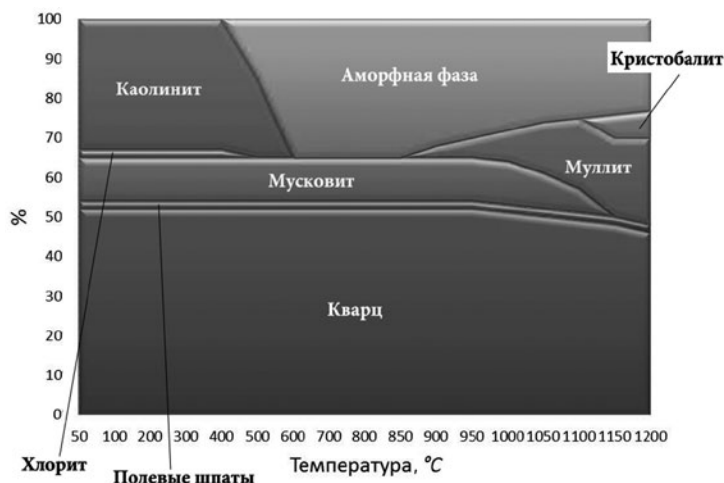


Рис. 3. Изменение минерального состава глины Южно-Ушкотинского месторождения при подъеме температуры от 50 до 1200°C

Таблица 3

Компоненты сырья для производства
керамической плитки в XX в.

Исторический период	Компоненты сырья для производства керамической плитки, %			
	Каолин	Пластичные глины	Полевые шпаты	Кварц
Первая половина XX в.	35–45	12–18	27–32	12–18
Вторая половина XX в.	12–18	27–32	42–48	5–10

ственное уменьшение каолинита (с 60 до 20%), сопровождаемое заметным увеличением доли рентгеноаморфной фазы (с 19 до 32%); одновременно несколько увеличивается доля кварца. В результате разложение каолинита образуются высокодисперсные оксиды кремния и алюминия. При температуре 600°C разрушение каолинита завершается, что сопровождается некоторым приростом рентгеноаморфной фазы, которая достигает максимального значения (34–35%). В интервале температуры 600–700°C отмечается заметный прирост содержания кварца, а при дальнейшем подъеме температуры в интервале 800–1000°C осуществляется синтез муллита, при этом содержание кварца достигает максимального значения (40%). При температуре 1050°C определенная доля кварца переходит в высокотемпературную модификацию – кристобалит, одновременно происходит синтез других кристаллических новообразований – полевых шпатов, естественно, что в этих реакциях синтеза принимает участие кварц, что сопровождается снижением его доли. В интервале температуры 1050–1200°C синтез муллита продолжается, его доля достигает 38%, одновременно снижается доля кварца, полностью исчезает мусковит и заметно (с 33 до 24%) убывает доля рентгеноаморфной фазы. Заслуживает внимание то обстоятельство, что по мере остывания исследуемого образца процесс кристаллизации в нем продолжается, в результате доля аморфной фазы сокращается до 16%, кварц продолжает участие в синтезе муллита, доля которого возрастает до 51%.

В глине Южно-Ушкотинского месторождения содержание каолинита существенно ниже, зато кварца – значительно выше. В процессе обжига (рис. 3) при температуре 400°C начинается разложение глинистого минерала хлорита, а после 500°C он уже не фиксируется. Гидрослюдистый минерал мусковит сохраняется до температуры 1050°C, а после 1150°C он также не фиксируется. Синтез муллита происходит при той же температуре, что и при обжиге новоорского каолина. В значительной степени глина представлена зернами кварца размером до 50 мкм, его доля остается высокой и после обжига, что существенно отличает эту глину от каолина Новоорского месторождения.

Образцы керамики из глин Новоорского и Южно-Ушкотинского месторождений отличаются высокой тугоплавкостью, сохраняют форму до температуры обжига 1250°C.

Из каолиновых глин получают высококачественные лицевые керамические материалы, проблема состоит в том, что эти глины достаточно дефицитны. Мировые запасы каолинового сырья составляют приблизительно 16 млрд т. [12]. Запасы России оцениваются в 400 млн т. В этой связи начиная с середины прошлого века для производства высококачественной лицевой керамики в европейских странах [13] используется сырье со значительно меньшим содержанием каолина (табл. 3). Одной из причин этого явился пе-

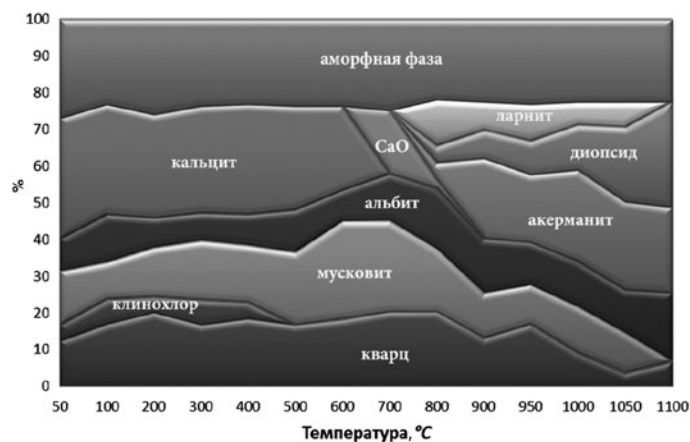


Рис. 4. Изменение минерального состава глины Салмановского месторождения при температуре от 50 до 1100°C

реход на скоростные методы обжига, при которых высокое содержание каолина является нежелательным. Одновременно это позволило снизить затраты на сырье.

По данным итальянских исследователей эта тенденция продолжается и в настоящее время, что стимулирует дальнейший поиск доступных и более дешевых компонентов керамического сырья.

Следствием уменьшения в керамическом сырье доли пластичных глин в пользу увеличения полевых шпатов и других непластичных материалов стало существенное снижение времени сушки и обжига, а также снижение плотности обожженного материала. Это привело к повышению производительности технологического оборудования и существенному снижению энергоемкости производства. В то же время это вызвало снижение прочности сырья и увеличение затрат на измельчение сырья, однако эти факторы были признаны менее значимыми.

Учитывая состояние запасов и обозначенные выше тенденции, использование каолиновых глин в строительной керамике целесообразно только для модификации полиминерального сырья.

Глины и кремнистые породы с высоким содержанием карбонатов:

глина Салмановского месторождения

В отличие от каолиновых, глины с повышенным содержанием карбонатов кальция и магния в процессе обжига не образуют муллита, а образуют силикаты

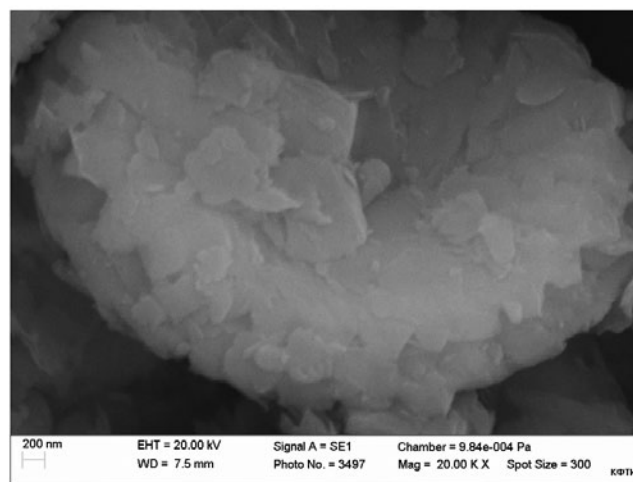


Рис. 5. РЭМ изображение глины Салмановского месторождения, фрагмент с высоким содержанием кальция

кальция и магния, в том числе диопсид, акерманит, ларнит (рис. 4).

В литературе отмечается, что диссоциация карбонатов в керамической массе происходит при температуре 950–1000°C, однако нашими исследованиями показано, что при температуре обжига 600°C как доломит, так и кальцит не наблюдаются. При температуре обжига 800°C уже фиксируются результаты синтеза образовавшихся в результате диссоциации оксидов кальция и магния с оксидом кремния в виде пироксенов. Мы полагаем, что диссоциация карбонатов при более низкой температуре связана с наличием в системе ионов натрия, образовавшихся в результате разрушения глинистых минералов.

Известно [14], что диопсид ($\text{CaMg}[\text{SiO}_3]_2$) отличается высокой химической устойчивостью, образует непрерывный ряд твердых растворов. Акерманит – минерал группы мелилита ($\text{Ca}_2\text{Mg}[\text{Si}_2\text{O}_7]$) синтезируется наряду с ларнитом и диопсидом начиная с температуры 700°C. Ларнит ($\beta\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) в системе $\text{CaO}\text{-SiO}_2$ не имеет при обычных условиях области стабильного существования. Температурная область метастабильного существования – от комнатной до 670–700°C. Переход метастабильной β -формы в стабильную γ -форму сопровождается значительным увеличением молярного объема, что вызывает самопроизвольную диспергацию (рассыпание) спеченных материалов, богатых ортосиликатом кальция. В этой связи наличие этой фазы в керамических материалах является нежелательным. После обжига салмановской глины при температуре 1100°C ларнит уже не фиксируется, а доля диопсида увеличивается, это означает, что остаются только устойчивые минеральные фазы.

Карбонаты в салмановской глине представлены высокодисперсными образованиями в виде лепестков толщиной в десятки нанометров (рис. 5), которые формируют своеобразные бутоны.

После обжига салмановской глины при температуре 900°C получены образцы плотностью 1,47 г/см³, и водопоглощением 30%. С повышением температуры обжига образцы практически не претерпевают огневой усадки, водопоглощение их остается достаточно высоким (табл. 5).

Следовательно, салмановскую глину необходимо модифицировать. Для поиска эффективного модификатора были поставлены модельные эксперименты по обжигу образцов керамики из аморфного диоксида кремния с добавкой 10% портландита. Образцы кера-

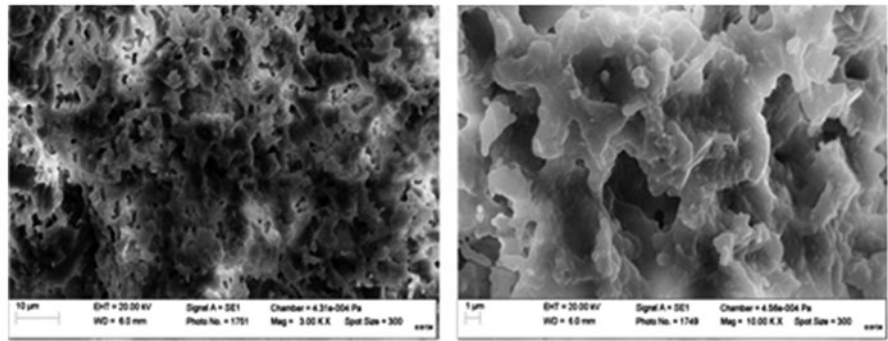


Рис. 6. РЭМ изображение образца керамики из композиции глин Салмановского и Алексеевского месторождений с 10% диатомита. $T_{\text{обж}} = 1150^\circ\text{C}$

Таблица 5

Характеристики образцов керамики из глины Салмановского месторождения

Температура обжига, °C	1000	1050	1100	1150
Плотность, г/см ³	1,74	1,79	1,80	1,82
Водопоглощение, %	15,3	15,2	13,4	12,8

Таблица 5

Характеристика керамики из глины Сахаровского месторождения с добавкой цеолитсодержащей породы

Содержание модификатора, %	2	5	10	15
Плотность, г/см ³	$\frac{1,82}{2,11^*}$	$\frac{1,82}{2,11}$	$\frac{1,79}{2,11}$	$\frac{1,77}{2,11}$
Водопоглощение, %	$\frac{15}{3}$	$\frac{15,3}{2,6}$	$\frac{16}{3}$	$\frac{16,8}{3,5}$
Прочность при сжатии, МПа	$\frac{32,2}{152,6}$	$\frac{29,5}{122,9}$	$\frac{28,5}{125}$	$\frac{32,9}{124}$

* над чертой показатель при температуре обжига 900°C, под – при 1150°C

мики из аморфного диоксида кремния с добавкой 10% портландита после обжига при 1000°C обладают пористой структурой. Судя по элементному составу, синтезированные силикаты кальция представлены волластонитом, размер их зерен менее 1 мкм. В следующих модельных экспериментах к салмановской глине добавили 10% аморфного кремнезема, сформованные образцы обожгли при температуре 1000 и 1100°C. В их фазовом составе наряду с кварцем только устойчивые минералы – геленит и волластонит. Образцы отличаются светлыми тонами, достаточной прочно-

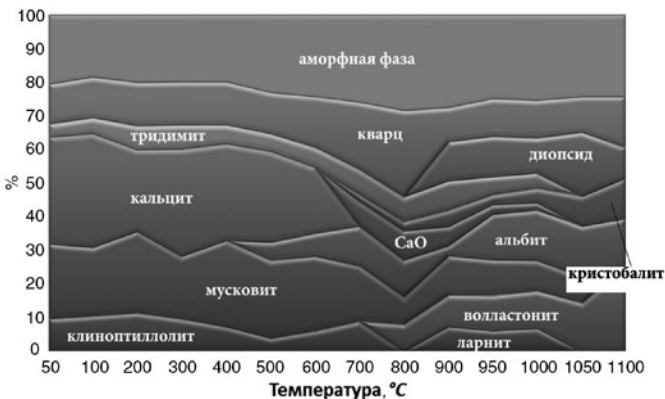


Рис. 7. Диаграмма изменения фазового состава цеолитсодержащей породы Татарско-Шатрашанского месторождения

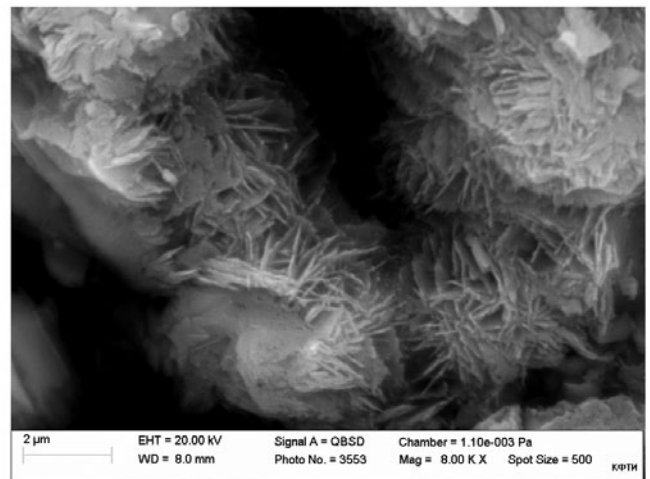


Рис. 8. РЭМ изображение цеолитсодержащей породы Татарско-Шатрашанского месторождения. Минерал клиноптилолит

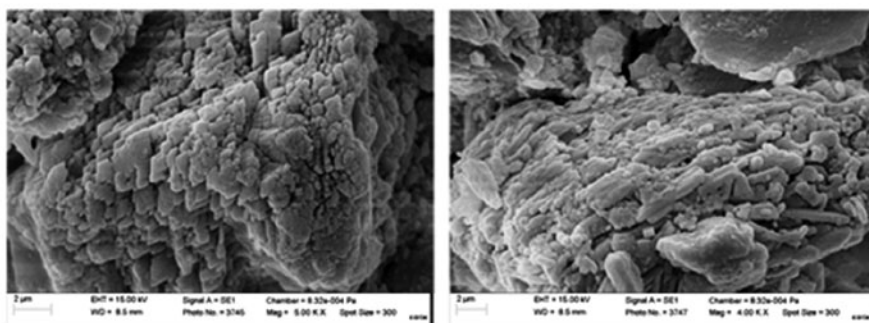


Рис. 9. РЭМ изображение образца керамики из глины Сахаровского месторождения с добавкой 10% цеолитсодержащей породы после обжига при 900°C

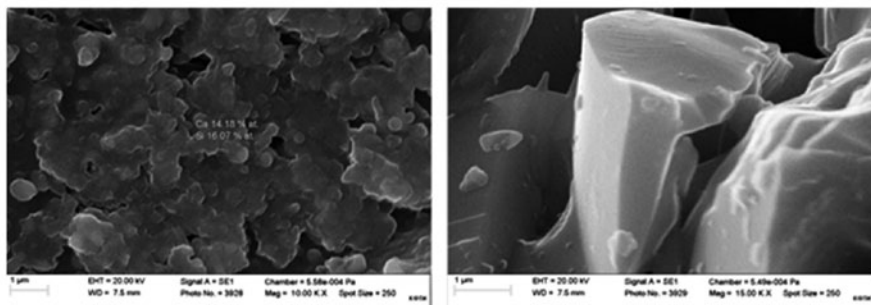


Рис. 10. РЭМ изображение образцов из композиции салмановской и сахаровской глин в соотношении 2:8 после обжига при 1000°C

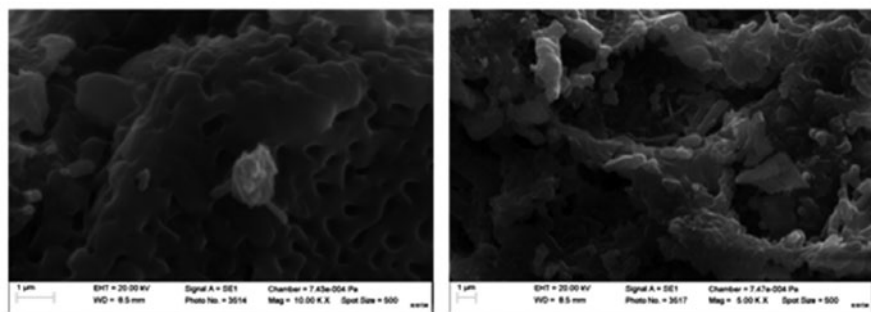


Рис. 11. РЭМ изображение фрагмента кирпича завода «Алексеевская керамика»

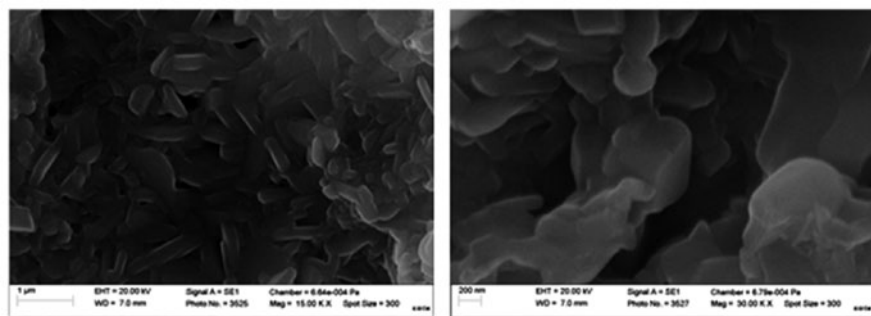


Рис. 12. РЭМ изображение фрагмента кирпича завода «Алексеевская керамика»

стью (25 МПа), однако имеют водопоглощение более 28%.

Опираясь на эти результаты, в целях снижения водопоглощения и недопущения синтеза неустойчивых минеральных фаз был предложен следующий состав керамической массы: глина Алексеевского месторождения 40%, Салмановского месторождения – 50%, диатомита – 10%. Образцы этого состава после обжига при 1150°C имеют плотность 1,91 г/см³, их структура представляет собой плот-

ные слоистые образования, крупные поры отсутствуют (рис. 6).

Эффективным модификатором глины Сахаровского месторождения могут быть и цеолитсодержащие породы. Специалисты по супрамолекулярной химии дают такое их определение: «Цеолиты – это пористые алюмосиликаты, в которых обычно анионный каркас сбалансирован катионами, как правило, расположенными внутри твердых полостей или каналов, но их не заполняют» [14].

Исследования цеолитсодержащей породы Татарско-Шатрашанского месторождения выявили ее специфические характеристики (рис. 7).

1. Установлено, что при обжиге цеолитсодержащей породы при температуре 800°C синтезируется волластонит, а с подъемом температуры обжига до 1100° его доля в составе кристаллической фазы керамического материала возрастает с 11 до 33%.

2. Наряду с волластонитом вслед за диссоциацией карбонатов, по мере вступления в реакцию твердофазного синтеза оксида кальция формируются ортосиликат кальция (ларнит) и диопсид. Общее количество силикатов кальция при температуре обжига 1100°C составляет 45%, тогда как содержание в образце алюмосиликатов (альбит) составляет всего 19%.

3. Выявлено, что цеолиты в породе Татарско-Шатрашанского месторождения представлены минералом клиноптилолит, для которого характерно высокое соотношение Si/Al. В наших исследованиях содержание атомов кремния и алюминия составляет 20:1. При температуре 800°C клиноптилолит полностью разрушается, образуя аморфный диоксид кремния в высокодисперсном состоянии, который активно вступает во взаимодействие с оксидом кальция при сравнительно низкой температуре обжига. Это обстоятельство позволяет считать цеолитсодержащую породу весьма эффективной добавкой, которая позволит снизить энергоемкость керамического производства.

4. Определенная доля аморфного кремнезема после разрушения минерала клиноптилолит с повышением температуры обжига кристаллизуется в кристобалит.

5. Содержание гидрослюдистого минерала мусковит при температуре свыше 700°C сокращается, а при 1100°C он полностью разрушается, в системе остаются только устойчивые минеральные фазы.

6. С подъемом температуры обжига до 1100°C содержание рентгеноаморфной фазы увеличивается с 26 до 32%.

Исследования структуры цеолитсодержащей породы Татарско-Шатрашанского месторождения выявили, что цеолиты в породе представлены чрезвычайно высокодисперсными образованиями (рис. 8). Такая структура имеет высокую удельную поверхность, что и объясняет высокую реакционную способность клиноптилолита.

Образцы керамики из глины Сахаровского месторождения, мо-

дифицированной цеолитсодержащей породой, после энергосберегающего обжига при 900°C формируют структуру с высоким содержанием силикатов кальция (рис. 9).

Образцы сочетают хорошие прочностные и теплотехнические характеристики. С повышением температуры обжига прочность образцов возрастает, а водопоглощение снижается (табл. 6).

Можно считать перспективной композицию из глин Салмановского и Сахаровского месторождений. После обжига при 1000°C образцы сочетают высокие прочностные и теплотехнические характеристики. Их структура отличается разнообразием, в зависимости от соотношения атомов кальция и кремния (рис. 10).

Результаты представленной работы использованы в действующем производстве строительной керамики. В настоящее время на заводе ОАО «Алексеевская керамика» из композиции глин Салмановского, Алексеевского и Сахаровского месторождений произ-

водится качественный лицевой кирпич цвета «слоновая кость». Фазовый состав керамического камня, %: кварца 31, волластонита 20, альбита 16, ангидрита 2, магнетита 2, аморфной фазы 29.

В структуре кирпича «слоновая кость» отмечается (рис. 11) равномерное распределение пор микрометрового и нанометрового размера, что позволяет продукции сочетать высокие прочностные и теплотехнические характеристики.

Синтезированные в процессе обжига кристаллические новообразования достаточно плотно прилегают друг к другу, обеспечивая высокие прочностные характеристики (рис. 12).

При комбинировании различных глин и кремнистых пород, а также модификации техногенными добавками при соответствующих режимах обжига, открывается возможность получения керамики с заранее заданным фазовым составом, а значит с требуемыми характеристиками.

Список литературы

1. Мерер Х. Диффузия в твердых телах / Пер. с англ.: Научное издание. Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2011. 536 с.
2. Третьяков Ю.Д., Путляев В.И. Введение в химию твердофазных материалов. М.: Издательство Московского университета «Наука», 2006. 400 с.
3. Кингери У.Д. Введение в керамику. М.: Стройиздат, 1967. 237 с.
4. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Фазовый состав керамического кирпича Астраханского кремля // *Стекло и керамика*. 2014. № 3. С. 33–36.
5. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Фазовый состав керамических изделий на основе отходов горючих сланцев, углеобогащения, нефтедобычи и золошлаковых материалов // *Известия Самарского научного центра РАН*. 2013. Т. 15. № 4. С. 82–95.
6. Петелин А.Д., Сапрыкин В.И., Клевакин В.А., Клевакина Е.В. Особенности применения глин Нижнеуфимского месторождения в производстве керамического кирпича // *Строительные материалы*. 2015. № 4. С. 28–30.
7. Сайфуллин Р.С., Сайфуллин А.Р. Современная химико-физическая энциклопедия — лексикон. Казань: Издательство «Фэн» АН РТ, 2010. 696 с.
8. Бакунов В.С., Беляков А.В., Лукин Е.С., Шаяхметов У.С. Оксидная керамика и огнеупоры. Спекание и ползучесть. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2007. 584 с.
9. Андрианов Н.Т., Балкевич В.Л., Беляков А.В., Власов А.С., Гузман И.Я., Лукин Е.С., Мосин Ю.М., Скидан Б.С. Химическая технология керамики. М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2011. 496 с.
10. Ярославцев А.Б. Химия твердого тела. М.: Научный мир, 2009. 328 с.
11. Emiliani G.P., Corbata F. Tecnologia ceramica. Le materie prime. Faenza Editrice. 2001. 198 p.
12. Горбачев Б.Ф., Красникова Е.В. Состояние и возможные пути развития сырьевой базы каолинов, огнеупорных и тугоплавких глин в Российской Федерации // *Строительные материалы*. 2015. № 4. С. 6–17.
13. Biffi G. Book for the production of ceramic tiles. Faenza Editoriale, 2003. 376 p.
14. Горшков В.С., Савельев В.Г., Абакумов А.Б. Вяжущие, керамика и стеклокристаллические материалы: структура и свойства. М.: Стройиздат, 1994. 564 с.
15. Сид Дж. В., Этвуд Дж. Л. Супрамолекулярная химия / Пер. с англ. В 2 т. / Джонатан В. Сид., Джерри Л. Этвуд. М.: ИКЦ «Академкнига». Т. 1. 2007. 480 с.

References

1. Merer Kh. Diffuziya v tverdykh telakh [Diffusion in Solids. Translation from English: Scientific publication]. Dolgoprudny: «Intellect». 2011. 536 p.
2. Tret'yakov Yu.D., Putlyayev V.I. Vvedenie v khimiyu tverdo-faznykh materialov [Introduction to the chemistry of solid-phase materials]. Moscow: «Nauka». 2006. 400 p.
3. Kingeri U.D. Vvedenie v keramiku [Introduction into ceramics]. Moscow: Stroiizdat. 1967. 237 p.
4. Abdrakhimov V. Z., Abdrakhimova E. S. Phase composition of Astrakhan kreml ceramic bricks. *Steklo i keramika*. 2013. No. 3, pp. 33–36. (In Russian).
5. Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova E.S. Phase composition of ceramics on the basis of waste oil shale, coal washing, oil and ash and slag. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*. 2013. Vol. 15. No. 4, pp. 82–95. (In Russian).
6. Petelin A.D., Saprykin V.I., Klevakin V.A., Klevakina E.V. Features of the use of Nizhneufimsky deposit clays in production of ceramic brick. *Stroitelnye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 4, pp. 28–30. (In Russian).
7. Saifullin R.S., Saifullin A.R. Sovremennaya khimiko-fizicheskaya entsiklopediya — leksikon [Modern chemical and physical encyclopedia — lexicon]. Kazan': «Fen» AN RT. 2010. 696 p.
8. Bakunov V.S., Belyakov A.V., Lukin E.S., Shayakhmetov U.S. Oksidnaya keramika i ogneupory. Spekanie i polzuchest' [Oxide ceramics and refractories. Sintering and creep]. Moscow: MUCTR named after D.I. Mendeleev. 2007. 584 p.
9. Andrianov N.T., Balkevich V.L., Belyakov A.V., Vlasov A.S., Guzman I.Ya., Lukin E.S., Mosin Yu.M., Skidan B.S. Khimicheskaya tekhnologiya keramiki [Chemical engineering ceramics]. Moscow: ООО RIF «Stroimaterialy». 2011. 496 p.
10. Yaroslavtsev A.B. Khimiya tverdogo tela [Solid State Chemistry]. Moscow: Nauchnyi mir. 2009. 328 p.
11. Emiliani G.P., Corbata F. Tecnologia ceramica. Le materie prime. Faenza Editrice. 2001. 198 p.
12. Gorbachev B.F., Krasnikova E.V. State and possible ways of development of raw material base of kaolins, refractory and high-melting clays in the Russian Federation. *Stroitelnye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 4, pp. 6–17. (In Russian).
13. Biffi G. Book for the production of ceramic tiles. Faenza Editoriale, 2003. 376 p.
14. Gorshkov V.S., Savel'ev V.G., Abakumov A.B. Vyazhushchie, keramika i steklokristallicheskie materialy: struktura i svoystva [Cementing, ceramics, and glass-crystalline materials: structure and properties.]. Moscow: Stroiizdat. 1994. 564 p.
15. Sid Dzh. V., Etvud Dzh. L. Supramolekulyarnaya khimiya [Supramolecular chemistry. Trans. from English. In 2 Vol.]. Moscow: «Akademkniga», Vol. 1. 2007. 480 p.

Two shows - One date

India's
only B2B exhibition
for ceramics industry

INDIAN ceramics 2016

11th Annual Ceramic Materials, Machinery,
Supplies & Technology Show



Organised by



Messe München
International



UNIFAIR
EXHIBITION SERVICE



March 2 - 4, 2016

Gujarat University Exhibition Centre, Ahmedabad, India



Concurrent Shows



Powered by



Ceramitec

Official Media Partner

**as-an
ceramics**

www.ceramicsasia.net

www.indian-ceramics.com

Количественная оценка цвета керамических лицевых изделий

Рассматривается количественная оценка цвета керамических лицевых изделий с использованием спектрофотометра. Показано, что применение спектрофотометра позволяет сравнивать эффективность различных пигментов, определять отклонение от эталонов, сравнивать показатели блеска, определять теплоту цвета, влияние содержания пигмента на цвет керамического камня и др. Количественная оценка цвета использована при разработке проекта «Русский марганец», который относится к импортозамещающим технологиям и будет экономически выгоден для отечественных кирпичных заводов.

Ключевые слова: лицевой кирпич, объемное окрашивание, цвет, спектрофотометр, пигмент, «Русский марганец».

V.A. EZERSKIY, Candidate of Science (Engineering) (niikeram@mail.ru)

NIKERAM, OOO (Gzhel ceramic plant, Gzhel, Moscow Region, 140165, Russian Federation)

Quantitative Assessment of Color of Ceramic Facing Products

Quantitative assessment of the color of ceramic facing products with the use of the spectrophotometer is considered. It is shown that the use of the spectrophotometer makes it possible to compare the efficiency of various pigments, determine the deviation from etalons, compare the gloss numbers, determine the color temperature, influence of a pigment content on the color of ceramic stone etc. The quantitative assessment of the color was used in the course of developing the «Russian Manganese» project which refers to import substitution technologies and will be economically profitable for domestic brick factories.

Keywords: facing brick, volumetric coloring, color, spectrophotometer, pigment, «Russian Manganese».

За последние годы цветовая гамма керамических стеновых изделий значительно расширилась, от светлых тонов до почти черных. Увеличивается и число предприятий, выпускающих керамический кирпич различных цветовых оттенков. Когда в 1980–1990-х гг. И.А. Альперович [1–4 и др.] развивал тему объемного окрашивания лицевого кирпича, среди заводов были лишь единицы, кто использовал его разработки.

Повышенный интерес к выпуску кирпича различного цвета [5] вызывает необходимость его оценки как одного из критериев качества. А именно сравнение полученного цвета с эталоном, определение разнотонности в одной партии, оценка цвета при разработке новых вариантов и т. д.

При покупке кирпича потребителю зачастую сложно ориентироваться в выборе кирпича определенного цвета. Например, все варианты на рис. 1 обозначены изготовителем кирпича – красный.

На визуальное восприятие цвета влияет различная цветовая чувствительность людей (настроение, возраст и т. д.), такие меняющиеся условия окружающей среды, как освещение и цвет. Во многих отраслях промышленности успешно используется количественное определение цвета, не зависящее от этих факторов [6].

Восприятие цвета определяется взаимодействием трех элементов: источник света, наблюдатель и объект.

С изменением источника света изменяется и цвет. По этой причине следует согласовать и использовать стандартные источники света. Необходимым требованием для источника света, который используется для оценки цвета,

является непрерывное испускание энергии во всем видимом спектре (от 400 до 700 нм). На практике наиболее значение имеют следующие источники света: дневной свет, свет лампы накаливания и флуоресцентный свет. Так как лицевые керамические изделия рассматриваются преимущественно при дневном свете, в качестве основного источника света был выбран данный показатель.

Международной комиссией по освещению (МКО) на основе тестирования были определены стандарты для наблюдателя под углом 2 и 10°, которые представляют малое и большое поле зрения соответственно. При рассмотрении образца глаза сосредоточены на большой площади, что наилучшим образом соотносится с наблюдателем 10°.

В качестве объекта выступает цветной образец, для которого необходимо измерить его оптические свойства. Современные приборы контроля и измерения цвета измеряют количество света, отраженного образцом. Такое количество света измеряется с каждой длиной волны и называется спектральными данными.

Чтобы выбрать прибор для количественной оценки цвета, необходимо определиться, какую использовать цветовую модель. Изучение литературы [6–9] и сравнение преимуществ и недостатков различных цветовых моделей Lab, CMYK, RGB, HSB, HLS, XYZ позволили выбрать модель Lab как наиболее подходящую для решения поставленных задач. Эта модель рекомендована МКО и в настоящее время широко используется в различных отраслях. Lab называют также аппаратно-независимой моделью. Цветовой охват Lab соответствует всем видимым человеком цветам в диапазоне 400–700 нм.

Модель представляет собой плоскость, на которой две оси a^* и b^* расположены под прямыми углами и представляют величину насыщенности или цвет. Третья ось – это светлота L^* . Она перпендикулярна плоскости a^*b^* (рис. 2).

По оси a^* цвет изменяется от зеленого до красного, по оси b^* – от синего до желтого. Соответственно по оси L^* светлота изменяется от 0 (черный) до 100 (белый). Таким образом, любой цвет можно представить в координатах L^* , a^* , b^* .

В технологии часто требуется определить не абсолютные значения координат L^* , a^* , b^* , а отклонения от эталона и сравнивать партию продукции с данным

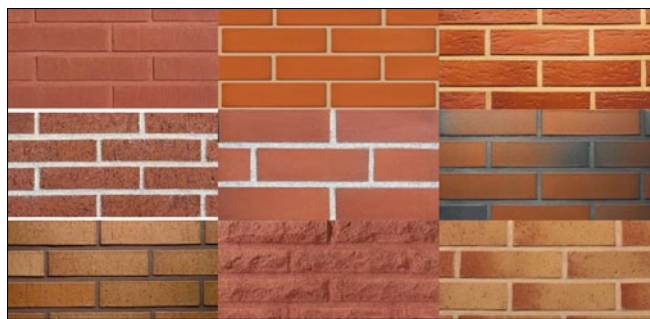


Рис. 1. «Красный» кирпич

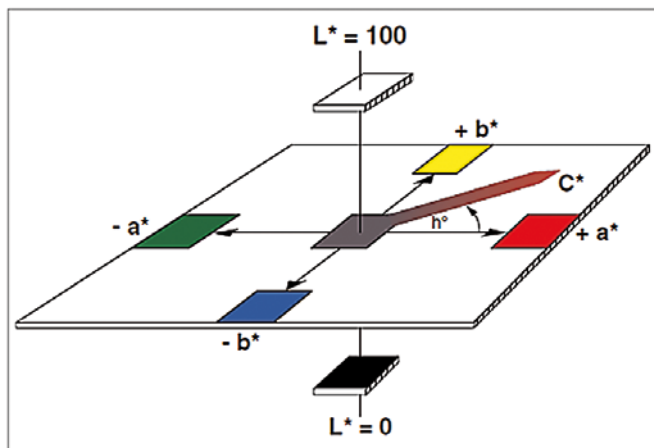


Рис. 2. Схема цветовой модели Lab

эталон. Как правило, для описания цветового отклонения используется общее изменение цвета, ΔE^* :

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}.$$

Однако одинаковое значение ΔE^* может быть получено для двух образцов, которые при этом выглядят совершенно по-разному. На это может влиять блеск, структура поверхности и др. Поэтому чтобы определить фактическое изменение цвета, необходимо использовать отдельные отклонения по каждому колориметрическому компоненту ΔL^* , Δa^* , Δb^* . Расчет и интерпретация отклонений выполняются следующим образом: Δ – образец – эталон. Потребитель и поставщик (производитель) должны согласовать приемлемую величину цветовых отклонений. Данные допуски зависят как от потребностей, так и от технических возможностей.

На общее восприятие внешнего вида продукции кроме цвета влияет также блеск. Глаз визуальнo воспринимает образец с высоким уровнем блеска как более темный по сравнению с образцом такого же цвета, но с матовой или структурированной поверхностью. Для получения единообразного внешнего вида необходимо контролировать оба параметра. При проведении измерений керамических образцов было установлено, что при увеличении температуры обжига для большинства образцов показатель блеска возрастает. Это связано с увеличением количества стеклофазы и может быть использовано для оперативного контроля степени спекания керамического камня.

После определения источника света, наблюдателя, объекта и выбора цветовой модели необходимо выбрать соответствующий прибор – спектрофотометр.

По нашему мнению, спектрофотометр должен удовлетворять следующим требованиям:

- измерять параметры цвета в координатах L^* , a^* , b^* ;
- вычислять отклонение цвета от эталона;
- определять показатель блеска;
- обладать достаточной емкостью для хранения результатов измерений;
- использовать геометрию 45/0, имитирующую нормальные условия, используемые для оценки света;
- иметь достаточную апертуру – не менее 10 мм (например, при апертуре 4,5 мм будет наблюдаться значительная погрешность, если в составе шихты присутствует отощитель с размерами зерен 2 мм, цвет которого отличен от цвета керамического камня);
- быть переносным и компактным;
- использовать образцы без предварительной подготовки и любого размера не менее величины апертуры;



Рис. 3. Спектрофотометр spectro-guide

– иметь программное обеспечение для документирования результатов измерений и передачи их из спектрофотометра в компьютер;

– быть простым в работе и обслуживании.

После анализа параметров нескольких десятков приборов был выбран спектрофотометр spectro-guide компании BYK-Gardner (рис. 3).

Спектрофотометр spectro-guide удовлетворяет всем перечисленным требованиям. Позволяет одновременно измерять цвет и блеск, рассчитывает отклонение от эталона. Благодаря интуитивно понятному ниспадающему меню и управлению с помощью четырех кнопок для перемещения курсора его освоение не представляет сложности. В нем имеется программное обеспечение BYKWARE easy-link для профессионального документирования и удобной передачи данных из спектрофотометра в компьютер не только в цифровом виде, но и в виде графиков (рис. 5).

Например, на график (рис. 5) нанесены результаты измерений четырех образцов в координатах $a^* - b^*$ и в координате L^* . На аналогичный график также можно нанести величины отклонения ΔL^* , Δa^* , Δb^* .

Образец № 1 при значении L^* свыше 80 имеет соломный цвет, цвет образца № 2 ближе к терракотовому при значении L^* не более 60. Образцы № 3 и № 4 имеют темный цвет, причем образец № 4 воспринимается как более холодный, чем цвет образца № 3.

Прибор имеет апертуру цвета 11 мм, апертуру блеска 5×10 мм, разрешение 10 нм и весит 500 г. Определение параметров производится простым нажатием кнопки и

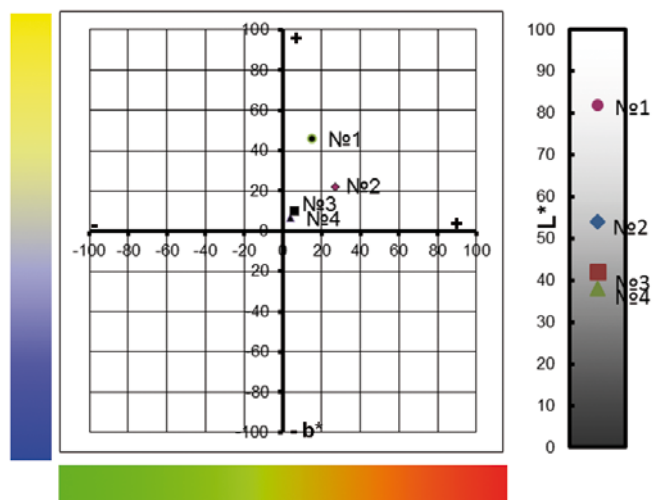


Рис. 4. Визуализация измерений цвета спектрофотометром spectro-guide

Таблица 1

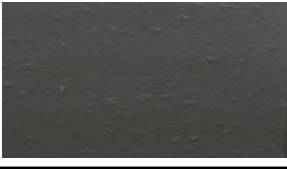
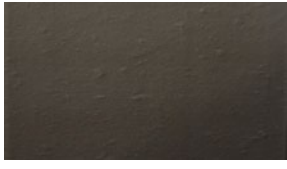
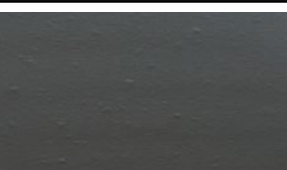
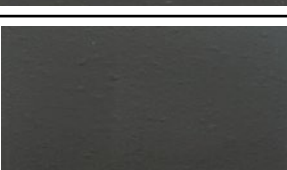
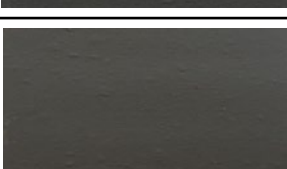
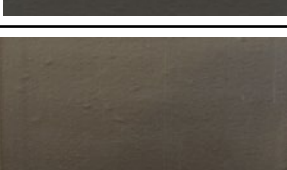
Sample CIELab	Comment	Фото образцов	Color scale (координаты цвета)			Index (отклонение)	Gloss (блеск)
			L*	a*	b*		
STDARD_002 (SAMPLE_070)	Без пигмента		48,35	19,15	21,54	Принят стандартным	1,8
Содержание пигмента 6%							
SAMPLE_013	Пигмент французский		38,02	3,8	6,57	23,8	1,72
SAMPLE_007	Пигмент голландский		39,19	3,95	6,70	23,13	1,44
SAMPLE_010	Пигмент грузинский		40,67	5,9	9,97	19,19	1,69
SAMPLE_034	«Русский марганец»		43,03	10,24	13,5	13,13	1,7
Содержание пигмента 9%							
SAMPLE_022	Пигмент французский		38	3,24	5,41	24,91	1,65
SAMPLE_028	Пигмент голландский		38,87	3,08	5,67	24,49	1,62
SAMPLE_025	Пигмент грузинский		39,22	4,72	8,25	21,64	1,6
SAMPLE_067	«Русский марганец»		44,77	4,69	8,49	19,8	1,86

Таблица 2

Sample CIELab	Comment	Index ΔE^*
Содержание пигмента 6%		
SAMPLE_013	Пигмент французский	Принят стандартным
SAMPLE_007	Пигмент голландский	1,19
SAMPLE_010	Пигмент грузинский	4,8
SAMPLE_034	«Русский марганец»	10,71
Содержание пигмента 9%		
SAMPLE_022	Пигмент французский	Принят стандартным
SAMPLE_028	Пигмент голландский	1,43
SAMPLE_025	Пигмент грузинский	2,26
SAMPLE_067	«Русский марганец»	7,07

занимает несколько секунд. В памяти можно хранить данные по 1500 эталонам и 999 образцам.

Метамерия – свойство зрения, при котором свет различного спектрального состава может вызывать ощущение одинакового цвета [10]. В более узком смысле метамерией называют явление, когда два окрашенных образца воспринимаются одинаково окрашенными под одним источником освещения, но теряют сходство при других условиях освещения (с другими спектральными характеристиками излучаемого света). Для контроля метамерии в данном приборе цветовые отклонения отображаются одновременно для трех источников света.

Прибором также определяется спектральная характеристика цвета образца с шагом 10 нм, и программой easy-link строится спектральная кривая определяемого цвета.

Имеется также полезная функция автоматического расчета допусков, позволяющая установить допуски для контроля Pass/Fail. Для этого необходимо измерить как минимум 20 пробных образцов продукции, прошедших визуальную приемку, передать показания в приложение easy-link, и расчет допусков будет выполнен автоматически.

В настоящее время НИИКЕРАМ выполняет работу по проекту «Русский марганец». Применение спектрофотометра srestgo-guide позволяет сравнивать эффективность различных пигментов, определять отклонение от эталонов, сравнивать показатели блеска, определять теплоту цвета, влияние содержания пигмента на цвет керамического камня.

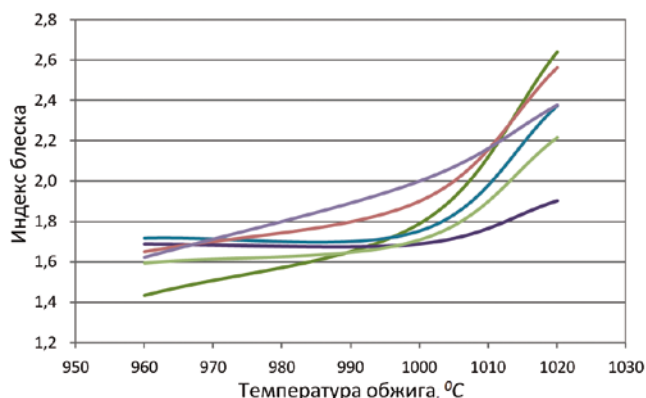


Рис. 6. Зависимость показателя блеска от температуры обжига для образцов без высокого содержания солей

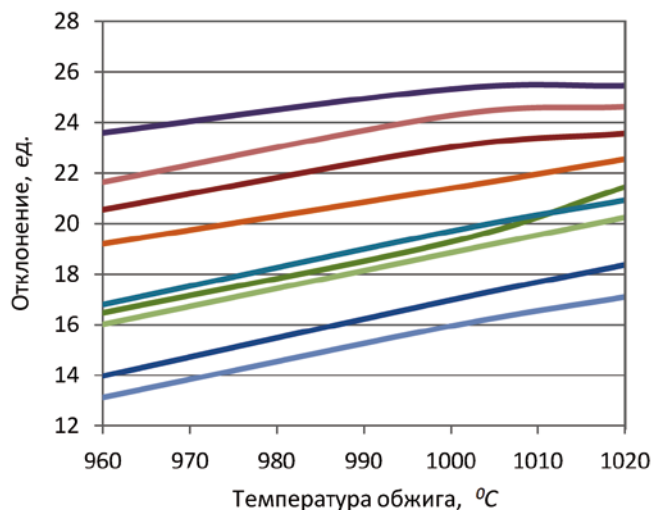


Рис. 5. Зависимость цвета от температуры обжига

В качестве основного сырья выбрана глина Гжельского кирпичного завода, в качестве окрашивающих добавок – голландский, французский, грузинский пигменты и «Русский марганец».

Сырье для пигмента «Русский марганец» добывается в Башкирии. Отличием является низкое содержание в нем оксида марганца 30–40 %, остальное – кварц, глинистое вещество, полевые шпаты. При таком малом содержании оксида марганца по сравнению с импортными пигментами, возможно, потребуется добавление его в большем количестве в 2,5–3 раза. Результаты определения параметров цвета керамических образцов представлены в табл. 1.

За стандарт принят образец, изготовленный из гжельской глины без добавки пигментов. Отклонение (Index) в данном случае характеризует эффективность пигмента, т. е. его окрашивающую способность. Чем больше отклонение от стандарта, тем выше эффективность пигмента. Из этих данных видно, что самым эффективным является французский пигмент, затем идет голландский, далее грузинский и на последнем месте «Русский марганец».

Определив наиболее эффективный пигмент (французский), назначаем его стандартным и по отклонению ΔE^* можем сравнить эффективность других пигментов (табл. 2).

Чтобы получить максимально темный цвет, не обязательно увеличивать содержание пигмента в шихте, можно также повысить температуру обжига. Так, параметры цвета (соответственно и цвет) имеют близкие значения для образцов:

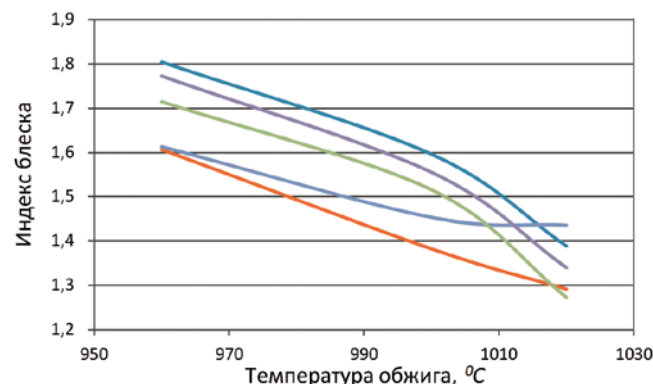


Рис. 7. Зависимость показателя блеска от температуры обжига для образцов, имеющих заметный солевой налет

– добавка французского пигмента 6%, температура обжига 960°C;

– добавка «Русский марганец» 9%, температура обжига 1020°C.

Разность отклонений ΔE^* для этих образцов составила всего 2,5 единицы (рис. 5).

Увеличение отклонения от стандарта с повышением температуры обжига было во всех экспериментах.

Анализ показателя блеска более 100 образцов позволил установить следующие закономерности. С повышением температуры обжига показатель блеска увеличивается (рис. 6), но это справедливо только для образцов без высокого содержания солей и соответственно без налета солей на поверхности.

Повышение показателя блеска наиболее вероятно связано с формированием большего количества стеклофазы с повышением температуры обжига. Необходимо более тщательно проработать данный вопрос и, возможно, использовать показатель блеска для определения степени спекания керамического камня.

В случае, когда на образцах имеется заметный солевой налет, с повышением температуры обжига показатель блеска уменьшается (рис. 7). Причина этого заключается в том, что кристаллы солей рассеивают свет и создают эффект матовой поверхности.

Применение спектрофотометра с целью подбора составов шихты для получения различных цветов кирпича является эффективным инструментом и повышает результативность работы.

В условиях Гжельского кирпичного завода выпущена опытная партия с использованием окрашивающей добавки «Русский марганец». Фактическое содержание добавки составило 5%, максимальная температура об-



Рис. 8. Образцы опытной партии с использованием окрашивающей добавки «Русский марганец»

жига 960°C (рис. 8). Анализ цвета кирпича показал равномерное окрашивание, разницы тона между верхними и нижними рядами, а также между вагонетками не наблюдалось. В пересчете на чистый оксид марганца добавка «Русский марганец» оказалась на 20–40% эффективнее импортных пигментов.

Проект «Русский марганец» относится к импортозамещающим технологиям и будет экономически выгоден для отечественных кирпичных заводов.

Список литературы

1. Альперович И.А., Варламов В.П., Лебедева Е.П. Получение лицевого глиняного кирпича методом объемного окрашивания массы марганцевой рудой // *Сб. тр. ВНИИСтрома*. 1975. Вып. 33(61). С. 31–38.
2. Альперович И.А. Производство лицевого глиняного кирпича. М.: ВНИИЭСМ, 1978. 68 с.
3. Альперович И.А., Смирнов А.В. Лицевой керамический кирпич объемного окрашивания в современной архитектуре // *Строительные материалы*. 1990. № 12. С. 4–6.
4. Альперович И.А., Вотьева Г.И., Крюков В.К. Освоение производства лицевого кирпича объемного окрашивания // *Строительные материалы*. 1992. № 4. С. 2–4.
5. Ашмарин А.Г., Мустафин Н.Р., Опарина И.С. Колористические исследования влияния минеральных добавок на цветовую гамму керамических изделий // *Строительные материалы*. 2006. № 2. С. 38–39.
6. Джалд Д., Вышецкий Г. Цвет в науке и технике / Пер. с англ. / Под ред. Артюшина Л.Ф. М: Мир, 1978. 592 с.
7. Щепина Н.С. Основы светотехники. М.: Энергоатомиздат, 1985. 344 с.
8. Масленникова Г.Н., Пищ И.В. Керамические пигменты. М.: РИФ «Стройматериалы», 2009. 224 с.
9. Седельникова М.Б., Погребенков В.М. Керамические пигменты на основе природного и техногенного минерального сырья. Томск: Томский политехнический университет, 2014. 262 с.
10. Цвет в промышленности / Под ред. Р. Мак-Дональда / Пер. с англ. И.В. Пеновой, П.П. Новосельцева / Под ред. Ф.Ю. Телегина. М.: Логос, 2002. 596 с.

References

1. Al'perovitch I.A., Varlamov V.P., Lebedeva E.P. Receiving a front clay brick by method of volume coloring of weight manganese ore. *Sbornik trudov VNIISTROM*. 1975. Vol. 33 (61), pp. 31–38. (In Russian).
2. Al'perovich I.A. Proizvodstvo licevogo glinjanogo kirpicha [Production of a front clay brick]. Moscow: VNIIESM. 1978. 68 p.
3. Al'perovitch I.A., Smirnov A.V. Facing ceramic brick of bulk coloring in modern architecture. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 1990. No. 12, pp. 4–6. (In Russian).
4. Al'perovitch I.A., Vot'eva G.I., Krjukov V.K. Development of production of a front brick of volume coloring. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 1992. No. 4. pp. 2–4. (In Russian).
5. Ashmarin A.G., Mustafin N.R., Oparina I.S. Coloristic researches of influence of mineral additives on color scale of pottery. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2006. No. 2, pp. 38–39. (In Russian).
6. Dzhadd D., Vysheckij G. Tzvet v nauke i tehnike [Color in science and equipment]. Moscow: Mir. 1978. 592 p.
7. Shhepina N.S. Osnovy svetotekhniki [Lighting engineering bases]. Moscow: Jenergoatomizdat. 1985. 344 p.
8. Maslennikova G.N., Pishh I.V. Keramicheskie pigment [Ceramic pigments]. Moscow: RIF «Strojmaterialy». 2009. 224 p.
9. Sedel'nikova M.B., Pogrebenkov V.M. Keramicheskie pigmenty na osnove prirodnogo i tehnogenno mineral'nogo syr'ja [Ceramic pigments on the basis of natural and technogenic mineral raw materials]. Tomsk: Tomskij politehnicheskij universitet, 2014. 262 p.
10. Tzvet v promyshlennosti [Color in the industry]. Moscow: Logos. 2002. 596 p.

В.С. ЛЕСОВИК, д-р техн. наук, А.А. ГРИДЧИНА, инженер (alla-gridchina@yandex.ru)

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46)

Монолитные бетоны на основе расширяющих добавок и химических модификаторов

Приведена информация об основных преимуществах технологии монолитного строительства. Рассмотрены вопросы повышения качественных и технологических показателей товарных бетонов, в том числе долговечность и трещиностойкость. С использованием расширяющей добавки и комплекса химических добавок разработаны составы цементных композитов с водонепроницаемостью W16 и морозостойкостью F300. Приведены результаты испытаний составов бетонных смесей на сохраняемость подвижности во времени и изменение воздухововлечения при перемешивании в автобетоносмесителях. Показано, что расширяющие добавки в цементных композитах создают плотную структуру, способствуют снижению проницаемости, в том числе и диффузионной, что препятствует развитию коррозии бетона и стальной арматуры.

Ключевые слова: монолитное строительство, безусадочный бетон, расширяющая добавка, трещиностойкость бетона, водонепроницаемость.

V.S. LESOVIK, Doctor of Sciences (Engineering), A.A. GRIDCHINA, Engineer (alla-gridchina@yandex.ru)

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (46, Kostyukov Street, Belgorod, 308012, Russian Federation)

Monolithic Concretes on the Basis of Expanding Agents and Chemical Modifiers

The information on basic advantages of the monolithic construction technology is presented. Issues of improving qualitative and technological characteristics of ready-mixed concretes including durability and crack resistance are considered. Compositions of concrete composites with water tightness W16 and frost-resistance F300 have been developed with the use of expanding agents and complex of chemical additives. The results of tests of compositions of concrete mixes for slump retention vs. time and changing the air entrainment when agitating in the truck-mounted mixer are presented. It is shown that expanding agents in cement composites create the dense structure, reduce the permeability including diffusion, which prevents the corrosion of concrete and steel reinforcement.

Keywords: monolithic construction, non-shrink concrete, expanding agent, crack resistance of concrete, water tightness.

Согласно данным Федеральной службы государственной статистики общая площадь введенных в эксплуатацию зданий с 2000 по 2014 г. возросла почти в два раза. В рамках быстрых темпов строительства на первый план выходят вопросы разработки новейших технологий и материалов, обладающих высокими эксплуатационными характеристиками, позволяющими адаптироваться в условиях техногенного метасоматоза [1–3]. Перед разработчиками и производителями строительных материалов стоят задачи создания экономически эффективных высококачественных инновационных продуктов.

Монолитное строительство по праву занимает ведущее место в строительстве высотных зданий, мостов, аэродромов, метрополитена. Применение монолитного бетона позволит конструировать быстровозводимые большепролетные конструкции различных архитектурных форм [4, 5]. Соответственно качественным показателям, такому бетону предъявляют все больше требований. Кроме прочностных характеристик для монолитных бетонов важны специальные свойства, такие как регулируемая сохраняемость реологических показателей во времени, безусадочность, трещиностойкость, водонепроницаемость и, конечно, долговечность. По данным [6], на ремонт и обслуживание бетонных конструкций ежегодно затрачивается более 250 млрд евро.

Долговечность бетона определяется рядом свойств, таких как трещиностойкость, коррозионная стойкость, морозостойкость, водонепроницаемость и др. При проектировании цементных композитов с повышенной водонепроницаемостью и морозостойкостью одним из основных факторов является оценка условий эксплуатации конструкции: статические и динамические нагрузки, воздействие агрессивных сред, обводнение и выщелачивание, замораживание и оттаивание. В немецком стандарте DIN 1045 долговечность бетона определяется классами экспозиции, а в европейском стандарте EN 206-1 для каждого класса среды эксплуатации требования по обеспечению долговечности бетона

должны включать: минимальное содержание цемента в составе композита, минимальное воздухововлечение бетонной смеси, вид и класс применяемого цемента, максимальное водоцементное отношение и пр. В российских строительных нормативных документах (ГОСТ 27751, СНиП 35.13330.2011 и пр.) также установлены классы среды эксплуатации, требования к цементам и заполнителям для бетонов различного назначения, основные характеристики качественных показателей бетонных смесей и бетонов, технологические и конструкционные требования при возведении бетонных конструкций различного назначения.

Основными причинами разрушения бетонных и железобетонных конструкций являются: несоответствие качественных показателей материала условиям эксплуатации, несоблюдение конструктивных требований при монтаже, некорректный подбор состава бетонных смесей, несоответствие физико-механических показателей бетонов проектным требованиям и др. Срок службы композита определяется параметрами техногенного метасоматоза и зависит от проницаемости по отношению к газам и воде, а также к растворенным в воде агрессивным реагентам [1].

Разработка методов повышения стойкости бетонов к проникновению влаги проводилась еще в 1940–1950-х гг. [7, 8]. Известными способами снижения проницаемости являются: введение специальных минеральных и химических добавок, снижающих водопотребность бетонной смеси; оптимальный подбор соотношения крупного и мелкого заполнителей для создания более плотной упаковки; создание в теле бетона регулируемого объема воздушных замкнутых микропор определенного размера. Помимо внешних воздействий бетон испытывает нагрузки от внутренних напряжений, особенно на ранних сроках набора прочности. Усадочные напряжения и собственные деформации являются причинами образования микротрещин в теле свежесделанного бетона. Проблемам возникнове-

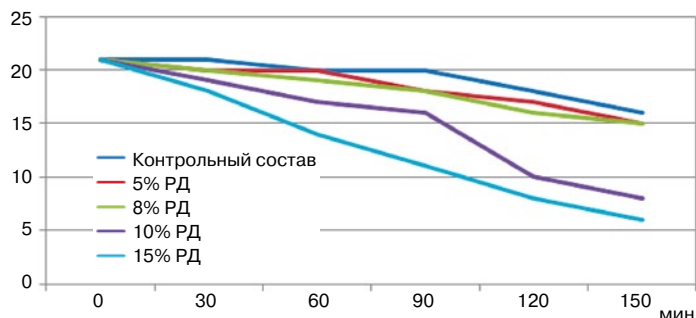


Рис. 1. Изменение подвижности (см) бетонных смесей проектируемых составов во времени

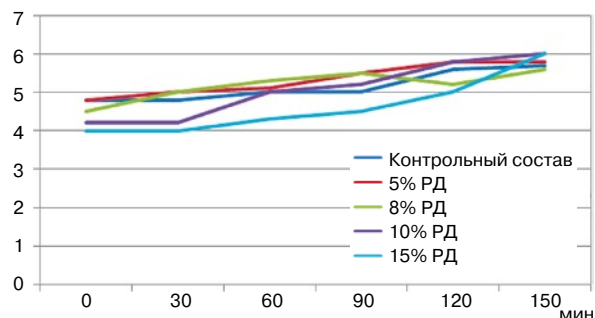


Рис. 2. Изменение воздухоудерживающей способности (%) бетонных смесей проектируемых составов во времени

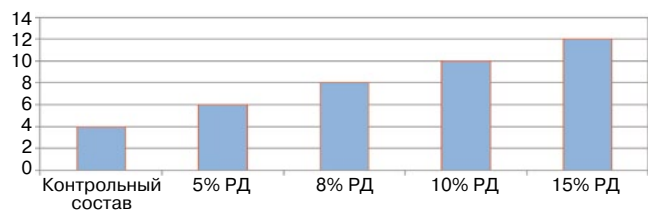


Рис. 3. Водонепроницаемость проектируемых составов бетонов в возрасте 7 сут

ния усадочных деформаций, внутренних напряжений и, как следствие, образованию микротрещин цементного камня посвящены работы многих отечественных и зарубежных авторов [9–13].

Апробация теоретических результатов осуществлялась на кафедре строительного материаловедения, изделий и конструкций БГТУ им. В.Г. Шухова и в лаборатории ООО «СтройБетон». Основная цель проведенной работы – проектирование состава цементного композита высокой водонепроницаемости и морозостойкости для применения в технологии монолитного строительства. Бетонные образцы изготавливались на основе портландцемента класса ЦЕМ I 42,5Н ООО «Тулацемент», стандартных заполнителей, расширяющей добавки и комплекса химических добавок Sika. Эксперимент проводили в два этапа. На первом этапе были разработаны и выбраны оптимальные составы бетонов: цемент–заполнители–вода–пластифицирующая добавка–воздухововлекающая добавка. На

втором этапе в состав с наиболее высокими прочностными показателями и морозостойкостью ($F_2=300$) вводили расширяющую добавку (РД) в различных дозировках – 5, 8, 10 и 15% от массы цемента.

Так как товарная бетонная смесь должна сохранять свойства с момента ее приготовления до момента укладки на строительной площадке, особое внимание уделялось изменению реологических свойств во времени при постоянном перемешивании в автобетоносмесителе. Подвижность, воздухововлечение, расслоение, водоотделение измерялись каждые 30 мин в течение 2,5 ч при одинаковой температуре и влажности окружающей среды, причем для получения наиболее точных результатов объем каждого экспериментального замеса составлял $2,5 \text{ м}^3$, а приготовление составов осуществлялось непосредственно на автоматизированной производственной линии Shtetter. Полученные показатели по изменению подвижности и воздухоудерживающей способности бетонных смесей представлены на графиках (рис. 1, 2).

Как видно, увеличение дозировки расширяющей добавки сокращает жизнеспособность бетонной смеси, но не оказывает влияния на ее воздухоудерживающую способность. Некоторое увеличение объемной доли воздуха в течение времени можно объяснить вовлечением его в бетонную смесь при постоянном перемешивании.

В составах с расширяющими добавками показатели марки по водонепроницаемости были высокими уже на ранних сроках твердения (рис. 3), а к 28 сут минимальная марка по водонепроницаемости (РД 5%) составила

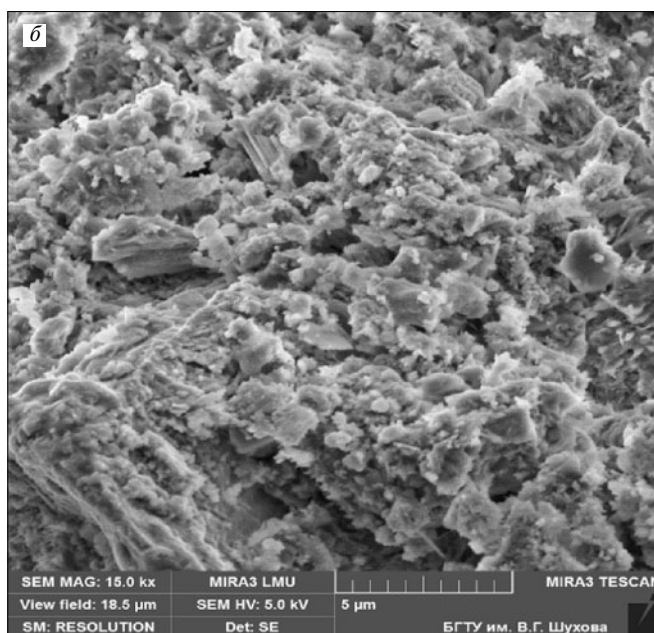
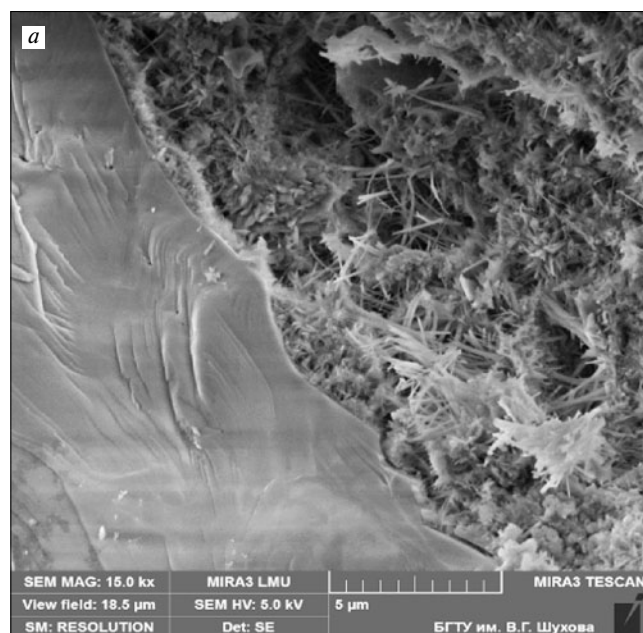


Рис. 4. Структура цементного композита: а – без добавки; б – цементный композит с расширяющей добавкой (РД) 8%

W16. При этом было выявлено, что с увеличением дозировки расширяющей добавки от 10% и выше происходит некоторое снижение прочностных характеристик. Марка по морозостойкости составов с содержанием расширяющей добавки более 10% ниже: $F_2 = 200$ для состава РД 10%, $F_2 = 150$ для состава РД 15%. Однако при содержании РД 8% марка по морозостойкости составила $F_2 = 250$, а при содержании РД 5% – $F_2 = 300$.

Гидратированная часть цементного камня состоит из субмикроструктурной гидросиликатной массы, пронизанной кристаллами гидросульфата алюмината кальция, гидроксида кальция и гидроалюмината кальция. Гидросиликатная масса обеспечивает прочность, непроницаемость и долговечность цементного камня. Расширяющие добавки в цементных композициях создают плотную структуру (рис. 4), понижающую проницаемость, в том числе и диффузионную, что

Список литературы

1. Лесовик В.С. Техногенный метасоматоз в строительном материаловедении. *Международный сборник научных трудов. Строительные материалы*. Новосибирск. 2015. С. 26–30.
2. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении: Монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 206 с.
3. Лесовик В.С. Интеллектуальные строительные композиты для 3D-аддитивных технологий. *Научно-практическая конференция к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук, Баженова Юрия Михайловича, «Эффективные строительные композиты»*. Белгород, 2015. 7 с.
4. Адамцевич А.О., Пустовгар А.П. Оптимизация организации производственных процессов монолитного строительства // *Вестник МГСУ*. 2013. № 11. С. 242–248.
5. Абрамян С.Г., Ахмедов А.М., Халилов В.С., Уманцев Д.А. Развитие монолитного строительства и современные опалубочные системы // *Вестник волгоградского государственного архитектурно-строительного университета*. 2014. № 36 (55). С. 231–239.
6. Li V.C., Lepech M. Durability and long-term performance of Engineered Cementations Composites. *Proceedings of International Workshop on HPFRCC in Structural Applications*. Honolulu. Hawaii. USA. 2005. May 23–26.
7. Мощанский Н.А. Плотность и стойкость бетонов. М.: Госстройиздат, 1951. 176 с.
8. Давидсон Н.Г. Водонепроницаемый бетон. Л.: Лениздат. 1965. 96 с.
9. Nassif A.Y., Petrou M.F. Influence of cold weather during casting and curing on the stiffness and strength of concrete // *Construction and Building Materials*. 2013. No. 44, pp. 161–167.
10. G.P.A.G. van Zijl, Wittmann F.H. Durability of strain-hardening fibre-reinforced cement-based composites (SHCC) // *RILEM*. 2011, pp. 9–39.
11. Комохов П.Г., Харитонов А.М. Влияние внутренних и внешних факторов на влажностную усадку цементных систем // *Архитектура и строительство*. 2009. № 2. С. 77–80.
12. Lesovik V.S., Zagorodnuk L.H., Shkarin A.V., Belikov D.A., Kuprina A.A. Creating effective insulation solutions, taking into account the law of affinity structures in construction materials // *World Applied Sciences Journal*. 2013. Vol. 24. No. 11, pp. 1496–1502.
13. Гридчина А.А., Титова Л.А. Перспективы применения бетонов на основе расширяющих добавок в современном монолитном строительстве // *Теоретические и прикладные аспекты современной науки*. 2014. No. 2–1. С. 17–19.

препятствует развитию коррозии бетона и стальной арматуры.

Таким образом, проектирование и применение бетонных смесей с расширяющими добавками и комплексом химических добавок способствует снижению риска деформации конструкций, образования трещин в процессе изготовления бесшовных монолитных конструкций большой протяженности. Введение в составы химических модификаторов способствует оптимизации микроструктуры цементного камня. Как следствие, марка по водонепроницаемости существенно увеличивается даже на ранних сроках твердения, а морозостойкость композита может достигать F400 и выше в солях. Это приводит к сокращению затрат на строительство возводимых и реконструкцию существующих объектов, увеличивает срок службы, повышает эксплуатационные и качественные показатели готовых конструкций.

References

1. Lesovik V.S. Technogenic metasomatism in construction materials science. *International collection of scientific papers. Construction Materials*. Novosibirsk. 2015, pp. 26–30. (In Russian).
2. Lesovik V.S. Geonika (geomimetika). Primery realizatsii v stroitel'nom materialovedenii: monografiya [Geonick-name (Geomimetics) Examples of implementation in building materials]. Belgorod: BG TU. 2014. 206 p.
3. Lesovik V.S. Intelligent building composites for 3D additive technology [electronic resource]. *Scientific-practical conference devoted to the 85th anniversary of the Honored Worker of Science, Academician RAASN, Doctor of Technical Sciences, Yuri Mikhailovich Bazhenov, "Effective construction composites"*. Belgorod. 2015. 7 p. (In Russian).
4. Adamtsevich A.O., Pustovgar A.P. Optimizing the organization of production processes of monolithic construction. *Vestnik MGSU*. 2013. No. 11, pp. 242–248. (In Russian).
5. Abramyan S.G., Akhmedov A.M., Khalilov V.S., Umantsev D.A. The development of monolithic construction and modern formwork systems. *Vestnik volgozgradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2014. No. 36 (55), pp. 231–239. (In Russian).
6. Li V.C., Lepech M. Durability and long-term performance of Engineered Cementations Composites. *Proceedings of International Workshop on HPFRCC in Structural Applications*. Honolulu. Hawaii. USA. 2005. May 23–26.
7. Moshchanskiy N.A. Plotnost' i stoykost' betonov [The density and durability of concrete]. Moscow: Gosstroyizdat. 1951. 176 p.
8. Davidson N.G. Vodonepronitsaemyi beton [Waterproof concrete]. Leningrad: Lenizdat. 1965. 96 p.
9. Nassif A.Y., Petrou M.F. Influence of cold weather during casting and curing on the stiffness and strength of concrete. *Construction and Building Materials*. 2013. No. 44, pp. 161–167.
10. G.P.A.G. van Zijl, F.H. Wittmann. Durability of strain-hardening fibre-reinforced cement-based composites (SHCC). *RILEM*. 2011, pp. 9–39.
11. Komokhov P.G., Kharitonov A.M. The influence of internal and external factors on shrinkage of humid cement systems. *Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2009. No. 2, pp. 77–80. (In Russian).
12. Lesovik V.S., Zagorodnuk L.H., Shkarin A.V., Belikov D.A., Kuprina A.A. Creating effective insulation solutions, taking into account the law of affinity structures in construction materials. *World Applied Sciences Journal*. 2013. Vol. 24. No. 11, pp. 1496–1502.
13. Gridchina A.A., Titova L.A. Prospects for the use of concrete on the basis of expanding additives in modern monolithic construction. *Teoreticheskie i prikladnye aspekty sovremennoi nauki*. 2014. No. 2–1, pp. 17–19. (In Russian).

УДК 691.535

Ю.В. ИСАЕВА, инженер (djuli_ya@mail.ru), Е.Г. ВЕЛИЧКО, д-р техн. наук (pct44@yandex.ru),
А.Ш. КАСУМОВ, инженер

Московский государственный строительный университет (129337, Москва, Ярославское ш., 26)

Оптимизация структуры сверхлегкого цементного раствора с учетом геометрических и физико-механических характеристик компонентов

Приведены результаты разработки облегченных и сверхлегких цементных растворов, обладающих низкой плотностью при достаточной прочности, достигнутых благодаря оптимизации структуры с учетом геометрических и физико-механических характеристик компонентов. В качестве наполнителя предложено использовать полые стеклянные микросферы, а в качестве вяжущего – высокодисперсный цемент. Решена задача достижения максимально плотной упаковки микросфер, т. е. их максимальной объемной доли в объеме раствора за счет уменьшения толщины прослоек цементной матрицы. Определено, что тонкоизмельченный портландцемент можно заменить на новое высокоэффективное минеральное вяжущее «Микродур». В результате оптимизации структуры с учетом геометрических и физико-механических характеристик компонентов и их энергетического состояния получены облегченные и сверхлегкие цементные растворы с высокими строительно-техническими свойствами.

Ключевые слова: цементный раствор, оптимальная структура, плотность, прочность, полые стеклянные микросферы, ультрадисперсное вяжущее вещество.

Yu.V. ISAEVA, Engineer (djuli_ya@mail.ru), E.G. VELICHKO, Doctor of Sciences (Engineering) (pct44@yandex.ru), A.Sh. KASUMOV, Engineer
Moscow State University of Civil Engineering (26 Yaroslavl Avenue, 129337, Moscow, Russian Federation)

Structure Optimization of Ultra-Light Cement Mortar with Due Regard for Geometrical and Physical and Mechanical Characteristics of Components

Results of the development of lightweight and ultra-light slurries having a low density with sufficient strength due to optimizing their structure with due regard for the geometric and physical-mechanical characteristics of components are presented. As a filler in these mortars, it is proposed to use hollow glass microspheres and as a binder – ultrafine cement. Because the hollow glass microspheres are more than 10 times lighter than cement, the increase in their share in the volume solution will reduce its average density. At that, it is necessary that the microspheres are characterized by maximally dense packing and are surrounded by a dense matrix, that is, their volume fraction in the bulk solution would be maximal. It is expected to achieve this fact by reducing the thickness of layers of the cement matrix, which is achieved by more fine dispersing the cement particles, or replacing the Portland cement by a new high efficient mineral binder – «Микродур». As a result of optimization of the structure with due regard for the geometric and physical-mechanical characteristics of components and their energy states, lightweight and ultra-light cement mortars with high construction and technical properties have been obtained.

Keywords: cement mortar, optimal structure, density, strength, hollow glass microspheres; ultrafine binder.

Облегченные и сверхлегкие цементные растворы широко применяются как в промышленном и гражданском (в качестве кладочных), так и в специальном строительстве (в качестве тампонажных). Обладая низкой теплопроводностью, такие растворы имеют низкие прочностные показатели, что является результатом снижения их средней плотности и повышенной водопоглощаемости. Известно, что структура и свойства строительных материалов функционально связаны с их составом. При снижении плотности и прочности материалов эти закономерности проявляются в большей степени, в том числе наиболее значимо в облегченных строительных и тампонажных растворах, получающих все более массовое применение в современном строительстве [1].

Минимальная средняя плотность раствора может быть достигнута путем получения максимальной плотности упаковки частиц тонкодисперсного наполнителя с соответствующим уменьшением объемной доли цементного камня. При разработке составов существующих строительных и тампонажных растворов комплексно не учитываются геометрические и физико-механические характеристики компонентов, что не позволяет максимально снизить среднюю плотность при обеспечении их требуемой прочности.

Решением обозначенной проблемы является разработка оптимальной структуры облегченного цементного раствора с учетом геометрических и физико-механических характеристик компонентов и энергетического их состояния [2–4].

Задачи исследования решались с использованием физико-химической механики, основных законов те-

рии молекулярного отбора, термодинамики, молекулярной физики, а также анализа данных, содержащихся в современных научно-технических источниках, экспериментальных работах, с применением методов математического планирования эксперимента.

Выше было указано, что основным недостатком облегченных цементных растворов являются низкие прочностные показатели как результат снижения плотности. Однако при использовании наполнителей, имеющих низкую среднюю плотность и относительно высокую прочность, можно добиться значимого снижения плотности цементных растворов, обеспечивая при этом их достаточную прочность. Такими материалами являются, например, прочные тонкодисперсные стеклянные частицы в виде микросфер – полые стеклянные микросферы [5].

Полые микросферы производятся в России, США, Японии, Франции и других странах. Они обладают хорошей теплоизолирующей способностью, характеризуются малой плотностью и высокой удельной прочностью при объемном сжатии. В отличие от наполнителей сложной неизометричной формы вокруг частиц микросфер отсутствует неравномерное распределение концентраций напряжений, существенно снижающих их прочность и интегральную прочность раствора в целом.

Свойства полых стеклянных микросфер, произведенных на Андреевском заводе «Стеклопластик», приведены в табл. 1.

При одном и том же наполнителе свойства облегченного цементного камня будут зависеть от свойств це-

Таблица 1

Свойства полых стеклянных микросфер Андреевского завода «Стеклопластик»

Марка	Группа	Плотность, кг/м ³		Прочность, МПа, при объемном сжатии*	Удельная прочность, МПа, при плотности	
		средняя	насыпная		средней	насыпной
МС-В	1	200	120	2	10	16,7
	2	250	150	3	12	20
	3	290	180	4	13,8	22,2
МС-ВП	2	280	160	6	21,4	37,5
МС-ВП-А9х	1л	230	150	4	17,4	26,7
	2	280	180	6	21,4	33,3
	3	280	180	9	32,1	50
	4	290	180	13	44,8	72,2
	5	400	260	19	47,5	73,1

* Прочность при объемном сжатии в автоклаве в воде определялась при 10% разрушении.

Таблица 2

Характеристики дисперсности суспензии «Микродур»

Марка	Количество частиц с диаметром, мм, %						Удельная поверхность, см ² /г
	< 2	< 4	< 6	< 9,5	< 16	< 24	
S	17	34	49	68	90	95	8000
F	19	45	60	80	95	–	12000
U	25	55	78	95	–	–	16000
X	45	80	95	–	–	–	24000

ментной матрицы. Основные свойства цемента, в том числе его активность и скорость твердения, определяются не только химическим и минеральным составом клинкера, формой и размерами кристаллов алита и белита, наличием тех или иных добавок, но и в большей степени тонкостью помола продукта, его дисперсным составом, а также формой частиц порошка.

Каждая фракция частиц цемента оказывает различное влияние на синтез прочности цементного камня в разные сроки его твердения. Так, на показатели активности (прочность в возрасте 28 сут) основное влияние оказывает содержание фракций частиц порошка до 20 мкм; крупные частицы влияют на прочность в более поздние сроки твердения, в том числе за счет их прочных реликтов. Крупные цементные частицы при относительно небольшой дисперсности слабо вовлекаются в реакцию с водой, образуя небольшое количество гидратных фаз, и, наоборот, частицы активного диапазона размеров оказывают основное влияние на интенсивность гидратационных и гидролизных процессов, связанных в первую очередь с образованием аморфных частиц цементного геля, т. е. компонента, вносящего основную вклад в прочность цементного камня.

Диспергирование цемента до размера частиц в несколько сотен нанометров приводит к изменению физико-химических свойств материала, улучшению технологических параметров, повышению капиллярного потенциала и водоудерживающей способности.

Варируя содержание в порошке частиц различных фракций, возможно получать высокомарочные быстротвердеющие цементы, что позволит регулировать прочность бетонных изделий в разные сроки твердения, а также создавать оптимальную структуру цементного камня с прослойками минимальной толщины в облегченных растворах, приготовленных с использованием микросфер [6–8].

С 1995 г. в Германии и относительно недавно в России (ООО «ВЕСТА ИНЖ», ООО «Гидроспецстрой», ОАО ЦНИИС НИЦ «Тоннели и метрополитены») применяется новое высокоэффективное минеральное вяжущее – Mikrodur («Микродур») – продукт воздушной сепарации пыли при помоле клинкерных цементов с марками до 600. «Микродур» отличается высокой степенью дисперсности и относится к особо тонкодисперсным вяжущим (ОТДВ). Выпускаются четыре марки «Микродур» (табл. 2).

При использовании в качестве наполнителя полых стеклянных микросфер и вяжущего различной дисперсности можно получать оптимальную структуру, при которой частицы микросфер будут характеризоваться плотной упаковкой, их доля в объеме будет максимальной, а цементный камень, выполняя роль связующей прослойки, будет скреплять их в прочный материал конгломератного типа строения.

Оптимальной можно считать малодефектную структуру раствора, в которой составляющие (компоненты, фазы, поры и др.) равномерно распределены по объему, имеется непрерывная прослойка вяжущего вещества в виде пространственной матрицы при минимальном водоцементном отношении и прочной связи гидратных фаз с частицами наполнителя. Кроме того, важным признаком оптимальной структуры материала теплоизоляционного типа является наибольшее насыщение упаковки легкими прочными частицами твердой фазы. Очевидно, что получение максимального наполнения структуры тонкодисперсными частицами заполняющего компонента может наблюдаться при минимальной их раздвижке частицами вяжущего вещества. Однако более эффективной дисперсностью вяжущего вещества для облегченных цементных растворов с использованием тонкодисперсного наполнителя будет применение высокодисперсного вяжущего со средним размером ча-

Таблица 3

Свойства облегченного кладочного раствора оптимальной структуры

Состав, мас. %	Средняя плотность камня, кг/м ³	Прочность, МПа, при		Теплопроводность, Вт/(м·°С), при		Удельная прочность, МПа
		изгибе	сжатии	изгибе	сжатии	
МК1-100; ПСМС-36	570	11	26,5	46,45	19,28	0,19
МК2-100; ПСМС-31	611	8,5	26,25	42,98	13,92	0,21
ПЦ-100; ПСМС-4,7	1384	15,25	45,75	33,05	11,02	0,61

стиц, равным или значимо меньшим размера частиц наполнителя.

Учитывая сферическую форму равных по размеру частиц наполнителя, можно предположить, что в объеме материала им может быть присуще геометрически пространственное расположение, от простой кубической (пустотность 48%) до гексагональной (26%) упаковки. Очевидно, что при равной дисперсности частиц наполнителя и вяжущего вещества и простой кубической упаковке частиц наполнителя наиболее вероятно распределение частиц вяжущего вещества с учетом их электрокинетического потенциала в противоположных узлах по диагонали куба. При таком распределении частиц наполнителя и вяжущего вещества в элементарных ячейках содержание цементирующего вещества будет достаточным для создания относительно прочной с высокой степенью упорядоченности структуры раствора конгломератного типа. Содержание вяжущего вещества в этом случае составит 25% объема частиц наполнителя, а его масса – 400–410 кг/м³, т. е. средняя плотность облегченного раствора – 520–635 кг/м³. Учитывая фактическую неоднородность размера частиц наполнителя и вяжущего вещества, а также неизометричность частиц последнего, будет наблюдаться увеличение степени неупорядоченности образующейся системы, ее энтропии, снижение прочности. Следовательно, средняя плотность облегченного раствора и его свойства будут иметь статистически неоднородный характер. Необходимо отметить, что при простой кубической упаковке частиц, соответственно низкой степени насыщения объема твердой фазой (наполнитель, вяжущее вещество) и высоким капиллярном потенциале упаковки тонкодисперсных частиц водопотребность такого облегченного строительного раствора будет высокой, в том числе по этой причине требуется обязательное применение суперпластифицирующих добавок.

При образовании наиболее плотной гексагональной упаковки частиц наполнителя (нижнее ограничение по межчастичной пустотности геометрически правильных пространственных структур, состоящих из частиц одного диаметра – решеток Браве) для обеспечения прочной структуры облегченного раствора потребуется то же количество частиц вяжущего вещества, которые будут распределяться в центре параллельных гексагональных плоскостей, а степень наполнения частицами заполняющего компонента увеличится в 1,5 раза. Очевидно, что при меньшем объеме межчастичных пустот снизится водопотребность образовавшейся системы, повысится прочность, а также может наблюдаться снижение теплопроводности за счет более тонкодисперсной структуры порового пространства, в том числе с учетом размера пор в микросферах, существенно уменьшающих вклад конвективной составляющей в теплопроводность раствора.

Еще более эффективным, но относительно энергозатратным является использование вяжущего вещества с дисперсностью, при которой его частицы распределяются в межчастичных пустотах правильных геометрических структур (кубическая, гексагональная и др.), мак-

симально заполняя их и контактируя с каждой частицей наполнителя, например «Микродур» марок U, X.

Содержание частиц цементирующего вещества, объем которых будет достаточен для образования прочного облегченного раствора, сократится в два раза, концентрация твердой фазы в единице объема увеличится, повысится координационное число каждой частицы, связность растворной смеси и прочность системы облегченного раствора в целом. Однако, учитывая фактическую неоднородность размера частиц наполнителя и вяжущего вещества, в таких системах, так же как и при равнодисперсном составе их частиц, будет наблюдаться увеличение неупорядоченности структуры, но в меньшей степени.

Необходимо отметить, что положительным аспектом применения в качестве заполняющего компонента микросфер из щелочестойкого стекла с алюмонатрий-борсиликатным поверхностным слоем, образовавшимся вследствие молекулярного отбора [9], является его псевдомосорбционное взаимодействие с составляющими цементного камня, обеспечивая высокую прочность контактной зоны гидратных фаз и микросфер без коррозии их поверхности. Образование такой контактной зоны обусловлено ориентационным атомно-молекулярным взаимодействием однородных по составу химических элементов гидратных фаз цементного камня и поверхности микросфер вследствие молекулярного отбора. Прочная контактная зона и оказываемое на нее давление продуктов гидратации вяжущего вещества за счет увеличения их в объеме относительно объема исходных минералов в 2,2 раза по Паурсу приведет к однородному объемно-напряженному состоянию микросфер, повышая их трещино- и химическую стойкость, а также долговечность облегченного раствора в целом. Предполагается, что использование жидкого натриевого стекла в малом количестве может оказать положительное влияние на строительно-технические свойства облегченного раствора, приготовленного с использованием полых стеклянных микросфер.

В работе были получены цементные растворы оптимальной структуры. В табл. 3 приведены составы цементных растворов в виде долевого соотношения основных компонентов растворной смеси (портландцемента (ПЦ), «Микродур» образцов (МК1) и (МК2), полых стеклянных микросфер (ПСМС)) и свойства полученных растворов оптимальной структуры. «Микродур» МК1 и МК2 марки X (табл. 2), но с разным средним диаметром частиц. При использовании МК1 с меньшим размером частиц получают наилучшие показатели по прочности, плотности и теплопроводности.

Полученные результаты подтверждают справедливость научной гипотезы о том, что оптимизация структуры с учетом геометрических и физико-механических характеристик компонентов и их энергетического состояния является необходимым условием получения облегченных и сверхлегких цементных растворов, обладающих высокими строительно-техническими свойствами.



Список литературы

- Орешкин Д.В., Беляев К.В., Семёнов В.С. Общая схема получения облегченных и сверхлегких цементных растворов // *Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море*. 2010. № 11. С. 32–33.
- Орешкин Д.В., Беляев К.В., Макаренко Ю.В. Моделирование и разработка оптимальной структуры сверхлегкого цементного раствора // *Строительные материалы*. 2011. № 5. С. 42–43.
- Белов В.В., Образцов И.В., Куляев П.В. Методология проектирования оптимальных структур цементных бетонов // *Строительные материалы*. 2013. № 3. С. 17–18.
- Белов В.В., Смирнов М.А. Формирование оптимальной макроструктуры строительной смеси // *Строительные материалы*. 2009. № 9. С. 17–18.
- Асланова М.С., Стеценко В.Я., Шустров А.Ф. Полые неорганические микросферы // *Обзорн. инф. «Химическая промышленность за рубежом»*. М.: НИИТЭХИМ, 1981. Вып. 9. С. 14–65.
- Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества. М.: Стройиздат, 1986. 476 с.
- Хинт И.А. Основы производства силикальцитных изделий. М.–Л.: Госстройиздат, 1962. 642 с.
- Волженский А.В., Попов Л.Н. Смешанные портландцементы повторного помола и бетоны на их основе. М.: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1961. 107 с.
- Величко Е.Г. Строение и основные свойства строительных материалов. М.: ЛКИ, 2014. 496 с.

References

- Oreshkin D.V., Belyaev K.V., Semenov V.S. Thermal properties, porosity and water vapor permeability of light-weight mortars. *Stroitel'stvo nefyanykh i gazovykh skvazhin na sushe i na more*. 2010. No. 8, pp. 51–55. (In Russian).
- Belyaev K.V., Makarenkova U.V., Oreshkin D.V., Y.V. Simulation and development of optimal structure of super-light cement mortar. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 5, pp. 42–43. (In Russian).
- Belov V.V., Obraztsov I.V., Kulyaev P.V. Methodology of design of optimal structures of cement concretes. *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials]. 2013. No. 3, pp. 17–18. (In Russian).
- Belov V.V., Smirnov M.A. formation of optimal macrostructure of building mix. *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials] Attachment Nauka. 2009. No. 9, pp. 17–18. (In Russian).
- Aslanova M.S., Stetsenko V.Y., Shustrov A.F. The hollow inorganic microspheres. Overview "Chemical industry abroad". Moscow: NIITEKHIM. 1981. Issue 9, pp. 14–65. (In Russian).
- Volzhensky A.V. Mineral'nye vyazhushchie veshchestva [Mineral binders]. Moscow: Sroyizdat. 1986. 476 p.
- Khint I.A. Osnovy proizvodstva silikal'tsitnykh izdelii [Basics of silicalcite products]. Moscow: Gosstroizdat. 1962. 642 p.
- Volzhensky A.V., Popov L.N. Smeshannyye portlandtsementy povtornogo pomola i betony na ikh osnove [Mixed Portland cement re-grinding and concrete on their basis]. Moscow: State Publishing House of Literature on construction, architecture and building materials. 1961. 107 p.
- Velichko E.G. Stroenie i osnovnye svoystva stroitel'nykh materialov [Structure and basic properties of building materials]. Moscow: 2014. LKI. 497 p.

VIII Международная конференция

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ NTC-2016

25–30 марта 2016 г.

Шарм-эль-Шейх, Египет

Организаторы конференции

Национальный исследовательский центр жилья и строительства (NBRC)

Египетско-российский университет (ERU)

Ижевский государственный технический университет

им. М.Т. Калашникова

Египетский союз инженеров



Тематика конференции

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

Информационная поддержка – журнал «Строительные материалы»®

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

Контактная информация в России

Профессор Григорий Иванович Яковлев
ИжГТУ им. М.Т. Калашникова
426069 Ижевск, ул. Студенческая, 7
E-mail: gyakov@istu.ru
Тел.: 8-91285666688. Факс: +7(3412)59 25 55

Контактная информация в Египте

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

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

Как подготовить к публикации научно-техническую статью



Журнальная научно-техническая статья — это сочинение небольшого размера (до 3-х журнальных страниц), что само по себе определяет границы изложения темы статьи.

Необходимыми элементами научно-технической статьи являются:

- постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами;
- анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и на которые опирается автор, выделение ранее не решенных частей общей проблемы, которым посвящена статья;
- формулирование целей статьи (постановка задачи);
- изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных результатов;
- выводы из данного исследования и перспективы дальнейшего поиска в избранном направлении.

Научные статьи рецензируются специалистами. Учитывая открытость журнала «Строительные материалы»® для ученых и исследователей многих десятков научных учреждений и вузов России и СНГ, представители которых не все могут быть представлены в редакционном совете издания, желательно представлять одновременно со статьей отношение ученого совета организации, где проведена работа, к представляемому к публикации материалу в виде сопроводительного письма или рекомендации.

Библиографические списки цитируемой, использованной литературы должны подтверждать следование автора требованиям к содержанию научной статьи.

НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ:

1. Включать ссылки на федеральные законы, подзаконные акты, ГОСТы, СНИПы и др. нормативную литературу. Упоминание нормативных документов, на которые опирается автор в испытаниях, расчетах или аргументации, лучше делать непосредственно по тексту статьи.

2. Ссылаться на учебные и учебно-методические пособия; статьи в материалах конференций и сборниках трудов, которым не присвоен ISBN и которые не попадают в ведущие библиотеки страны и не индексируются в соответствующих базах.

3. Ссылаться на диссертации и авторефераты диссертаций.

4. Самоцитирование, т. е. ссылки только на собственные публикации автора. Такая практика не только нарушает этические нормы, но и приводит к снижению количественных публикационных показателей автора.

ОБЯЗАТЕЛЬНО следует:

1. Ссылаться на статьи, опубликованные за последние 2–5 лет в ведущих отраслевых научно-технических и научных изданиях, на которые опирается автор в построении аргументации или постановке задачи исследования.

2. Ссылаться на монографии, опубликованные за последние 5 лет. Более давние источники также негативно влияют на показатели публикационной активности автора.

Несомненно, что возможны ссылки и на классические работы, однако не следует забывать, что наука всегда развивается поступательно вперед и незнание авторами последних достижений в области исследований может привести к дублированию результатов, ошибкам в постановке задачи исследования и интерпретации данных.

ВНИМАНИЕ! С 1 января 2014 г. изменены требования к оформлению статей. Обязательно ознакомьтесь с требованиями на сайте издательства в разделе «Авторам»!

Статьи, направляемые для опубликования, должны оформляться в соответствии с техническими требованиями изданий:

- текст статьи должен быть набран в редакторе Microsoft Word и сохранен в формате *.doc или *.rtf и не должен содержать иллюстраций;
- графический материал (графики, схемы, чертежи, диаграммы, логотипы и т. п.) должен быть выполнен в графических редакторах: CorelDraw, Adobe Illustrator и сохранен в форматах *.cdr, *.ai, *.eps соответственно. Сканирование графического материала и импорт его в перечисленные выше редакторы недопустимо;
- иллюстративный материал (фотографии, коллажи и т. п.) необходимо сохранять в формате *.tif, *.psd, *.jpg (качество «8 – максимальное») или *.eps с разрешением не менее 300 dpi, размером не менее 115 мм по ширине, цветовая модель CMYK или Grayscale.

Материал, передаваемый в редакцию в электронном виде, должен сопровождаться: рекомендательным письмом руководителя предприятия (института); лицензионным договором о передаче права на публикацию; **распечаткой, лично подписанной авторами**; рефератом объемом до 500 знаков на русском и английском языках; подтверждением, что статья предназначена для публикации в журнале «Строительные материалы»®, ранее нигде не публиковалась и в настоящее время не передана в другие издания; сведениями об авторах с указанием полностью фамилии, имени, отчества, ученой степени, должности, контактных телефонов, почтового и электронного адресов. Иллюстративный материал должен быть передан в виде оригиналов фотографий, негативов или слайдов, распечатки файлов.

В 2006 г. в журнале «Строительные материалы»® был опубликован ряд статей «Начинающему автору», ознакомиться с которыми можно на сайте журнала www.rifsm.ru/files/avtoru.pdf

Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте издательства <http://www.rifsm.ru/page/7>