

Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]

ISSN 0585-430X

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ[®] №4



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЕТСЯ С 1955 г.

WWW.RIFSM.RU

АПРЕЛЬ 2016 г. (736)

Территория
керамики

Л

С

Р



BEDESCHI



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

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

www.bedeschi.com



BRICKS



BULK
HANDLING



CRUSHING



MARINE



GAS
CLEANING

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

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

№4

Основан в 1955 г.

(736) апрель 2016 г.

Главный редактор:

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

Редакционный совет:

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

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

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

ВАЙСБЕРГ Л.А.,
 д-р техн. наук, профессор,
 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)

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

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

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

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

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

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

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

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)

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

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

© ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»,
 журнал «Строительные материалы»®, 2016

Керамические строительные материалы

Т.В. ГУСЕВА, А.И. ЗАХАРОВ, Я.П. МОЛЧАНОВА, М.А. ВАРТАНЯН, А.А. АКБЕРОВ

Наилучшие доступные технологии производства керамических строительных материалов как инструмент экологического нормирования отрасли
К выходу отраслевого информационно-технического справочника
«Производство керамических изделий» ИТС 4

4

А.В. КОТЛЯР, Б.В. ТАЛПА, Я.В. ЛАЗАРЕВА

Особенности химического состава аргиллитоподобных глин и аргиллитов

10

А.М. САЛАХОВ, В.П. МОРОЗОВ, А.Л. БОГДАНОВСКИЙ, Л.Р. ТАГИРОВ

Оптимизация производства кирпича из глины

Власово-Тимонинского месторождения

16

Д.В. КРОЛЕВЕЦКИЙ, Р.Н. ГРЫЗУНОВ

Минералы группы Сибелко, рекомендуемые для производства керамического кирпича

22

Народное предприятие «Челябинское рудоуправление»:

90 лет производства уникального горного оборудования

и поставки высококачественных глин и песков (Информация)

24

А.Ю. СТОЛБОУШКИН, Г.И. СТОРОЖЕНКО, А.И. ИВАНОВ, В.А. СЫРОМЯСОВ, Д.В. АКСТ

Рациональные способы массоподготовки сырья в технологии стеновой керамики компрессионного формования

26

В.А. КЛЕВАКИН, Е.В. КЛЕВАКИНА

Эффективное решение снижения себестоимости керамических изделий, произведенных методом полусухого прессования

31

Б.К. КАРА-САЛ, Д.Х. САТ, Ш.В. СЕРЕН, Д.С. МОНГУШ

Стеновая керамика из нетрадиционных сырьевых материалов

33

В.В. КУРНОСОВ, А.А. ДОРОЖКИН, Н.Н. КАЛИНИНА, В.Р. ТИХОНОВА, А.В. ФИЛАТОВ

Энергоэффективные технологии обжига керамических изделий в камерных печах

37

Комплекс автоматизированного оборудования КОЧ-15 для резки и укладки кирпича-сырца, разгрузки высушенных изделий и садки их на печные вагонетки, разработанный ОАО «НИИстроммаш» (г. Гатчина) (Информация)

41

Чеченская Республика доверяет технологическому оборудованию

итальянской компании «МАРКЕЛУЦЦО ИМПЬЯНТИ» (Информация)

44

Проекты немецкой компании TECTON GmbH Keramikanlagen

(Тектон ГмБХ Керамиканлаген) в Алжире и Иране (Информация)

46

Греческая компания SAVO S.A. (САБО С.А.) построила один из крупнейших керамических кирпичных заводов в королевстве Саудовская Аравия для группы AL WATANIA (АЛЬ ВАТАНИЯ) (Информация)

48

И.Ф. ШЛЕГЕЛЬ, В.Г. ИВАНОВ, Д.Л. ШАПОВАЛОВ

Оптимизация туннельных печей

52

Упаковка продукции. Экономичность и эффективность (Информация)

56

Э.Г. САЕНКО, В.Ф. КОРЕПАНОВА, Г.И. ГРИНФЕЛЬД

Возможности фасадного клинкерного кирпича марки «ЛСР»

в замещении импорта

60

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

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

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

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

Monthly scientific-technical and industrial journal

STROYMATERIALY®

№4

Founded in 1955

(736) April 2016 r.

Editor-in-chief

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

Editorial Board

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

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

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

VAYSBERG L.,
Doctor of Sciences (Engineering),
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.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (Ukraine)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ceramic building materials

T.V. GUSEVA, A.I. ZAKHAROV, Ya.P. MOLCHANOVA, M.A. VARTANYAN, A.A. AKBEROV

The Best Accessible Technologies of Ceramic Building Materials Production as an Instrument of Ecological Regulation of the Industry

To the publication of the industry information-technical reference guide

«Manufacture of Ceramic Products» ITS 4 4

A.V. KOTLYAR, B.V. TALPA, Ya.V. LAZAREVA

Features of Chemical Compositions of Argillite-like Clays and Argillites 10

A.M. SALAKHOV, V.P. MOROZOV, A.L. BOGDANOVSKIY, L.R. TAGIROV

Optimization of Brick Production from Clays of the Vlasovo-Timoninskoe Deposit 16

D.V. KROLEVETSKIY, R.N. GRYZUNOV

Minerals of Sibelco Group recommended for manufacturing ceramic brick 22

«Public Enterprise «Chelyabinsk Mining Administration»: 90 years of production of unique mining equipment and supply of high-quality clay and sands (Information) 24

A.Yu. STOLBOUSHKIN, G.I. STOROZHENKO, A.I. IVANOV, V.A. SYROMYASOV, D.V. AKST

Rational Methods for Raw Material Preparation in the Wall Ceramics Technology of Compression Molding 26

V.A. KLEVAKIN, E.V. KLEVAKINA

Efficient Solution of Self-Cost Reduction of Ceramic Products Manufactured by Semi-Dry Pressing Method 31

B.K. KARA-SAL, D.H. SAT, Sh.V. SEREN, D.S. MONGUSH

Wall Ceramics from Non-Traditional Raw Materials 33

V.V. KURNOSOV, A.A. DOROZHNIKIN, N.N. KALININA, V.R. TIKHONOVA, A.V. FILATOV

Energy Efficient Technologies of Ceramic Products Burning in Chamber Kilns 37

Complex of automated equipment KOCH-15 for cutting and laying of air brick, unloading of dried products and placing them into kiln cars developed by OAO «Nilstrommash» (the city of Gatchina) (Information) 41

The Chechen Republic trusts the process equipment of Italian Company MARCHELUZZO IMPIANTI (Information) 44

Projects of the German Company TECTON GmbH Keramikanlagen in Algeria and Iran (Information) 46

The Greek Company SABO S.A. has built one of the largest ceramic brick factory in the Kingdom of Saudi Arabia for AL WATANIA Group (Information) 48

I.F. SHLEGEL', V.G. IVANOV, D.L. SHAPOVALOV

Optimization of Tunnel Kilns 52

Packing of production. Economy and efficiency (Information) 56

Je.G. SAENKO, V.F. KOREPANOVA, G.I. GRINFEL'D

Capabilities of Façade Clinker Brick of «LSR» Brand to Substitute Import 60

E.I. KIREEVA, V.S. BELYAEV

Design of Non-Bearing Three-Layered External Walls with Brick Facing in Civil Buildings with Increased Number of Storeys 64

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

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

Строительные материалы № 4

Э.И. КИРЕЕВА, В.С. БЕЛЯЕВ

Конструкции ненесущих трехслойных наружных стен с облицовкой кирпичом в гражданских зданиях повышенной этажности 64

Г.И. ЯКОВЛЕВ, Г.Н. ПЕРВУШИН, О. КИЗИЕВИЧ, Ю.Н. ГИНЧИЦКАЯ, П.А. ТАЙБАХТИНА

Влияние высолов в кирпичной кладке на разрушение отделочного полимерного покрытия 69

Ячеистый бетон: наука и практика

В.В. НЕЛЮБОВА, И.И. ПОДГОРНЫЙ, В.В. СТРОКОВА, Ю.В. ПАЛЬШИНА

Автоклавный газобетон с наноструктурированным модификатором алюмосиликатного состава 72

Г.В. КУЗНЕЦОВА, Н.Н. МОРОЗОВА, В.В. КЛОКОВ, С.Р. ЗИГАНГАРАЕВА

Силикатный кирпич и автоклавный газобетон с использованием отходов собственного производства 76

С.Б. ПРОХОРОВ

Оптимизация производства АГБ при внедрении специализированных газообразователей марок Газобето 80

Модификаторы бетона: история вопроса и новейшие разработки (Информация) 82

С.А. АНТИПИНА, С.В. ЗМАНОВСКИЙ

Исследование влияния порошкового и гранулированного алюминиевого газообразователя на свойства ячеистого бетона 88

В.П. ВЫЛЕГЖАНИН, В.А. ПИНСКЕР, Г.И. ГРИНФЕЛЬД

Теоретические и экспериментальные обоснования расчета усилий при вырыве анкеров из газобетона 92

Технологии и оборудование

Г.Р. БУТКЕВИЧ, О.Е. ХАРО

Проблемы конвейеризации горных работ 97

Результаты научных исследований

А.Ф. БУРЬЯНОВ, В.В. КРИВЕНКО, А.Д. ЖУКОВ, К.С. МОИСЕЕНКО, М.О. АСАМАТДИНОВ

Имитации мрамора 102

Stroitel'nye Materialy No. 4

G.I. YAKOVLEV, G.N. PERVUSHIN, O. KIZIEVICH, Yu.N. GINCHITSKAYA, P.A. TAIBAKHTINA

Influence of Efflorescence in Masonry on The Destruction of the Polymer Coating 69

Cellular concrete: science and practice

V.V. NELUBOVA, I.I. PODGORNII, V.V. STROKOVA, Y.V. PALSHINA

Autoclave Gas Concrete with Nanostructured Aluminosilicate Modifier 72

G.V. KUZNETSOVA, N.N. MOROZOVA, V.V. KLOKOV, S.R. ZIGANGARAEVA

Silicate Brick and Autoclaved Gas Concrete with the Use of Waste of Own Production 76

S.B. PROKHOROV

Optimization of Producing Autoclaved Gas Concrete When Introducing Specialized Gas-Forming Agents of Gazobet Brand 80

Modifiers of Concrete: Background of the Problem and Newest Developments (Information) 82

S.A. ANTIPINA, S.V. ZMANOVSKIY

Research in Influence of Powder and Granular Aluminum Gas-Forming Agent on Properties of Cellular Concrete 88

V.P. VYLEGZPANIN, V.A. PINSKER, G.I. GRINFELD

Theoretical and Experimental Substantiations of Calculation of Forces for Pull-out of Anchors from Gas Concrete 92

Technologies and equipment

G.R. BUTKEVICH, O.E. HARO

Problems of Conveyerisation of Mining Works 97

Results of scientific research

A.F. BUR'YANOV, V.V. KRIVENKO, A.D. ZHUKOV, K.S. MOISEENKO, M.O. ASAMATDINOV

Marble Imitations 102

Т.В. ГУСЕВА¹, д-р техн. наук (tguseva@muctr.ru), А.И. ЗАХАРОВ¹, канд. техн. наук,
Я.П. МОЛЧАНОВА¹, канд техн. наук, М.А. ВАРТАНЯН¹, канд техн. наук; А.А. АКБЕРОВ², канд техн. наук

¹ Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева (125047, г. Москва, Миусская пл., 9)

² ООО «ЛСР. Стеновые-М» (111024, г. Москва, Авиамоторная, 12)

Наилучшие доступные технологии производства керамических строительных материалов как инструмент экологического нормирования отрасли

К выходу отраслевого информационно-технического справочника «Производство керамических изделий» ИТС 4

Статья посвящена перспективам перехода к технологическому нормированию в охране окружающей среды в России. Рассматривается содержание и описываются особенности и результаты процесса подготовки информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям (НДТ) «Производство керамических изделий». Приводятся примеры НДТ для производства керамических изделий, применимые к отрасли в целом, и значения технологических показателей, установленных для производства кирпича. Высказано предложение по пересмотру критериев отнесения к объектам I категории для предприятий производства керамических изделий. Предложены рекомендации по совершенствованию и актуализации справочника и проведению пилотных проектов на российских предприятиях.

Ключевые слова: энергосбережение, ресурсосбережение, наилучшие доступные технологии, комплексное экологическое разрешение, технологическое нормирование, информационно-технические справочники, керамические строительные материалы, бенчмаркинг, пилотные проекты, комплексные экологические разрешения.

T.V. GUSEVA¹, Doctor of Sciences (Engineering), A.I. ZAKHAROV¹, Candidate of Sciences (Engineering),
Ya.P. MOLCHANOVA¹, Candidate of Sciences (Engineering), M.A. VARTANYAN¹, Candidate of Sciences (Engineering);
A.A. AKBEROV², Candidate of Sciences (Engineering)

¹ Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia (9, Miusskaya Sq., 125047 Moscow, Russian Federation)

² «LSR Stenovyе-M» (12, Aviamotornaya Street, 111024, Moscow, Russian Federation)

The Best Accessible Technologies of Ceramic Building Materials Production as an Instrument of Ecological Regulation of the Industry

To the publication of the industry information-technical reference guide «Manufacture of Ceramic Products» ITS 4

The article is devoted to prospects of the transition to the ecological regulation in the field of environment in Russia. Features and results of the process of preparation of the information-technical reference guide of the best accessible technologies (BAT) «Manufacture of Ceramic Products» are described; its contents are considered. Examples of BAT for production of ceramic products applicable in the industry in general, and values of technological parameters set for the production of bricks are presented. A suggestion to revise the criteria of attributing the enterprises for ceramic products manufacture to the objects of the first category is made. Recommendations on the improvement and actualization of the reference guide and conduction of pilot projects at Russian enterprises are proposed.

Keywords: energy saving, resource saving, best accessible technologies, complex environmental permit, technological regulation, information-technical reference guides, ceramic building materials, benchmarking, pilot projects, complex environment permits.

Развитие строительного сектора во всех странах привлекает внимание различных заинтересованных сторон. Вопросы обеспечения качества строительства и, естественно, материалов, используемых при возведении зданий и сооружений, обсуждаются на международном уровне. Именно в строительном секторе активно применяются методы экологической оценки и системы добровольной сертификации [1, 2]. Стандарты «зеленого» строительства разработаны и внедряются в Российской Федерации [3, 4, 5].

Концепция жизненного цикла строительства предполагает учет не только свойств материалов, но и анализ производственных процессов выпуска продукции, используемой в строительстве. Некоторое время назад попытки выполнения такого анализа были предприняты в рамках системы добровольной оценки соответствия Национального объединения строителей [6, 7]. В результате проведения работ такого рода, а также реализации международных и российских проектов [7–9] предприятия по производству строительных материалов одними из первых в России приступили к идентификации наилучших доступных технологий, характерных для конкретных подотраслей.

Термин «наилучшие доступные технологии» (НДТ) получил законодательное закрепление в 2014 г., когда в России был принят так называемый закон о технологическом нормировании [10]. НДТ представляют собой совокупность технологических, технических и управленческих решений, позволяющих добиваться высокого уровня ресурсоэффективности и экологической результативности при производстве различных видов продукции. Предприятия по выпуску цемента, извести, оксида магния, стекла, керамического кирпича и плитки отнесены к объектам, обязанным продемонстрировать соответствие требованиям НДТ [11].

Чтобы оценить изменения, которые ожидают отрасль, необходимо рассмотреть подробнее как саму концепцию НДТ, так и первые шаги по ее практическому применению в России.

Наилучшие доступные технологии получили законодательное распространение в Европейском союзе еще в 1996 г. До этого в ряде государств развивался другой инструмент экологического регулирования — добровольные соглашения между предприятиями (или отраслевыми ассоциациями) и государственными органами. Широкую известность получили инициативы

стекольной промышленности Дании, Великобритании, Нидерландов, Германии [12]. Предприятия брали на себя обязательства добиться существенного повышения энергоэффективности производства и сокращения эмиссии, получая взамен право на сокращение налогооблагаемой базы, ускоренную амортизацию оборудования или снижение топливных налогов. По мере достижения запланированных результатов требования к обеспечению высоких уровней энергоэффективности становились обязательными.

К настоящему времени предприятия, производительность которых выше установленных Директивой о промышленных эмиссиях [13] порогов, подтвердили соответствие требованиям НДТ и получили комплексные экологические разрешения (КЭР). Известно, что за прошедшие полтора десятка лет кирпичные и цементные заводы стран Балтии, построенные еще в советское время, претерпели реконструкцию и демонстрируют показатели энергоэффективности, отвечающие достаточно жестким критериям [14]. Европейский опыт технологического нормирования используют в Белоруссии, Казахстане, странах Юго-Восточной Азии.

Отметим, что в России принято решение об использовании получившего международное признание принципа технологического нормирования, в то время как наилучшие и доступные для отечественных заводов технологические, технические и управленческие решения должны быть определены в результате проведения сравнительного анализа (бенчмаркинга) действующих предприятий.

Нельзя сказать, что переход к НДТ стал неожиданностью для российской промышленности (пилотные проекты выполнялись в стране с конца прошлого века), однако превалировавшее в течение нескольких лет опасение, что в стране будет принято требование внедрять европейскую средозащитную технику, бытует и сейчас. Особенно сложным стал 2015 г., когда новое законодательство вступило в силу и НДТ стали реальностью. Именно в 2015 г. были разработаны, обсуждены, утверждены и размещены в открытом доступе первые 10 информационно-технических справочников (далее – справочники) по наилучшим доступным технологиям, в том числе по производству цемента, стекла, оксида магния и керамических изделий.

Рассмотрим эти справочники подробнее. Во-первых, это принципиально новые документы по стандартизации, для подготовки которых в августе 2014 г. был создан Национальный Технический комитет по стандартизации ТК 113 «Наилучшие доступные технологии». Ведение ТК 113 поручено Всероссийскому институту стандартизации сырья, материалов и технологий; на эту же организацию возложены функции Бюро НДТ (www.burondt.ru). Разработкой справочников занимаются технические рабочие группы, в состав которых входят представители промышленных предприятий и отраслевых ассоциаций, федеральных органов исполнительной власти, научно-исследовательских, проектных институтов, высших учебных заведений, консультационных компаний и других организаций.

Во-вторых, справочники разрабатываются на основе отраслевого бенчмаркинга (сравнительного анализа) российских предприятий, что требует получения

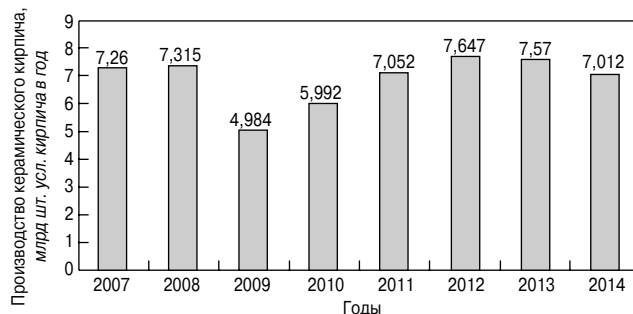


Рис. 1. Производство керамического кирпича в России (2007–2014) [15]

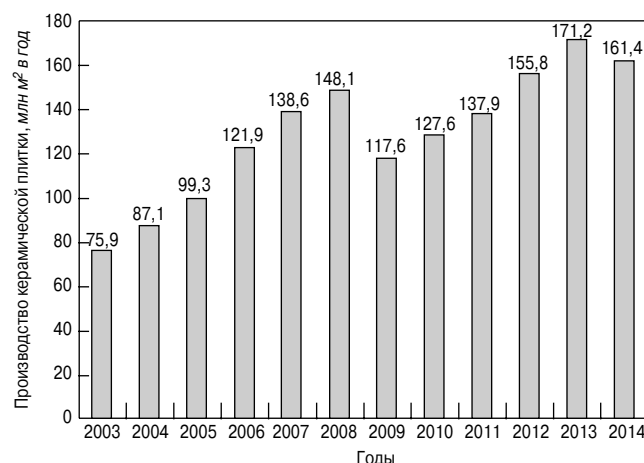


Рис. 2. Производство керамической плитки в России (2003–2014) [15]

доступа к достоверным сведениям об основных характеристиках производственных процессов, и прежде всего о показателях потребления ресурсов, а также выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сбросов их со сточными водами и об образовании отходов, т. е. о показателях экологической результативности.

В-третьих, справочники являются документами добровольного применения, однако устанавливаемые в соответствии с обоснованными в справочниках технологическими показателями условия комплексных экологических разрешений будут обязательны для выполнения российскими предприятиями.

Все эти обстоятельства определяют высокую степень ответственности как составителей справочников, так и предприятий за полноту, достоверность, надежность и объективность анализа предоставленных промышленности данных, реалистичность (выполнимость) технологических показателей, обоснованность отнесения технологических, технических и управленческих решений к наилучшим и доступным для России.

Обратимся к содержанию и особенностям процесса подготовки информационно-технического справочника ИТС-4 «Производство керамических изделий» [15], который представляет собой документ по стандартизации, разработанный технической рабочей группой (ТРГ 4)* по результатам анализа технологических, технических и управленческих решений, применяемых

* Техническая рабочая группа 4 создана Приказом Росстандарта № 829 от 17 июня 2015 г. В ее состав, в частности, вошли руководители и ведущие специалисты отраслевых и учебных институтов (ЗАО «ВНИИСТРОМ им. Петра Петровича Будникова», ЗАО «НИИ керамзит», АТСИЦ «ЦНИИгеолнеруд», РХТУ им. Д.И. Менделеева), кирпичную промышленность представляли Ассоциация производителей керамических материалов (АПКМ), Ассоциация производителей керамических стеновых материалов (АПКСМ), кирпичных заводов «Винербергер Кирпич» (Москва), «СККМ» (Самара), «БРАЕР» (Тула). Уже в сентябре 2015 г. проект ИТС 4 был представлен для публичного обсуждения, а 15 декабря 2015 г. Приказом Росстандарта № 1574 утвержден с датой введения в действие с 1 июля 2016 г. (сноска ред.)

для обеспечения высокой ресурсоэффективности и экологической результативности производства керамических изделий.

В первом разделе документа представлена информация о состоянии и уровне развития в России подотраслей производства основных керамических изделий. В контексте журнала «Строительные материалы» следует подчеркнуть, что наиболее детально выполнен анализ информации о производстве кирпича и камня керамического и керамической плитки. Отмечено, что в стране функционирует примерно 300 предприятий, выпустивших в 2014 г. более 7 млрд шт. усл. кирпича (рис. 1), и около 25 предприятий, которые занимаются производством керамической плитки (более 161 млн м² плитки фасадной, глазурованной для внутренней отделки, керамогранита и пр. в 2014 г., рис. 2).

К сожалению, при определении критериев отнесения предприятий к категории I были приняты неоправданно низкие для России пороговые значения: 1 млн шт. изделий в год как для керамического кирпича, так и для плитки. Эти значения утверждены [11], по всей вероятности, с учетом порогов, принятых в Европейском союзе. Критерии целесообразно пересмотреть, но для этого необходимо сформировать консолидированную (и обоснованную) позицию отрасли. Выработка общей позиции возможна только на основе доказательной базы, в создании которой решающую роль будут играть предприятия, активно участвующие в процессе апробации разработанных справочников.

Во втором разделе представлены сведения о технологических процессах, являющихся общими для всех подотраслей производства керамических изделий, а также информация об особенностях технологических процессов, получивших распространение в конкретных производствах. Практики, представляющие основные ассоциации производителей керамических материалов, а также представители крупных предприятий приняли активное участие в обсуждении и корректировке материалов, обеспечив отражение особенностей технологических процессов, сырья, применяемых добавок и пр.

В третьем разделе дана оценка потребления природных ресурсов и уровня эмиссии различных веществ в ОС, характерных для производства керамических изделий в целом.

Для наиболее массовых производств (керамического кирпича и плитки) представлены результаты анкетирования отечественных предприятий и оценка материалов научно-исследовательских работ, характеризующих удельное потребление энергии и других ресурсов, а также удельные выбросы основных загрязняющих веществ в атмосферу. Приведены также доступные сведения об обращении с производственными сточными водами и отходами производства.

Следует подчеркнуть, что подготовка этого раздела стала одним из самых сложных этапов разработки справочника. Из 300 производителей кирпича участие в анкетировании, необходимом для проведения сравнительного анализа уровней потребления ресурсов и факторов негативного воздействия на ОС, приняли 20 предприятий. Если бенчмаркинг энергопотребления в ограниченном масштабе провести удалось (рис. 3), хотя некоторые численные показатели нельзя отнести к значимым, то сравнить удельные выбросы загрязняющих веществ (ЗВ) было весьма сложно. Разработчикам справочника пришлось обращаться к результатам научно-исследовательских работ, выполненных в России в последние годы, национальных стандартов [16], а также принимать во внимание материалы Справочного документа ЕС по наилучшим доступным технологиям производства керамики [17].

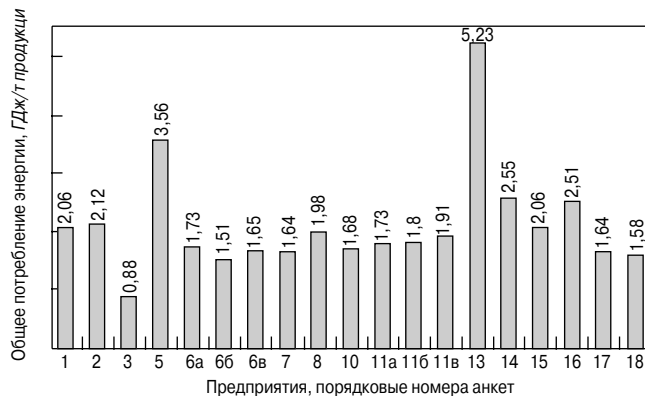


Рис. 3. Удельное потребление энергии в производстве кирпича: результаты анкетирования российских предприятий [15]

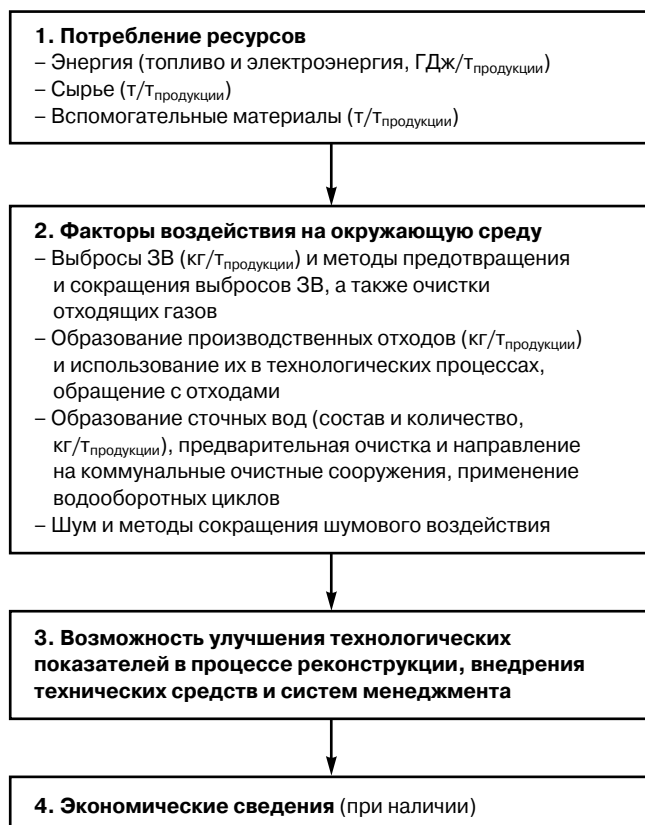


Рис. 4. Последовательность этапов рассмотрения технологических процессов, технических решений и методов при определении НДТ производства керамических изделий [15]

Поддержку технической рабочей группе оказали лидеры отрасли – предприятия Группы ЛСР и компании «Винербергер Кирпич», на промышленных площадках которых были выполнены предварительные обследования, оценки, проведены совещания. Многие результаты были приняты во внимание при идентификации НДТ и определении соответствующих технологических показателей.

В четвертом разделе описаны особенности подходов, использованных при определении технологии в качестве НДТ. Последовательность этапов идентификации НДТ показана схематически на рис. 4.

В пятом разделе кратко описаны наилучшие доступные технологии производства керамических изделий, включая:

- системы экологического менеджмента;

- технологические решения, направленные на повышение экологической результативности и энергоэффективности производства всех видов керамических изделий;
- решения, характерные для конкретных подотраслей производства керамических изделий.



Формулировки наилучших доступных технологий просты, согласованы с практиками и определены, как показано на рис. 4, в результате поэтапного анализа опыта отечественных предприятий. Рассмотрим несколько примеров НДТ для производства керамических изделий, применимых к отрасли в целом, и приведем значения технологических показателей, установленных для производства кирпича. Доступ к полному

тексту справочника открыт на сайте Бюро наилучших технологий (http://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=498&etkstructure_id=1872).

1. НДТ является снижение потребления энергии путем применения совокупности следующих технологических решений и технических приемов:

- модернизация печей и сушилок;
- рекуперация избыточного тепла печей, особенно из зоны охлаждения. Избыточное тепло печи в виде горячего воздуха может быть направлено на обогрев сушилок для сушки сырья или полуфабрикатов;
- оптимизация заготовок. Оптимизация формы, габаритов, состава и структуры заготовок существенно увеличивает энергоэффективность сушки и обжига при использовании соответствующих сушилок и печей.

Технологический показатель – удельное потребление энергии при производстве кирпича (при условии применения указанных решений) составляет ≤ 3 ГДж/т продукции. Он не распространяется на предприятия по производству керамического кирпича мощностью меньше 50 тыс. т кирпича в год.

2. НДТ является снижение неорганизованных выбросов пыли путем применения совокупности технических решений.

Для операций, сопровождаемых значительным пылеобразованием (подготовка сырья, распылительная сушка, послеобжиговая обработка), можно применять как совместно, так и по отдельности следующие решения:

- проведение технологических операций, сопровождающихся образованием пыли, в замкнутом объеме;
- оснащение смесителей, дробилок и питателей защитными кожухами и вытяжными установками;
- применение накопительных бункеров соответствующей емкости, датчиков уровня с отсекателями и фильтрами для очистки запыленного воздуха, вытесняемого при заполнении бункера;
- перемещение пылящего сырья при помощи закрытых конвейеров;
- снижение утечек воздуха и устранение их источников, герметизация установок.

Для участков бестарного хранения сырья:

- ограждение площадок бестарного хранения сырья экранами, стенами или крупномерными зелеными насаждениями;
- уравнивание уровня разгрузки сырья с высотой приемной площадки;
- снижение скорости разгрузки сырья;

- увлажнение при помощи распылительных установок источника запыления.

3. НДТ является снижение организованных выбросов пыли путем применения совокупности технических решений:

- снижение выбросов в технологических операциях, сопровождаемых пылеобразованием (массоподготовка), с применением рукавных фильтров с эффективностью очистки отходящих газов $>95\%$ (фактически пороговое значение эффективности очистки выступает в качестве технологического показателя);
- снижение организованных выбросов пыли, образующихся в процессе сушки, путем очистки сушилки, предотвращения накопления в ней пыли и своевременного техобслуживания;
- снижение выбросов пыли при обжиге путем сокращения пыления при садке заготовок в печь с применением промышленных пылесосов.

4. НДТ является снижение выбросов загрязняющих веществ (монооксида углерода, оксидов азота, серы, летучих органических соединений и др.), образующихся при обжиге керамических изделий, путем применения совокупности технических решений:

- оптимизация процесса сжигания топлива для сокращения выбросов монооксида углерода и оксидов азота; контроль коэффициента избытка воздуха для полноты сгорания топлива;
- снижение максимальной температуры обжига и уменьшение его продолжительности;
- оптимизация режима обжига регулированием скорости подъема температуры в интервалах до 400°C (возможное уменьшение скорости для полноты связывания фтора и серы) и после 400°C (возможное увеличение скорости для снижения количества выбросов);
- замена технологических связей и компонентов сырья, образующих при обжиге летучие органические соединения (ЛОС), на связки и компоненты, образующие меньшее количество ЛОС или не образующие их;
- снижение подачи источников загрязняющих веществ, а именно применение компонентов сырья с пониженным содержанием серы и азота, фтора, хлора или сокращение количества сырья с их высоким содержанием;
- для производства кирпича – введение в формовочную массу добавок карбонатов (тонкоизмельченного известняка или мела) для связывания оксидов серы при невысокой температуре обжига изделий (имеет ограниченное значение).

Технологические показатели приведены в таблице.

Эти показатели не распространяются на предприятия, использующие в производстве глины с высоким содержанием соединений серы, а также на которых выпускается поризованный камень, для чего в состав шихты вводятся значительные количества выгорающих добавок природного происхождения, например опилки.

Технологические показатели НДТ снижения выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) при обжиге керамического кирпича

Технологические показатели: удельные выбросы ЗВ при обжиге кирпича	Единица измерения	Значение (диапазон)
CO	кг/т продукции	$\leq 0,8$
NO _x (в пересчете на NO ₂)		$\leq 0,5$
SO ₂		$\leq 0,2$

5. НДТ является снижение образования твердых отходов путем применения совокупности следующих технологических решений:

- возврат технологических отходов (пыли, обрезков, боя обожженных изделий) в производство;
- использование твердых отходов гипсовых форм и огнеприпаса для других производств (гипса – для цементной промышленности) или собственного производства (боя огнеприпаса для его производства);
- увеличение оборачиваемости гипсовых форм использованием вакуумирования гипсового теста и армирования при их производстве;
- замена гипсовых форм пластиковыми с большей оборачиваемостью;
- уменьшение соотношения огнеприпас/обжигаемые изделия путем применения бескапсельного обжига, скоростного обжига в роликовых печах и оптимизацией садки изделий;
- оптимизация режима обжига, ведущая к сокращению брака изделий и времени эксплуатации огнеприпаса.

В шестом разделе приведены доступные сведения об экономических характеристиках современных проектов создания предприятий по производству керамических изделий в Российской Федерации. Представлена информация о затратах на внедрение систем экологического менеджмента и преимуществ, связанные с внедрением этих систем на российских предприятиях.

В седьмом разделе приведены краткие сведения о новых технологических, технических и управленческих подходах, направленных на повышение ресурсоэффективности и экологической результативности производства керамических изделий, которые находятся в стадии разработки или имеют ограниченное применение.

Общее заключение, которое можно сделать в результате подготовки справочника, состоит в том, что ведущие отечественные компании активно занимаются внедрением современных технологических процессов и оборудования, разрабатывают программы повышения энергоэффективности и экологической результативности производства. Однако цели, задачи и ожидаемые результаты перехода к технологическому нормированию на основе наилучших доступных технологий руководители предприятий понимают и оценивают по-разному. Ожидания промышленников связаны с уменьшением административной нагрузки и упрощением системы государственного регулирования в сфере охраны окружающей среды, опасения – с неопределенным порядком правоприменения и вероятностью установления недостижимых технологических нормативов.

Список литературы

1. BREEAM International New Construction (NC) Scheme. URL: <http://www.breeam.org/page.jsp?id=293>
2. LEED Reference Guide for Building Design and Construction. LEED version: v4. 2013. URL: <http://www.usgbc.org/resources/leed-reference-guidebuilding-design-and-construction>.
3. Цицин К.Г. Энергоэффективные технологии – будущее жилищного строительства // *Эффективное антикризисное управление*. 2013. № 2 (77). С. 50–51.
4. Ремизов А.Н. О стимулировании экоустойчивой архитектуры и строительства // *Жилищное строительство*. 2013. № 1. С. 41–43.
5. ГОСТ Р 54964–2012. Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. 36 с.

По всей вероятности, отказ большинства производителей керамических изделий от участия в обмене информацией и от предоставления необходимых для разработки справочника сведений вызван именно опасениями руководителей предприятий и их неготовностью к переменам.

Несмотря на то что до начала выдачи комплексных экологических разрешений еще есть время (первые предприятия получают их только в 2019 г.), уже сейчас необходимо обдумывать порядок использования справочника для подготовки заявок на КЭР и их анализа, сравнения альтернативных технологий в процедуре оценки воздействия на окружающую среду, рассмотрения проектов реконструкции производства, направленных на достижение требований НДТ [18].

Действенным инструментом совершенствования и актуализации справочника могут и должны стать пилотные проекты, к участию в которых необходимо привлечь не только 5–10 ведущих компаний, но и представителей всех предприятий по производству керамических изделий (на уровне предоставления данных, посещения промплощадок, консультаций с составителями справочника). Первые проекты должны быть выполнены уже в 2016 г. В ходе их реализации целесообразно уделить повышенное внимание вопросу совершенствования практики производственного экологического контроля и организации измерений ключевых технологических показателей.

В результате постановки предприятий на учет и выполнения пилотных проектов, по всей вероятности, могут быть уточнены критерии отнесения предприятий по производству керамических изделий к объектам I и II категорий. Тем не менее программы, нацеленные на совершенствование ресурсоэффективности и экологической результативности с учетом сведений, систематизированных в ИТС-4, целесообразно разрабатывать и реализовывать как в крупнейших компаниях, так и на сравнительно небольших, но экологически ответственных заводах. Заинтересованность предприятий может сыграть решающую роль в установлении справедливых и объективных нормативов.

Процесс совершенствования справочника должен отражать принцип последовательного улучшения – основной принцип современных систем менеджмента. Составители информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям «Производство керамических изделий» надеются, что коллеги готовы разделить эту позицию и поддержать совершенствование документа и продвижение наилучших доступных технологий в отечественном производстве керамических изделий.

References

1. BREEAM International New Construction (NC) Scheme. URL: <http://www.breeam.org/page.jsp?id=293>
2. LEED Reference Guide for Building Design and Construction. LEED version: v4. 2013. URL: <http://www.usgbc.org/resources/leed-reference-guidebuilding-design-and-construction>.
3. Tsitsin K.G. Energy-efficient technology – the future of housing. *Effektivnoe antikrizisnoe upravlenie*. 2013. No. 2 (77), pp. 50–51. (In Russian).
4. Remizov A.N. On Stimulation of environmentally sustainable architecture and building. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2013. No. 1, pp. 41–43. (In Russian).
5. GOST R 54964–2012 Conformity assessment. Environmental requirements for real estate. Federal Agency on Technical Regulating and Metrology. 36 p. (In Russian).

6. Аверочкин Е.М., Молчанова Я.П., Гусева Т.В., Вартанян М.А. Национальные стандарты по наилучшим доступным технологиям как инструмент экологического нормирования предприятий, производящих керамические изделия // *Химическая промышленность сегодня*. 2013. № 9. С. 34–42.
7. Гусева Т.В., Бегак М.В., Молчанова Я.П., Аверочкин Е.М., Вартанян М.А. Перспективы внедрения наилучших доступных технологий и перехода к комплексным экологическим разрешениям в производстве стекла и керамики // *Стекло и керамика*. 2014. № 7. С. 26–36.
8. Скобелев Д.О., Мезенцева О.В. НТД – элемент контроля и предотвращения негативного воздействия на окружающую среду // *Контроль качества продукции*. 2014. № 6. С. 7–12.
9. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Миронов А.В., Малков А.В. Наилучшие доступные технологии: новое экологическое измерение качества в промышленности строительных материалов // *Компетентность*. 2015. № 8. С. 4–8.
10. Федеральный закон от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» // *Российская газета – Федеральный выпуск*. 2014. № 6438 (166).
11. Постановление Правительства РФ от 28 сентября 2015 г. № 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий». <http://government.ru/media/files/oHAMAREx1e9uyphc0U8Vq5ikOoyMOrAo.pdf>.
12. The Handbook of Environmental Voluntary Agreements. Design, Implementation and Evaluation Issues. Ed. Croci Edoardo. Netherlands: Springer. 381 p.
13. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) // *Official Journal of the European Union*. 17.12.2010, pp. L334/17-L334/119.
14. Бегак М.В., Боравская Т.В., Руут Ю., Молчанова Я.П., Захаров А.И., Сивков С.П. Наилучшие доступные технологии и комплексные экологические разрешения: перспективы применения в России / Под ред. М.В. Бегака. М.: ЮрИнфоР-Пресс, 2010. 220 с.
15. Информационно-технический справочник «Производство керамических изделий» ИТС 4 М.: Бюро НДТ. 2015. <http://burondt.ru/informacziya/dokumentyi>
16. ГОСТ Р 55646–2013. Ресурсосбережение. Производство кирпича и камня керамических. Руководство по применению наилучших доступных технологий повышения энергоэффективности и экологической результативности. М.: Стандартинформ, 2014.
17. Reference Document on Best Available Techniques in Ceramic Manufacturing Industry. The European IPPC Bureau, 2007. URL: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/cer_bref_0807.pdf.
18. Гусева Т.В., Бегак М.В., Молчанова Я.П. Принципы создания и перспективы применения информационно-технических справочников НДТ // *Компетентность*. 2015. № 5/126, pp. 8–17.
6. Averochkin E.M., Molchanova Ya.P., Guseva T.V., Vartanyan M.A. National standards for best available techniques as a tool for environmental regulation of enterprises, producing ceramic products. *Khimicheskaya promyshlennost' segodnya*. 2013. No. 9, pp. 34–42. (In Russian).
7. Guseva T.V., Begak M.V., Molchanova Ya.P., Averochkin E.M., Vartanyan M.A. Prospects for the introduction of best available technologies and transition to integrated environmental permits in the production of glass and ceramics. *Steklo i keramika*. 2014. No. 7, pp. 26–36. (In Russian).
8. Skobelev D.O., Mezentseva O.V. NTD - an element of control and to prevent negative impacts on the environment. *Kontrol'kachestva produktsii*. 2014. No. 6, pp. 7–12. (In Russian).
9. Guseva T.V., Molchanova Ya.P., Mironov A.V., Mal'kov A.V. Best available techniques: a new environmental dimension of quality in the building materials industry. *Kompetentnost'*. 2015. No. 8, pp. 48.
10. Federal Law of July 21, 2014 № 219-FZ “On Amendments to the Federal Law” On Environmental Protection “and Certain Legislative Acts of the Russian Federation”. *Rossiiskaya gazeta – Federal'nyi vypusk*. 2014. No. 6438 (166). (In Russian).
11. RF Government Resolution of September 28, 2015 № 1029 “On approval of the criteria for classifying objects that have a negative impact on the environment, to the objects I, II, III and IV categories.” <http://government.ru/media/files/oHAMAREx1e9uyphc0U8Vq5ikOoyMOrAo.pdf>.
12. The Handbook of Environmental Voluntary Agreements. Design, Implementation and Evaluation Issues. Ed. Croci Edoardo. Netherlands: Springer. 381 p.
13. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control). *Official Journal of the European Union*. 17.12.2010, pp. L334/17-L334/119.
14. Begak M.V., Boravskaya T.V., Ruut Yu., Molchanova Ya.P., Zakharov A.I., Sivkov S.P. Nailuchshie dostupnye tekhnologii i kompleksnye ekologicheskie razresheniya: perspektivy primeneniya v Rossii [Best available techniques and integrated environmental permits: prospects of application in Russia] Moscow: YurInfoR-Press. 2010. 220 p.
15. Information and technical reference “Production of ceramic products” ITS 4M.: Bureau of BAT. 2015. <http://burondt.ru/informacziya/dokumentyi>.
16. GOST R 55646-2013. Resource. Manufacture of bricks and ceramic stones. Guidance on the application of best available energy efficiency and environmental impact of technology. Moscow: Standartinform. 2014. (In Russian).
17. Reference Document on Best Available Techniques in Ceramic Manufacturing Industry. The European IPPC Bureau, 2007. URL: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/cer_bref_0807.pdf.
18. Guseva T.V., Begak M.V., Molchanova Ya.P. Principles of creation and perspectives of information and technical manuals BAT. *Kompetentnost'*. 2015. No. 5/126, pp. 8–17.

ПОДПИСКА НА ЭЛЕКТРОННУЮ ВЕРСИЮ ЖУРНАЛА

<http://http://rifsm.ru/page/5/>

А.В. КОТЛЯР¹, инженер (928279758@yandex.ru), Б.В. ТАЛПА², канд. геол.-мин. наук (talpabv@gmail.com), Я.В. ЛАЗАРЕВА¹, инженер

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

² Южный федеральный университет, Институт наук о Земле (344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42)

Особенности химического состава аргиллитоподобных глин и аргиллитов

Дана характеристика химического состава и структурных особенностей камневидного глинистого сырья, к которому относятся аргиллитоподобные глины, аргиллиты, глинистые сланцы, алевролиты и переходные разновидности между этими видами пород. Приведено обоснование особенного набора породообразующих химических элементов в данном сырье и его минералогическом составе, что обуславливает пригодность данного сырья для производства строительной керамики. Приведены керамические и технологические свойства. Выявлено, что химический состав аргиллитоподобных глин и аргиллитов благоприятствует получению на их основе черепицы, лицевого, стенового и дорожного клинкерного кирпича, что делает данное сырье достаточно перспективным.

Ключевые слова: глина, аргиллит, минералы, керамика, кирпич.

A.V. KOTLYAR¹, Engineer (928279758@yandex.ru), B.V. TALPA², Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy) (talpabv@gmail.com), Ya.V. LAZAREVA¹, Engineer

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

² Southern Federal University (105/42, Bolshaya Sadovaya Street, Rostov-na-Donu, 344006, Russian Federation)

Features of Chemical Com positions of Argillite-like Clays and Argillites

The characteristic of the chemical composition and structural features of stone-like argillous raw material which includes argillite-like clays, argillites, clay-slates, siltstones and transitional varieties of these types of rocks is presented. The substantiation of a specific set of rock-forming elements in the composition of this raw material that determines the suitability of this raw material for manufacturing building ceramics is made. Ceramic and technological properties are presented. It is revealed that the chemical composition of argillite-like clays and argillites favors the obtaining, on their basis, roof tile, facing, wall, and road clinker bricks that makes this raw material enough promising.

Keywords: clay, argillite, minerals, ceramics, brick.

Аргиллитоподобные глины и аргиллиты, которые согласно ГОСТ 21216–2014 «Сырье глинистое. Методы испытаний» относятся к сырью глинистому камнеподобному и характеризуются как плотные и хрупкие глинистые породы с влажностью 3–9%, не размокающие или плохо размокающие в воде, являются ценным керамическим сырьем. На их основе можно получать многие виды строительной керамики, а учитывая современные тенденции, особую ценность они приобретают как сырье для производства различных видов клинкерного кирпича [1–6].

Технологические свойства камневидного глинистого сырья обусловлены его генезисом, химико-минералогическим составом и структурными особенностями. Формирование аргиллитоподобных глин и аргиллитов происходило при погружении первичных глинистых пород на глубины в среднем 1000–3000 м при воздействии высокого геостатического давления (20–50 МПа) и повышенной температуры, что соответствует раннему этапу катагенетических преобразований. При этом между частицами формировались переходные контакты ионно-электростатической природы, а фазовые контакты цементационного, более прочного типа в них окончательно и полностью еще не сформировались. В отличие от цементационных, характерных для этой стадии литогенетических преобразований глинистых пород, ионно-электростатические связи в переходных контактах являются обратимыми [7–10]. Поэтому при механическом воздействии и гидратации аргиллитоподобных глин переходные ионно-электростатические контакты преобразуются в точечные, затем в коагуляционные разной степени пропорциональности. В некотором смысле, по аналогии с технологическими процессами в керамике, можно говорить, что аргиллитоподобные глины и аргиллиты – это отпрессованные природой глины, при этом удельные давления природного и тех-

нологического компрессионного прессования примерно совпадают.

Следует отметить, что при кратковременном приложении давления в глине не успевают пройти процессы трансформации глинистых минералов, а в природных условиях добавляется фактор длительности времени приложения давления, что приводит к преобразованию в первичной глинистой породе монтмориллонита в иллит и увеличению степени кристалличности каолинита.

Месторождения и проявления аргиллитоподобных глин и аргиллитов условно можно разделить на несколько типов:

– **первый тип** – это традиционные природные месторождения, которые целенаправленно изучаются и разведываются для производства того или иного вида керамики (в основном для производства керамзита);

– **второй тип** – это техногенные месторождения шахтных отвалов (терриконники и побочные продукты их переработки), сформированные при добыче и обогащении угля;

– **третий тип** месторождений – это попутное сырье и отвалы при разработке месторождений других полезных ископаемых, с которыми они генетически связаны (вскрышные и вмещающие породы).

Несмотря на высокую перспективность использования данных пород в керамическом производстве, по ряду причин они пока не нашли широкого использования. Одной из причин этого является их плохая изученность по химико-минералогическому составу и технологическим свойствам именно как сырья для различных видов строительной керамики. Следствием этого является отсутствие общепринятых методик их испытаний для тех или иных видов керамических изделий и методики их общей оценки [11, 12].

Целью данной работы является обобщение результатов изучения химического состава (более 200 проб хи-

мических анализов) аргиллитоподобных глин и аргиллитов, который является важной характеристикой при оценке сырья для разработки рекомендаций и прогнозирования их технологических свойств и параметров производства.

По химическому составу, в комплексе с другими методами исследований, можно с достаточной степенью достоверности судить о пригодности данного сырья для производства тех или иных видов строительной керамики и его минералогическом составе. Это особенно важно на ранних этапах оценки сырья и принятия решения о целесообразности проведения дальнейших работ, требующих значительных материальных затрат. При изучении химического состава следует иметь в виду, что тот или иной оксид может входить в состав разных соединений или находиться в свободном виде. Соответственно и роль, которую он выполняет, может быть различна. И здесь существенным является не сам химический состав, а его интерпретация с прогнозированием технологических свойств сырья и свойств, планируемых к производству изделий. При этом следует иметь в виду, что химический состав для многих видов глинистых минералов не является строго постоянной величиной. Для них характерны изоморфные замещения и один и тот же минерал может иметь несколько разновидностей [13, 14].

При выполнении данной работы было изучено около 60 месторождений и крупных проявлений аргиллитов и аргиллитоподобных глин Ростовской области, Краснодарского и Ставропольского краев, республик СКФО, Поволжья и других регионов. Химический состав некоторых из изученных проб типичных разновидностей аргиллитоподобных глин и аргиллитов, использованных при проведении исследований, приведен в таблице. Как следует из представленных данных, содержание основного оксида кремния SiO_2 изменяется в достаточно узком диапазоне – от 51,57 до 61,19%. Общее содержание кремнезема складывается из следующих составляющих: кремний, входящий в состав глинистых минералов, слюд, полевых шпатов, плагиоклазов и других алюмосиликатов, и кремнезем, представленный свободным кварцем.

Содержание кремнезема в глинистых минералах является достаточно постоянным показателем. Для каолинита это около 50%, для монтмориллонита и гидрослюды около 60%. В целом же можно говорить, что при повышенном содержании SiO_2 в породе больше содержится терригенной примеси кварца и при его содержании более 60–64% порода переходит в алевритистую разновидность и далее в алевролит, которые также могут рассматриваться как керамическое сырье. По содержанию кремнезема трудно судить о спекаемости и тугоплавкости сырья, так как данный оксид при обжиге образует различные легкоплавкие соединения. В целом можно говорить, что чем меньше в аргиллитоподобной глине содержится SiO_2 , тем больше в ней глинистых минералов и особенно каолинита.

Содержание глинозема в глинистых минералах не является строго постоянной величиной. В среднем для каолинита $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ этот показатель составляет около 40%, для монтмориллонита – $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ и его разновидностей (бейделлит, нонтронит, сапонит, гекторит и др.) – 25–30%, для гидрослюды – $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{MgO} \cdot 4\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 7\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и их разновидностей – 35–40%. В изученных пробах содержание глинозема составляет от 15,08 до 27,22%, это достаточно большой интервал. Следуя общим представлениям литологии и технологии керамики, можно говорить, что чем больше в составе аргиллитоподобных глин Al_2O_3 , тем больше в них глинистых минералов и особенно каолинита и тем более тугоплавким является данное сырье. Учитывая достаточно большой интервал содержания оксида алюминия в аргиллитах и аргиллитоподобных глинах и то, что данный показатель, безусловно, отражается на технологических свойствах, представляется целесообразным их разделение и классификация по данному признаку. По аналогии с ГОСТ 9169–79 «Сырье глинистое для керамической промышленности. Классификация» это может быть группа с содержанием Al_2O_3 от 14 до 21%, названная полукислой, и группа от 21 до 28%, названная полуосновной.

Оксиды железа в аргиллитоподобных глинах присутствуют в достаточно большом количестве в сравнении с другими видами глинистого сырья. В изученных

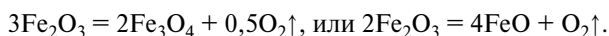
Химический состав исследуемых аргиллитоподобных глин и аргиллитов, мас. %

№ п/п	Наименование месторождения или проявления	ППП	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3 общ.	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	P_2O_5	TiO_2	MnO_2	Сорг.	$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$, моль	$\Sigma \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$, моль
1	Жирновское	8,14	56,2	19,32	6,1	1,83	1,9	0,71	4,18	0,49	0,15	0,85	0,1	0,98	0,2	0,2
2	Замчаловское	5,93	55,97	22,43	5,02	1,54	1,79	0,2	3,86	1,49	0,23	0,86	0,21	1,49	0,24	0,19
3	Адербиевское	9,12	58,25	15,45	5,12	4,05	0,97	1,83	2,39	1,52	0,12	0,71	0,13	1,96	0,16	0,19
4	Власово-Аютинское	6,45	54,42	23,57	5,87	2,01	1,03	1,07	2,87	1,07	0,19	1,03	0,14	2,13	0,25	0,17
5	Владимировское	5,46	56,63	22,9	5,4	0,7	1,62	0,27	3,84	1,46	0,29	0,73	0,14	1,82	0,24	0,18
6	Южночеревковское	6,79	55,36	21,36	6,06	1,42	1,96	0,11	4,25	1,05	0,21	1,1	0,13	1,3	0,23	0,2
7	Кульбакинское	5,94	51,57	27,22	6,17	1,89	0,86	0,25	3,06	1,8	0,09	0,39	0,19	1,39	0,31	0,17
8	Горняцкое	5,95	61,16	17,53	6,48	0,77	1,86	0,05	3,57	1,08	0,14	0,98	0,09	1,65	0,17	0,18
9	Афипское	6,28	61,19	16,41	7,29	1,32	1,98	0,21	2,58	1,35	0,11	0,55	0,21	1,46	0,16	0,18
10	Даховское	6,99	53,81	21,9	7,92	2,97	1,73	0,1	2,98	0,58	0,12	0,15	0,29	2,05	0,24	0,21
11	Баксанское	8,89	57,92	18,84	3,95	1,93	1,94	0,37	3,4	1,75	0,16	0,19	0,11	1,24	0,19	0,19
12	Даргавское	7,85	55,12	15,08	4,06	5,87	2,2	0,1	2,89	1,4	0,18	0,75	0,17	2,01	0,16	0,26
13	Важненское	8,22	56,34	19,51	4,58	3,85	2,04	0,19	3,37	1,29	0,12	0,14	0,12	1,72	0,2	0,23

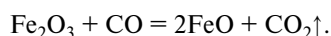
пробах этот показатель составляет от 3,95 до 7,92%. Оксид железа Fe_2O_3 является сильным плавнем, но еще более сильным плавнем является двухвалентный оксид железа FeO , который образуется в нейтральной и восстановительной среде при обжиге. Образующийся при восстановлении FeO значительно улучшает условия спекания керамического камня и ускоряет его уплотнение. Трехвалентный оксид железа Fe_2O_3 является сильным хромофором и придает керамическому камню более темную окраску — от красновато-коричневых до темно-коричневых тонов.

Двухвалентный оксид железа FeO является менее сильным хромофором, он, соединяясь с SiO_2 и Al_2O_3 , образует силикаты и алюмосиликаты железа, что придает керамическому камню серый, темно-серый цвет с зеленовато-голубоватыми оттенками [13].

Общее содержание оксидов железа складывается из их содержания в связанном состоянии в структуре глинистых минералов (глауконит, иллит, нонтронит и др.) в виде примесей оксидов и гидроксидов железа и в небольшом количестве в виде сульфидов — пирита, халькопирита. Гидроксиды железа (гетит, лепидокрокит) обычно концентрируются в микротрещинах и по плоскостям напластования. Это связано с циркуляцией подземных вод. Повышенное содержание оксидов железа предполагает более внимательное отношение к режиму обжига керамики. При температуре выше 1100–1150°C частично происходит удаление кислорода:



При температуре выше 1100°C керамический камень уже в значительной степени уплотнен, поэтому кислород не может свободно выделяться и содействует вспучиванию. В связи с этим дегазация должна происходить при такой температуре, когда керамический камень еще пористый и кислород может свободно улетучиваться. При этом надо учитывать повышенное содержание углефицированной органики в аргиллитоподобных глинах, что способствует образованию восстановительных условий обжига как во внешней среде, так и внутри изделий. Восстановление Fe_2O_3 происходит согласно уравнению:



В период восстановления, пока черепок еще пористый, CO «забирает» у Fe_2O_3 кислород, который позднее сам может стать причиной вспучивания, так же как органика. Образующийся при восстановлении FeO значительно улучшает условия спекания керамического камня и ускоряет его уплотнение. Также избыток воздуха при максимальной температуре обжига или охлаждении может привести к повторному окислению FeO . В целом можно говорить, что для аргиллитоподобных глин при производстве клинкерного кирпича необходимо разрабатывать свои оптимальные режимы обжига. При этом следует учитывать достижения равномерности распределения температуры по сечению садки изделий.

Общее содержание щелочно-земельных оксидов в аргиллитоподобных глинах складывается из их содержания в связанном состоянии в структуре глинистых минералов и наличия карбонатов в самой породе, в основном оксида кальция в виде кальцита $CaCO_3$. В составе гидрослюды (иллита) теоретическое содержание оксида магния составляет около 4%, в составе монтмориллонита общее содержание CaO колеблется от 0,16 до 3,52%, MgO — от 0,23 до 31,61%. Следует отметить, что монтмориллонит — минерал с очень изменчивым

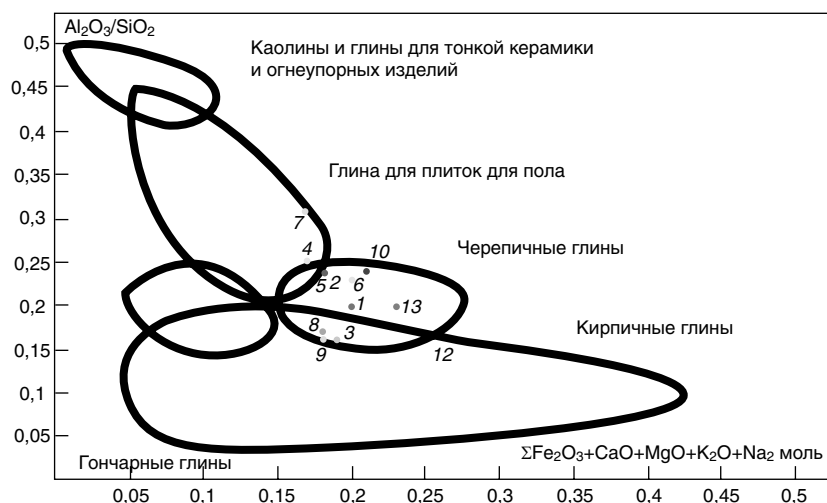
химическим составом. В связи с этим выделяют различные разновидности этого минерала [7–10]. В нашем случае содержание оксида кальция в исследуемых пробах аргиллитоподобных глин составляет от 0,7 до 5,87%, оксида магния — от 0,86 до 2,2%. Можно с большой долей уверенности говорить, что оксид магния присутствует только в составе глинистых минералов, а оксид кальция в количестве 1–2% в составе глинистых минералов, а сверх того, в виде тонкодисперсного рассеянного кальцита, что согласуется с минеральным составом. В комплексе со щелочными оксидами и оксидом железа CaO и MgO как «несильные» плавни, проявляющие свое влияние выше температуры 1000–1050°C, в количестве до 5% не оказывают существенного влияния на цвет керамического камня. В природе имеют распространение карбонатные разновидности аргиллитоподобных глин и аргиллитов с содержанием CaO вплоть до 30%. Однако они не являются объектом нашего исследования.

Научно-практический интерес вызывают искусственные составы с содержанием CaO до 8–10%, где он выступает как плавень и одновременно влияет на цвет и оттенок изделий.

Щелочи, представленные оксидами калия и натрия, в основном входят в состав глинистых минералов. Содержание оксида калия в гидрослюде составляет 8–10%. Оксид натрия в основном входит в состав натриевого монтмориллонита — бейделлита. Именно щелочи в аргиллитоподобных глинах являются наиболее сильными плавнями и их количеством определяется в значительной степени температура спекания, огнеупорность, водопоглощение и прочность керамического камня. Можно говорить, что чем больше в породе содержится K_2O , тем больше в ней слюдяных и гидрослюдяных минералов. Повышенное содержание Na_2O может говорить о повышенном содержании монтмориллонита. Однако утверждать это только по результатам химического анализа не совсем корректно, так как щелочные оксиды и оксид кальция могут привноситься полевыми шпатами и плагиоклазами, которые часто встречаются в аргиллитоподобных глинах в виде терригенной примеси. В исследованных нами образцах содержание K_2O составляет от 2,39 до 4,18%, Na_2O — от 0,49 до 1,8%.

Высказанные предположения нашли подтверждение при технологических исследованиях в части взаимосвязи минералогического состава и технологических особенностей аргиллитоподобных глин и аргиллитов.

Серный ангидрит, источником которого являются сульфиды железа и гипс, присутствует в изученных пробах в небольшом количестве — от 0,05 до 1,83%. Это вредные примеси, которые могут вызвать появление высолов на изделиях, а также повышенную агрессивность и токсичность дымовых газов. Согласно требованиям, предъявляемым к глинистому сырью, сумма соединений серы в пересчете на SO_3 должна составлять не более 2%. При наличии SO_3 более 0,5% в процессе технологических испытаний должны определяться способы устранения высолов и выцветов на обожженных изделиях путем перевода растворимых солей в нерастворимые. В подавляющем большинстве в изученных пробах аргиллитоподобных глин и аргиллитов содержание SO_3 не превышает 0,5%. Его вредное влияние при обжиге нейтрализуется присутствием тонкодисперсных карбонатов кальция и бария. На заводах Западной Европы при повышенном содержании в глинистом сырье серного ангидрита специально вводят тонкодисперсные карбонатные добавки в состав шихты для уменьшения вредных выбросов. Это рекомендует Институт по исследованию перспективных технологий



1 – Жерновское; 2 – Замчаловское; 3 – Адербиевское; 4 – Власово-Аюпинское; 5 – Владимировское; 6 – Южночеревковское; 7 – Кульбакинское; 8 – Горняцкое; 9 – Афипское; 10 – Даховское; 11 – Баксанское; 12 – Даргавское; 13 – Важненское

Рис. 1. Назначение глин в зависимости от их химического состава по А.И. Августинику

Евросоюза [15]. При введении добавок в Европе допускается содержание SO_3 в сырье до 3%.

Фосфорный ангидрит и оксид титана присутствуют в аргиллитоподобных глинах и аргиллитах в незначительном количестве (доли процента), как и в других глинистых породах, и не оказывают заметного влияния на их технологические свойства и свойства готовых изделий.

Если оценивать аргиллитоподобные глины и аргиллиты по химическому составу – количественным молярным отношениям Al_2O_3/SiO_2 и сумме оксидов $R_2O + RO + Fe_2O_3$, следуя рекомендациям А.И. Августинику, общепризнанного авторитета в области керамики, получается, что основная часть аргиллитоподобных глин попадает в область черепичных глин, меньшая часть, в область сырья, пригодного для производства плитки для пола, канализационных труб, кислотоупорных изделий, каменного товара, и небольшая часть – в область кирпичного сырья, которая частично пересекается с областью черепичных глин (см. рисунок) [13].

Список литературы

1. Котляр В.Д., Козлов А.В., Котляр А.В., Терехина Ю.В. Особенности камневидных глинистых пород Восточного Донбасса как сырья для производства стеновой керамики // *Вестник МГСУ*. 2014. № 10. С. 95–105.
2. Талпа Б.В., Котляр А.В. Минерально-сырьевая база литифицированных глинистых пород Юга России для производства строительной керамики // *Строительные материалы*. 2015. № 4. С. 31–33.
3. Кара-сал Б.К., Котельников В.И., Сапелкина Т.В. Получение керамического стенового материала из вскрышных пород углеобогащения // *Естественные и технические науки*. 2015. № 2. С. 160–163.
4. Столбоушкин А.Ю. Стеновые керамические материалы матричной структуры на основе обогащения отходов углистых аргиллитов // *Известия вузов. Строительство*. 2013. № 2–3. С. 28–36.
5. Столбоушкин А.Ю., Иванов А.И., Сыромьясов В.А., Фомина О.А., Дружинин М.С., Злобин В.И. Влияние температуры обжига на спекание керамического черепка из отходов обогащения углистых аргиллитов // *Известия вузов. Строительство*. 2015. № 10 (682). С. 39–48.

Учитывая, что к черепице предъявляются высокие требования по прочности, водопоглощению и водонепроницаемости, это является вполне логичным и потенциально предопределяет высокую перспективность аргиллитоподобных глин и аргиллитов как сырья для производства черепицы, лицевого стенового и дорожного клинкерного кирпича.

Исходя из особенностей химического состава аргиллитоподобных глин и аргиллитов и, как следствие, ожидаемых особенностей технологических свойств, представляется необходимой их классификация по содержанию Al_2O_3 , K_2O и углефицированной органики. Например, по содержанию Al_2O_3 они могут быть разделены на полукислые – с содержанием Al_2O_3 от 14 до 20%, и полуосновные – от 21 до 28%. По содержанию K_2O – с низким (до 3%) и высоким (свыше 3%) содержанием.

По содержанию углефицированной органики также с низким (до 1,5%) и высоким (свыше 1,5%) содержанием. Однако данный вопрос требует накопления эмпирических данных, установления взаимосвязи химического состава и технологических свойств, широкого обсуждения среди специалистов данной области. Также может быть интересной классификация аргиллитоподобных глин по содержанию оксидов железа и карбонатов. Эти оксиды имеют важное значение для технологических свойств данного сырья, физико-механических и эстетических свойств готовых изделий.

В целом можно констатировать, что химический состав аргиллитоподобных глин и аргиллитов благоприятствует получению на их основе черепицы, лицевого, стенового и дорожного клинкерного кирпича. Это делает данное сырье достаточно перспективным и может являться первоочередным показателем при оценке пригодности их в качестве перспективного сырья для производства этих керамических материалов, особенно на первых этапах изучения.

References

1. Kotlyar V.D., Kozlov A.V., Kotlyar A.V., Teriohina U.V. Features the claystone of East Donbass as raw materials for production of wall ceramics. *Vestnik MGSU*. 2014. No. 10, pp. 95–105. (In Russian).
2. Talpa B.V., Kotlyar A.V. Mineral resources the litifitsirovannykh of clay breeds of the South of Russia for production of construction ceramics. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 4, pp. 31–33. (In Russian).
3. Kara-sal B.K., Kotel'nikov V.I., Sapelkina T.V. Receiving ceramic wall material from overburden breeds of coal preparation. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2015. No. 2, pp. 160–163. (In Russian).
4. Stolboushkin A.U. Wall ceramic materials of matrix structure on the basis of enrichment of waste of carbonaceous claystone. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2013. No. 2–3, pp. 28–36. (In Russian).
5. Stolboushkin A.U., Ivanov A.I., Syromyasov V.A., Fomina O.A., Druzhinin M.S., Zlobin V.I. Effect of annealing temperature on the sintering of the ceramic shard from tailings carbonaceous argillite. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2015. No. 10 (682), pp. 39–48. (In Russian).
6. Ezerskii V. A. Clinker. Technology and properties. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 4, pp. 79–81. (In Russian).

- Езерский В. А. Клинкер. Технология и свойства // *Строительные материалы*. 2011. № 4. С. 79–81.
- Осипов В.И., Соколов В.Н. Глины и их свойства. Состав, строение и формирование свойств. М.: ГЕОС, 2013. 576 с.
- Фролов В.Т. Литология. Книга 2-я. М.: МГУ, 1993. 432 с.
- Котельников Д.Д., Конюхов А.И. Глинистые минералы осадочных пород. М.: Недра, 1986. 247 с.
- Япаскерт О.В. Литология. М.: Академия, 2008. 336 с.
- Котляр В.Д., Терёхина Ю.В., Котляр А.В. Методика испытаний камневидного сырья для производства стеновых изделий компрессионного формования // *Строительные материалы*. 2014. № 4. С. 24–27.
- Котляр А.В., Талпа Б.В. Особенности аргиллитоподобных глин юга России как сырья для производства клинкерного кирпича. Сборник трудов научной конференции студентов и молодых ученых с международным участием «Актуальные проблемы наук о Земле». Ростов-н/Д: ЮФУ, 2015. С. 51–53.
- Августиник А.И. Керамика. Л.: Стройиздат, 1975. 592 с.
- Логвиненко Н.В. Петрография осадочных пород. М.: Высшая школа, 1984. 450 с.
- Справочный документ по наилучшим доступным технологиям. Комплексное предотвращение и контроль загрязнения окружающей среды. Производство керамических изделий. Брюссель: Труды Института по исследованию перспективных технологий ЕС, 2007. 272 с.
- Osipov V.I., Sokolov V.N. Gliny i ikh svoistva. Sostav, stroenie i formirovanie svoistv [Clays and their properties. The composition, structure and formation properties]. Moscow: GEOS. 2013. 576 p.
- Frolov V.T. Litologiya. Kniga 2. [Lithology. Book 2]. Moscow: GEOS. 1993. 432 p.
- Kotel'nikov D.D., Konyukhov A.I. Glinistyie mineraly osadochnykh porod [Clay minerals of sedimentary rocks]. Moscow: Nedra. 1986. 247 p.
- Kotlyar V.D, Teriohina U.V., Kotlyar A.V. Technique of tests of stone raw materials for production of wall products of compression formation. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 4, pp. 24–27. (In Russian).
- Kotlyar V.D, Terekhina Yu.V., Kotlyar A.V. Technique of tests of stone raw materials for production of wall products of compression formation. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 4, pp. 24–27. (In Russian).
- Kotlyar A.V., Talpa B.V. Features of claystone of the South of Russia as raw materials for production of clincer. The collection of works of scientific conference of students and young scientists with the international participation «Actual problems of sciences about Earth». Rostov-on-Don: SFU. 2015. pp. 51–53. (In Russian).
- Avgustinik A.I. Keramika [Ceramics]. Leningrad: Stroizdat. 1975. 592 p.
- Logvinenko N.V. Petrografiya osadochnykh porod [Petrography of sedimentary rocks]. Moscow: Vysshaja shkola. 1984. 450 p.
- The help document on the best available technologies. Complex prevention and control of environmental pollution. Production of pottery. Brussels: Works of institute on research of perspective technologies of the EU. 2007. 272 p.

Новые книги издательства Квинтет



Краткий справочник технолога по ССС

Авторы: В.И. Корнеев, П.В. Зозуля

В справочнике рассматриваются основные вопросы, возникающие у технолога - производителя сухих строительных смесей при выборе номенклатуры продукции, разработке рецептур, определения свойств смесей и постановке их на производство. Круг вопросов включает:

- номенклатуру сухих строительных смесей в соответствии с их составом, условиями и спецификой применения;
- минеральные вяжущие вещества - компоненты сухих смесей, определяющие основные их свойства;
- наполнители и наполнители сухих строительных смесей, различающиеся по минералогии и дисперсности;
- функциональные добавки, использование которых позволяет обеспечить необходимый уровень свойств сухих смесей различного назначения;
- свойства сухих строительных смесей и инструментальные методы их определения.

Материалы справочника представлены в виде отдельных очерков, расположенных в алфавитном порядке в каждой из глав.

Краткий справочник ориентирован на технологов – производителей сухих строительных смесей, строителей, работающих с такими смесями, а также на учащиеся вузов и технических лицеев, специализирующихся в строительной области материаловедения.



Руководство по защите и санированию

строительных сооружений
Причины повреждений,
методы диагностики,
возможности санирования

Автор: Хорст Ройль

Эксклюзивная лицензия на подготовку русской версии данной книги и ее распространение на территории РФ приобретено у известного немецкого издательства Rudolf Muller, Кельн.

В предлагаемом пятом издании монографии автором на основании большого практического опыта работы рассматриваются причины дефектов и снижения долговечности строительных сооружений, способы профилактической защиты элементов строительных конструкций от воздействия окружающей среды, их ремонта и санирования. Основное внимание уделяется защите бетонных и железобетонных поверхностей от коррозии, обеспечению герметичности швов, ремонту фасадов зданий с применением комплексных теплоизолирующих систем, анализу причин повреждений штукатурок и фасадных покрытий, способам их ремонта, санированию кирпичных кладок и кладок из натурального камня.

Представляют интерес разделы, посвященные реставрации природного строительного камня и очистке поверхностей от граффити. Значительное место уделено способам защиты древесины от поражения растительными и животными организмами, а также методам диагностики и удаления поражений помещений плесневыми грибами.

www.baltimix.ru

office@baltimix.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



**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

А.М. САЛАХОВ¹, канд. техн. наук (salakhov8432@mail.ru); В.П. МОРОЗОВ², д-р геол.-мин. наук;
А.Л. БОГДАНОВСКИЙ³, инженер, главный технолог; Л.Р. ТАГИРОВ¹, д-р физ.-мат. наук

¹ Казанский федеральный университет. Институт физики, (420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18)

² Казанский федеральный университет. Институт геологии и нефтегазовых технологий (420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18)

³ ООО «Ласселсбергер-Уфа» (450520, Республика Башкортостан, Уфимский р-н, с. Zubovo, ул. Электрозаводская, 8)

Оптимизация производства кирпича из глины Власово-Тимонинского месторождения

Показаны различные точки зрения на поведение каолиновых глин в процессе обжига. Исследованы термические характеристики глины Власово-Тимонинского месторождения. Выявлены минеральные фазы, образующиеся в процессе обжига. Проведено сопоставление полученных данных с минеральными фазами, обожженных глин других месторождений. На основе результатов исследований внесены коррективы в режим обжига на заводе по производству лицевого кирпича Группы ЛСР в г. Павловском Посаде Московской области.

Ключевые слова: энергосбережение, керамика, керамический кирпич, каолинит, каолиновые глины, термические исследования, минеральные фазы, характеристики материала.

A.M. SALAKHOV¹, Candidate of Science (Engineering) (salakhov8432@mail.ru); V.P. MOROZOV², Doctor of Science (Geology);

A.L. BOGDANOVSKIY³, Production Manager; L.R. TAGIROV¹, Doctor of Science (Physics and Mathematics)

¹ Kazan Federal University. Institute of Physics (18, Kremlevskaya Street, Kazan, 420008, Russian Federation)

² Kazan Federal University. Institute of Geology and Petroleum Technology (18, Kremlevskaya Street, Kazan, 420008, Russian Federation)

³ "Lasselsberger-Ufa" OOO (8, Electrozavodskaya Street, Zubovo Village, 450520, Ufa District, Republic of Bashkortostan, Russian Federation)

Optimization of Brick Production from Clays of the Vlasovo-Timoninskoe Deposit

Different points of view on the behavior of kaolin clays in the process of burning are presented. Thermal characteristics of the clay of the Vlasovo-Timoninskoe deposit have been studied. Mineral phases formed in the process of burning are revealed. The comparison of data obtained with mineral phases of burned clays from other deposits has been made. On the basis of the study results, corrections have been made in the burning regime at the facing brick factory of the LSR Group in the city of Pavlovsky Posad, Moscow oblast.

Keywords: energy saving, ceramics, ceramic brick, kaolinite, kaolinite clays, thermal study, mineral phases, characteristics of material.

До настоящего времени точное количественное прогнозирование свойств материалов только на основании теории остается проблематичным, в значительной степени это относится и к строительной керамике. Одна из причин – несовершенство самой теории. Например, нет полного представления о влиянии конкретных минеральных фаз на эксплуатационные характеристики керамики.

Глины с высоким содержанием каолинита всегда привлекали внимание исследователей. Известно, что существуют две точки зрения на природу продуктов дегидратации каолинов. Ряд исследователей (А.Л. Лешателли, Д.С. Белянкин и др.) считают, что при их дегидратации получают свободные оксиды Al_2O_3 и SiO_2 в виде смеси. Многие исследователи придерживаются другой точки зрения и полагают, что продуктом дегидратации породообразующего глинистого минерала каолинита является метакаолинит.

Учеными Белгородского технологического университета выявлено [1], что существенная аморфизация кристаллической структуры каолинита происходит в диапазоне температуры 500–550°C. Отмечено, что коэффициент кристалличности исследуемого образца снижается от 43 до 30% при 500°C, продолжает снижаться до 14% при 550°C и до 12% при 700°C. Авторы полагают, что при 1000°C коэффициент кристалличности исследуемого образца повышается до 16%, и связывают это с началом кристаллизации муллита. Делается вывод, что интенсивное разложение каолинита в просяновском каолине начинается при 400°C и заканчивается при 555°C.

Исследователи Томского политехнического университета тоже исследовали процесс обжига каолинита Просяновского месторождения. По их данным [2], кривные ДТА чистого каолинита характеризуются одной интенсивной эндотермической реакцией с максимумом в

интервале температуры 500–610°C и двумя экзотермическими реакциями, первая из которых с максимумом в интервале 925–1000°C; второй, более слабый экзотермический пик с максимумом около 1200°C. Авторы отмечают, что эндотермическая реакция связана с потерей кристаллизационной воды и аморфизацией минерала при сохранении некоторой степени упорядоченности каолинита. Первая экзотермическая реакция обусловлена кристаллизацией рентгеноаморфных продуктов распада и образованием зародышей муллита, вторая – кристаллизацией аморфного кремнезема и образованием кристобалита при температуре выше 1200°C. С ростом температуры количество муллита непрерывно увеличивается и достигает максимума при 1250–1350°C.

Наши термические исследования богатой каолином глины Новоорского месторождения практически совпадают с результатами ученых Томского политехнического университета. Так, в интервале температуры 450–550°C отмечается интенсивная эндотермическая

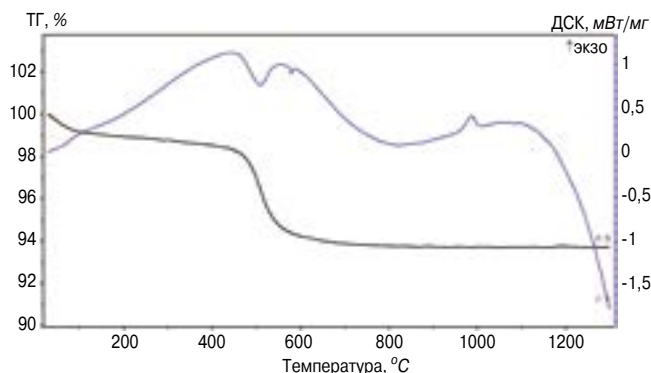


Рис. 1. Результаты термических исследований глины Новоорского месторождения

Изменение фазового состава глины Новоорского месторождения

Температура, °С	Минеральный состав, %							
	Кварц	Каолинит	Слюда	Муллит	Волластонит	Полевые шпаты	Сумма кристаллических фаз	Аморфная фаза
900	13	0	10	7	–	–	30	70
950	12	0	9	10	–	–	31	69
1000	13	0	5	15	–	–	33	67
1050	12	0	4	22	8	6	52	48
1100	7	0	0	32	10	8	57	43
1150	5	0	0	38	12	11	66	34
1200	3	0	0	45	15	14	77	23
50*	6	0	0	51	20	2		20
50**	88	0	6	1	1	–	96	4

Примечания: * – фазовый состав остывшего после обжига при 1200°C образца. ** – фазовый состав остывшего после обжига при 900°C образца. Обжиг осуществлен в течение 8 ч.

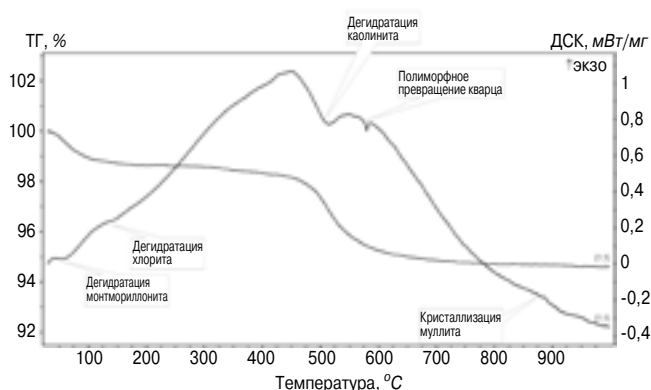


Рис. 2. Результаты термических исследований глины Власово-Тимонинского месторождения

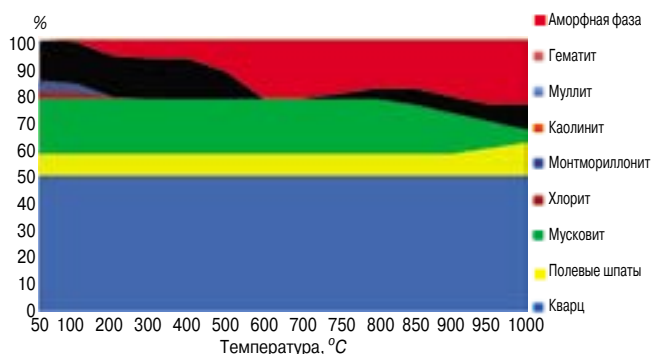


Рис. 3. Диаграмма изменения фазового состава глины Власово-Тимонинского месторождения

реакция (дегидратация каолинита) (рис. 1), а в интервале температуры 900–1200°C отмечается интенсивный синтез муллита, сопровождаемый значительным сокращением аморфной фазы (табл. 1).

Из аморфной фазы также кристаллизуются полевые шпаты и волластонит. В то же время следует помнить, что эти процессы характеризуются как *существенно неравновесные*. Известно [3], что неравновесность состояния всегда связана с какой-нибудь неоднородностью системы. Очевидно, что в нашем случае неоднородность в значительной степени вызвана интенсивным термическим воздействием, что проявляется, например, в том, что фазовые составы «горячего» и остывшего образца существенно отличаются.

В глине Власово-Тимонинского месторождения (Московская обл.) отмечается существенное содержа-

ние минерала каолинита. В результате ее термических исследований (рис. 2) выявлено следующее.

1. Дегидратация монтмориллонита (но не распад структуры) происходит при температуре до 100–120°C.

2. Дегидратация хлорита (но не распад структуры) происходит при температуре до 200–225°C.

3. Дегидратация каолинита заканчивается при температуре 575–600°C.

4. При температуре 580°C наблюдается полиморфное превращение кварца. Вышеназванные термические преобразования относятся к эндотермическим.

5. При температуре ~800–950°C наблюдается нечеткий (слабо проявленный) экзотермический эффект, который можно связать с кристаллизацией муллита.

6. Эндотермическая реакция спекания идет вплоть до 1000°C и не заканчивается.

7. Наибольшая потеря массы образцом наблюдается в интервале температуры до 700°C. Мы полагаем, что это связано с дегидратацией монтмориллонита, хлорита, каолинита.

8. Небольшая потеря массы после 700°C составляет 0,26%. Это на наш взгляд связано с процессом разложения мусковита, поскольку его содержание снижается на 15%. Данные расчета показывают, что при дегидратации такого количества слюды потеря массы должна была бы составить 0,675, а не 0,26%, как это наблюдается в эксперименте. Такое несоответствие, вероятно, можно объяснить окислением двухвалентного железа, освобождающегося при разложении слоистых силикатов – монтмориллонита и хлорита до трехвалентного состояния.

Рентгенографические исследования глины Власово-Тимонинского месторождения проводились на дифрактометре XRD-7000S при температуре: 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 750, 800, 850, 900, 950, 1000°C, а также при температуре 50°C (остывший образец). Время съемки образца при каждой температуре составляло 50 мин, затем осуществлялся подъем температуры со скоростью 100°C в час, далее для стабилизации давалась выдержка в течение 30 мин и проводилась очередная съемка. Полученные дифрактограммы подвергались компьютерной обработке (программное обеспечение DIFFRACplus Evaluation Package – EVA Search/Match под управлением ОС «Windows XP», Международная картотека порошковых рентгенографических стандартов PDF-2 ICDD) с целью определения качественного и количественного фазового состава образца (табл. 2, рис. 3). Для того чтобы выяснить характерные особенности глины Власово-Тимонинского месторождения, были проведены аналогичные исследования для глин Алексеевского, Сахаровского, Салма-

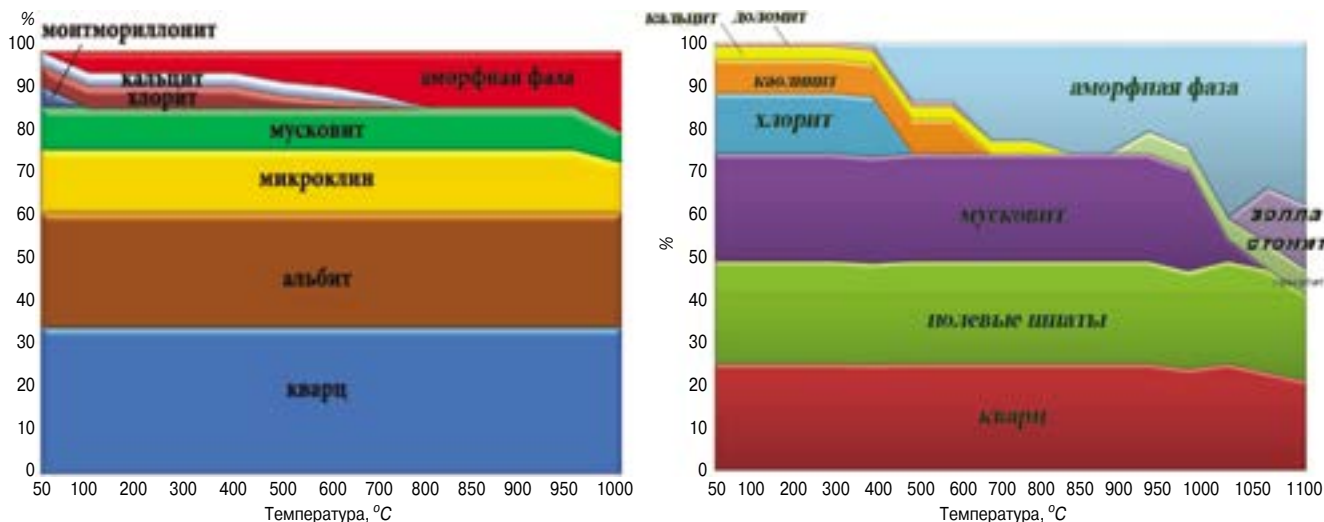


Рис. 4. Диаграммы изменения фазового состава алексеевской глины (слева) и шихты на основе кембрийской глины (справа)

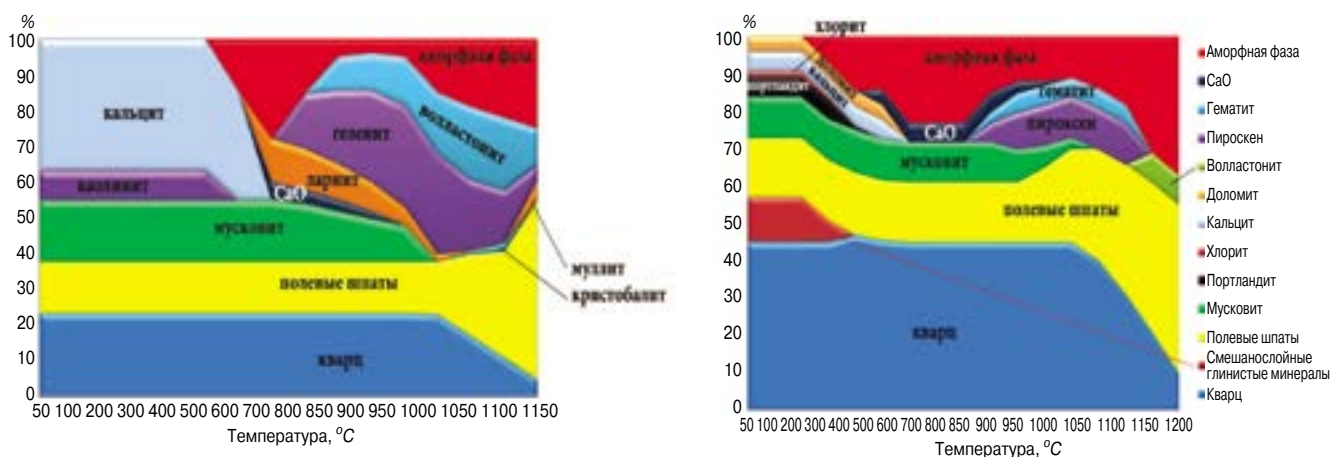


Рис. 5. Диаграммы изменения фазового состава модифицированных глин Салмановского (слева) и Хлыстовского месторождений (справа)

новского и Хлыстовского месторождений (Республика Татарстан), а также для шихты на основе кембрийской глины (Ленинградская обл.) (рис. 4, 5).

Анализ результатов исследования позволяет сделать следующие выводы.

1. В исходном образце глины Власово-Тимонинского месторождения присутствуют кварц, мусковит, полевые шпаты, монтмориллонит, хлорит и каолинит.

2. С увеличением температуры лишь кварц проявляет себя как инертный минерал, изменение его содержания вплоть до температуры 1000°C не обнаруживается. Аналогично ведут себя алексеевская глина и шихта на основе кембрийской глины.

3. Содержание слюды (мусковита) уменьшается в температурном диапазоне 850–1000°C, что характерно и для шихты на основе кембрийской глины, однако в алексеевской глине содержание мусковита сохраняется до 950°C. Поскольку содержание мусковита во власово-тимонинской глине весьма существенное (20%), а в ее составе содержание K_2O составляет 11,83 мас. %, деструкция мусковита имеет следствием появление свободного оксида калия в объеме 2,37%. Это обстоятельство и создает предпосылки для формирования легкоплавких эвтектик.

4. Монтмориллонит исчезает до 200°C, хлорит – до 300°C, каолинит – до 600°C. В других глинах содержание хлорита фиксируется и при более высокой температуре.

5. Муллит как новообразованная фаза появляется при 750°C, и его содержание увеличивается вплоть до

1000°C. В аналогичных исследованиях каолиновых глин [4] синтез муллита фиксировался при 800°C, хотя в упомянутых выше исследованиях ученых Томского политехнического университета [2] экзотермический пик, вызванный кристаллизацией муллита, зафиксирован в интервале температуры 925–1000°C.

6. Содержание аморфной фазы в целом увеличивается к 1000°C за счет распада термически неустойчивых минералов, однако при температуре 750–900°C ее становится несколько меньше за счет кристаллизации муллита. Вплоть до температуры 1000°C содержание аморфной фазы не превышает 20%, как и у алексеевской глины, но в шихте на основе кембрийской глины при 1000°C аморфная фаза составляет 40%.

7. После 900°C наблюдается увеличение содержания полевых шпатов, что по температуре совпадает с разложением слюды. Однако увеличение содержания полевых шпатов с разложением слюды можно рассматривать только как один из вариантов, так как кристаллизация полевых шпатов может происходить разными путями, например из аморфной фазы. При температуре выше 1000°C (в других керамических массах) зафиксирован значительный синтез полевых шпатов, сопровождающийся ростом аморфной фазы (рис. 5).

8. Новообразованный гематит обнаруживается лишь в остывшем образце. Такое поведение гематита встречается и в других глинах, например в глине Алексеевского месторождения. Однако в шихте на основе кембрийской глины гематит проявляется в процессе обжига уже при 900°C.

Таблица 2

Изменение фазового состава глины Власово-Тимонинского месторождения

T _{обж}	Кварц	ПШ	Мусковит	Хлорит	Монтмориллонит	Каолинит	Муллит	Гематит	Аморфная фаза
50	50	8	20	3	4	15			0
100	50	8	20	3	3	15			1
200	50	8	20	1		15			6
300	50	8	20			15			7
400	50	8	20			15			7
500	50	8	20			10			12
600	50	8	20						22
700	50	8	20						22
750	50	8	20				2		20
800	50	8	20				4		18
850	50	8	18				6		18
900	50	8	15				6		21
950	50	10	10				6		24
1000	50	12	5				9		24
50*	70	14	5					2	9

Примечание. * – фазовый состав остывшего после обжига при 1000°C образца.

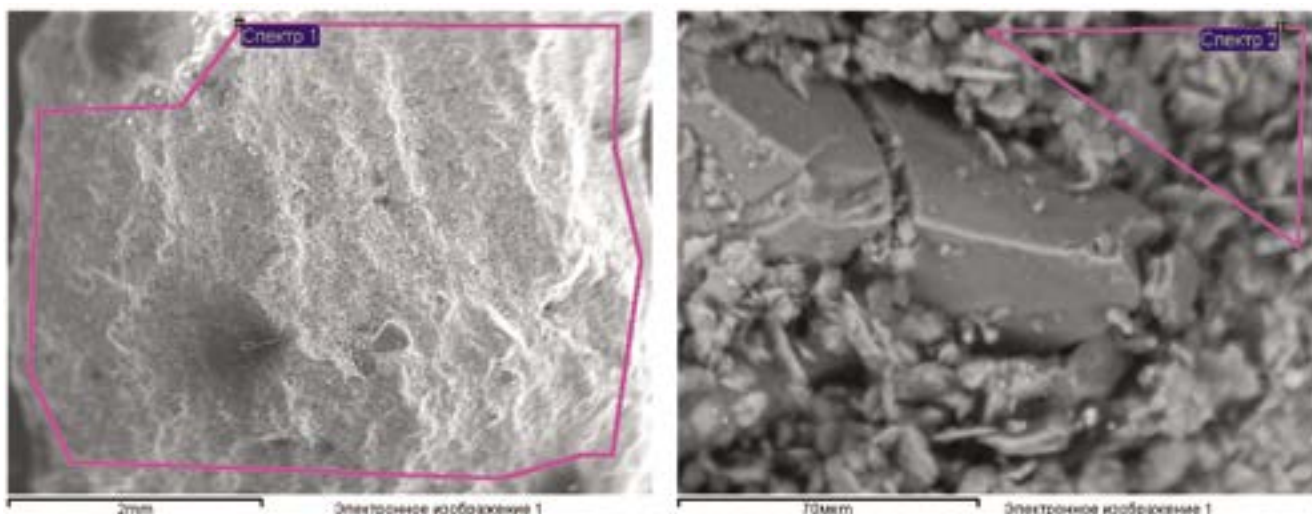


Рис. 6. РЭМ изображение глины Власово-Тимонинского месторождения. Элементный состав из рентгеновских спектров участков, %, обозначенных «Спектр 1»: О – 68; Mg – 1; Al – 8; Si – 20; К – 2; Fe – 1; «Спектр 2»: О – 66; Mg – 1; Al – 9; Si – 21; К – 2; Fe – 1

9. Фазовый состав «горячего» и остывшего образцов существенно отличаются, что характерно и для других исследованных керамических масс, например модифицированной сахаровской глины (табл. 3).

Специфические характеристики глины Власово-Тимонинского месторождения связаны с ее структурой и составом. В элементном составе атомы кальция не зафиксированы, зато доля атомов калия составляет 2% (рис. 6).

В процессах структурообразования керамики ведущая роль принадлежит глинистым минералам, в данном случае каолиниту. Минералы каолинита представлены высокодисперсными образованиями в виде почти правильных шестиугольников (рис. 7, 8). Как известно [3], диффузия в твердом теле – термически активируемый процесс, а именно диффузия является основным «рабочим механизмом» в процессе синтеза кристаллических новообразований. В этой связи возможность прогнозировать и управлять этапами диффузии является чрезвычайно важной. Если бы диффузия демонстрировала только простое поведение, согласующееся с законами Фика для постоянного коэффициента диффузии, то прогнози-

рование диффузионного потока было бы сравнительно простой задачей, однако в действительности диффузия для таких систем оказалась значительно более сложной [5]. Сложность вызвана в первую очередь нелинейным характером этих процессов. Как известно [6], «в линейных системах результатом совместного действия двух различных факторов является простая суперпозиция результатов каждого из них, взятого отдельно, однако в нелинейных системах небольшое увеличение внешнего воздействия может привести к очень сильным эффектам, несоизмеримым по амплитуде с исходным воздействием». Это еще раз подтверждает, что процессы, происходящие в керамической массе при обжиге, нельзя рассматривать как простую сумму эффектов, происходящих с каждой из составляющих массу минеральных фаз.

В нашем случае именно муллит является единственным кристаллическим новообразованием, зафиксированным в процессе подъема температуры. В то же время, в остывшем образце, когда процессы диффузии «заморожены», муллит уже не фиксируется, значит, эта фаза в данных конкретных условиях обжига оказалась неустойчивой.

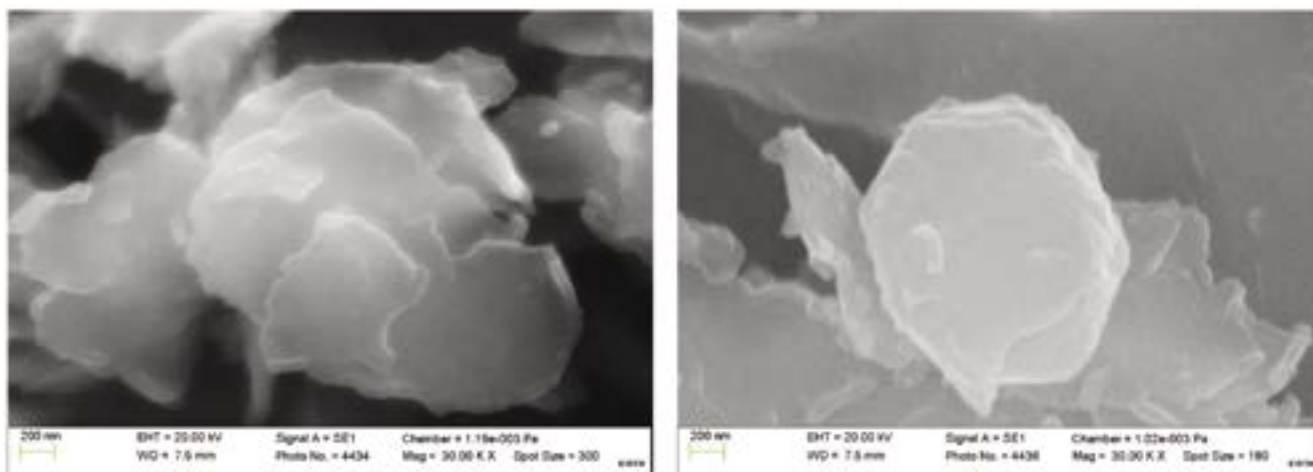


Рис. 7. РЭМ изображение глины Власово-Тимонинского месторождения. Фрагменты, представляющие глинистые минералы

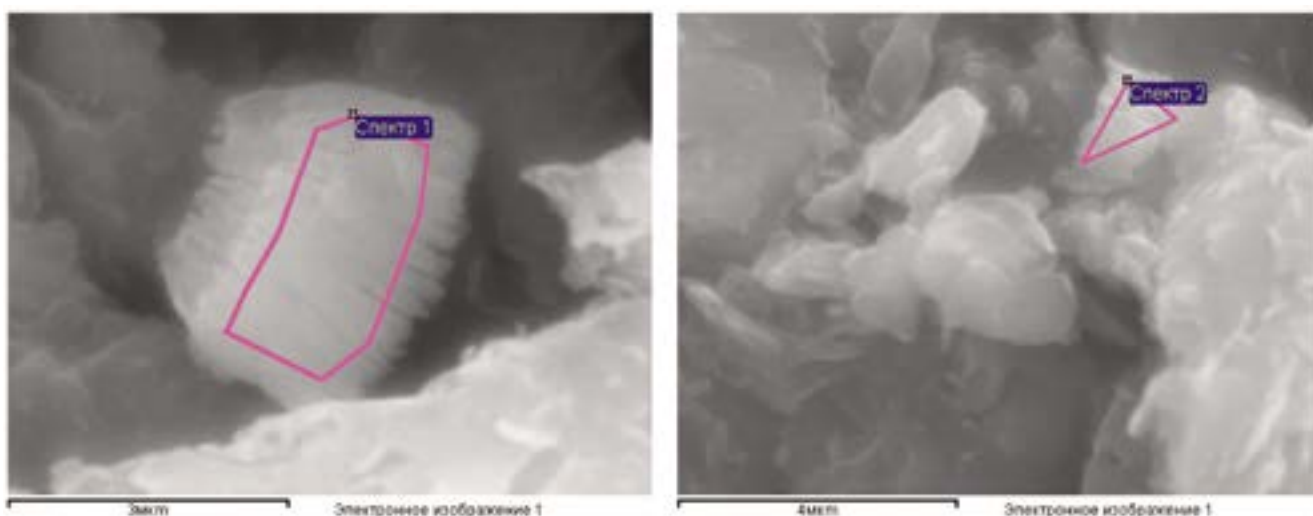


Рис. 8. РЭМ изображение глины Власово-Тимонинского месторождения. Элементный состав из рентгеновских спектров участков, %, обозначенных «Спектр 1»: О – 57; Mg – 1; Al – 13; Si – 26; Fe – 2; «Спектр 2»: О – 66; Mg – 1; Al – 10; Si – 18; K – 2; Ti – 1; Fe – 2%

Таблица 3

Изменения фазового состава модифицированной глины Сахаровского месторождения

T _{обж}	Кварц	ПШ	Мусковит	Хлорит	Монтмориллонит	Кальцит	Доломит	Акерманит	Волластонит	Диопсид	Аморфная фаза
50	44	25	6	7	8	7	3				
1050	36	22	0					2	5	9	26
50*	48	26	0						5	7	14

Примечание. * – фазовый состав остывшего после обжига при 1050°C образца.

Отметим достаточно высокие прочностные характеристики образцов керамики из глины Власово-Тимонинского месторождения (табл. 4).

Практически результаты исследования власово-тимонинской глины были на заводе по производству лицевого кирпича Группы ЛСР в г. Павловском Посаде Московской обл.

Специалисты завода столкнулись с существенной разницей в цвете кирпича светлых тонов, производимого из добываемой на собственном карьере власово-тимонинской глины. Разнотон на печной вагонетке располагался следующим образом: снаружи садового пакета кирпич более светлый, с желтым оттенком, однотонный, внутри пакета – темнее, с разными красноватыми оттенками. При этом по ширине и высоте печного канала существенной разницы в распределении цветов нет, за исключением 2–4 верхних рядов пакета, имеющих светло желтый оттенок.

Исходная гипотеза о конденсации влаги и сернистых соединений из дымовых газов на холодный полуфабрикат в начале печи не подтвердилась, и было решено провести углубленные исследования.

Обнаруженный факт кристаллизации гематита при охлаждении образца позволил выдвинуть и экспериментально проверить другую гипотезу. Наружная часть пакета кирпича в зоне быстрого охлаждения интенсивно омывается холодным воздухом, в результате чего значительная часть оксида железа (III) остается растворенной в стеклофазе, что обуславливает желтую, «золотистую» окраску поверхности. Внутри пакета охлаждение идет плавно и оксид железа (III) кристаллизуется в виде гематита, что обуславливает красный оттенок.

Было решено принудительно уменьшить скорость подачи холодного воздуха в зоне быстрого охлаждения на 20–30% с одновременным уменьшением на 30% разрешенной периодичности подачи холодного воздуха.

Таблица 4
Характеристики образцов керамики из глины
Власово-Тимонинского месторождения
(образцы компрессионного формования 30 МПа)

Температура обжига, °С	950	1000	1100	1130
Плотность, г/см ³	1,84	2,07	2,18	2,17
Водопоглощение, %	9,4	8,8	3,6	4,1
Прочность при сжатии, МПа	44	59	69	91

Рост температуры в конце зоны быстрого охлаждения с 650–680 до 760–790°С был компенсирован более интенсивной подачей холодного воздуха на выходе печи (через вентиляторы конечного вдувания). В результате более плавного и равномерного по объему садки охлаждения готовый кирпич снаружи садового пакета приобрел более красный оттенок, а разнотон существенно уменьшился.

Список литературы

1. Тимошенко Т.И., Шамшуров В.М., Тимошенко К.В. Исследование процесса фазообразования при термообработке каолинита // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов: Сб. докл. Международной научно-практической конференции, Белгород, 5–8 октября 2010.
2. Сидельникова М.Б., Погребенков В.М. Керамические пигменты на основе природного и техногенного минерального сырья. Томск: Томский политехнический университет, 2014. 262 с.

3. Щеголев И.Ф. Элементы статистической механики, термодинамики и кинетики. 2-е изд. Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2008. 208 с.
4. Салахов А.М., Тагиров Л.Р. Структурообразование керамики из глин, формирующих при обжиге различные минеральные фазы // *Строительные материалы*. 2015. № 8. С. 68–74.
5. Мерер Х. Диффузия в твердых телах: Монография / Пер. с англ.: Научное издание. Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2011. 536 с.
6. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. Введение / Пер. с англ. М.: Мир, 1990. 334 с.

References

1. Timoshenco T.I., Shamshurov V.M., Timoshenco K.V. Issledovanie prozessa fasoobrazovaniy pri termoobrabotke kaolinita. Belgorod. 2010.
2. Sidelnikova M.B., Pogrebencov V.M. Keramicheskie pigmenti na osnove prirodnoy i tehnogennoy mineralnoy ciria. Tomsk. 2014. 262 p.
3. Schegolev I.F. Elementy statisticheskoy mekhaniki, termodinamiki i kinetiki. Dolgoprudniy: «Intellect». 2008. 208 p.
4. Salakhov A.M., Tagirov L.R. Structuroobrazovanie keramiki iz glin, formiruiushich pri obshige razlichnie mineralnie fazi. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 8, pp. 68–74. (In Russian).
5. Merer Kh. Diffusiya v tverdykh telakh [Diffusion in Solids. Translation from English: Scientific publication]. Dolgoprudniy: «Intellect». 2011. 536 p.
6. Nicolis G., Prigogine I. Posnanie sloznogo. Vvedenie. [Exploring complexity. An introduction. Translation from English]. Moscow. Mir, 1990. 334 p.



**7–9
сентября
2016 г.**

**Республика Адыгея
г. Майкоп**

**Оргкомитет:
140050, Московская обл.,
п. Красково,
ул. К. Маркса, д. 117,
РГА**

**Телефон:
+7 8-916-501-36-56**

**E-mail: rga-service@mail.ru
www.rosgips.ru**

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

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

Тематика конференции:

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

Генеральный информационный спонсор: журнал 

Д.В. КРОЛЕВЕЦКИЙ, канд. техн. наук, руководитель продаж и технической поддержки (керамика), Р.Н. ГРЫЗУНОВ, менеджер по продажам и маркетингу (грубая керамика), SIBELCO EUROPE (СИБЕЛКО ЕВРОПА)

Минералы группы Сибелко, рекомендуемые для производства керамического кирпича

Сибелко Геертруиденберг. Производство минеральных пигментов, 2016 г.

Компания (SIBELCO EUROPE (СИБЕЛКО ЕВРОПА), основанная в 1872 г., является мировым лидером по добыче и поставкам минерального сырья. В состав компании входят 228 производственных предприятий в 41 государстве на 5 континентах. Число сотрудников – свыше 10 тыс. Основные сырьевые материалы, поставляемые SIBELCO на мировые рынки для различных отраслей промышленности: кварцевые пески, глины, каолины, полевые шпаты, минеральные пигменты и наполнители.

Российским производителям керамического кирпича компания SIBELCO готова предложить следующие виды сырья.

Светложгущиеся пластичные глины.

Светложгущиеся глины для керамического кирпича представлены торговой маркой **Vantage** (Вантаж). Глины добываются Воронежским рудоуправлением на Латненском месторождении. Разновидность добываемых марок позволяет использовать глины в разных отраслях промышленности, в том числе и в производстве керамического кирпича.

До вхождения ОАО «Воронежское рудоуправление» в группу компаний SIBELCO латненские глины поставлялись всего четырем производителям кирпича ввиду малой производительности предприятия. С вхождением в группу SIBELCO в 2014 г. производительность на Воронежском рудоуправлении значительно увеличилась, что позволило привлечь новых клиентов-производителей кирпича. В 2016 г. число клиентов выросло до 12.

Изменения в кадровом составе, обновление лаборатории, новая горная техника, фасовка глины в биг-беги, ремонты железнодорожных путей и дорог, создание промежуточного склада – этого уже удалось достичь, но это далеко не полный перечень из запланированных SIBELCO улучшений на предприятии.

В декабре 2016 г. ожидается запуск комплекса шихтования глин, сконструированного по аналогии с уже действующими комплексами в подразделениях SIBELCO в Англии,

на Украине и в Германии. Шихтовальный комплекс позволит повысить стабильность продукта и приблизить к европейским стандартам качества.

С 2016 г. ассортимент глин **Vantage** включает пять марок продукции для следующих применений:

- производство лицевого и клинкерного кирпича белого, бежевого и желтого цветов (марки ЛТ-К1, ЛТ-К2 new, ЛТ-К3, ЛТ-ПК);
- производство крупноформатного поризованного кирпича и блоков без использования дополнительных поризующих добавок (марка ЛТ-У1).

Обращает на себя внимание новая марка в линейке продуктов для лицевого и клинкерного кирпича – глина ЛТ-К2. Основные параметры глины ЛТ-К2: Fe₂O₃ <1%; Al₂O₃ – 17,5%; ППП – 9%.

Сибелко Воронежское РУ. Технология добычи, 2016 г.





Сибелко Раменский ГОК. Фильтр-пресс, 2016 г.



Сибелко Раменский ГОК. Обоганительная фабрика, 2016 г.

Ключевые характеристики глин Vantage:

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

Красножгущаяся пластичная глина.

Пластичная глина **PlastTon (ПластТон)** производится на Раменском ГОКе в Московской области путем обезвоживания глинистых составляющих, которые остаются после обогащения кварцевого песка. Глинистые хвосты проходят через сгуститель и фильтр-пресс, что позволяет получить глину, отличающуюся высокой пластичностью, нечувствительностью к сушке, широким интервалом спекания и прочностью обожженного керамического камня. Запуск проекта состоялся в декабре 2015 г., производственная мощность составляет 50 тыс. т/год.

Глина **PlastTon** может использоваться как добавка к местным глинам для улучшения характеристик. Подходит для производства строительного, лицевого и клинкерного кирпича.

Ключевые характеристики глины PlastTon:

- высокая пластичность;
- малая чувствительность к сушке;
- отсутствие карбонатных включений;
- стабильность состава;
- низкое содержание водорастворимых солей;
- высокая прочность обожженного керамического камня.

Минеральные пигменты.

Минеральные пигменты, производимые **SIBELCO** в Нидерландах на заводе в Геертруиденберге, используются для получения новых цветовых решений методом объемного окрашивания.

Марганцевые пигменты выпускаются под торговой маркой **Mangalox (Мангалокс)**. Диоксид марганца **MangaloxA45** и тетраоксид марганца **MangaloxH25** используются для по-

лучения темной цветовой гаммы, от светло-коричневого до темно-коричневого (шоколадного) и черного цветов.

Хромит **Portachrom (Портахром)** в комбинации со светложгущими глинами позволяет производить кирпич серых оттенков – от светло-серого до темно-серого («графитового») цвета.

Оксид железа **Portafer (Портафер)** – минеральный пигмент для производства темно-красного кирпича. Высокое содержание активных веществ позволяет получать изделие от насыщенного красного до темно-красного и красно-коричневого цвета.

Совместное использование **MangaloxA45** и **PortaferW38** в соотношении 2:1 применяется для получения кирпича черного цвета.

Ключевые характеристики пигментов:

- высокая дисперсность;
- высокое содержание активных веществ;
- стабильность свойств.

Строительные пески.

Пески марок **OT** и **OM** добываются на месторождениях Чулковское (Московская область) и Крапивенское (Новгородская область), усредняются и очищаются от крупнозернистых и глинистых включений на обоганительных фабриках **SIBELCO**. Пески не содержат карбонатных включений и не требуют отсева крупных фракций при добавлении в шихту.

Помимо поставок промышленного сырья, компания **SIBELCO** осуществляет техническую поддержку клиентов на всех стадиях сотрудничества. Технический центр в городе Руппах-Гольдхаузен (Германия) оснащен современным оборудованием, отличается опытной командой экспертов в керамической отрасли, возможностью проведения полного комплекса исследований (анализ сырьевых материалов, разработка и корректировка рецептур и т. д.).

Предлагая минеральные ресурсы и техническую поддержку, **SIBELCO** стремится стать для клиентов постоянным и надежным партнером.



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



Народное предприятие «Челябинское рудоуправление»: 90 лет

производства уникального горного оборудования и поставки высококачественных глин и песков

Закрытое акционерное общество работников «Народное предприятие «Челябинское рудоуправление» одно из старейших в Челябинской обл., основано 90 лет назад в 1926 г.

В 1946 г. силами работников рудоуправления были разработаны чертежи первого роторного экскаватора, который в том же году изготовлен в мастерских рудоуправления. С 1947 г. на карьере глин внедряется транспортно-отвальная система разработки с применением экскаваторов Э-751, ЭПГ-1,5 и отвалообразователя на железнодорожном ходу. Консольные отвалообразователи конструировались и изготавливались также силами рудоуправления. Значительный рост объемов горных работ произошел в 1950–1960-е гг. С 1966 г. на песчаном карьере внедрена гидромеханизированная технология добычи песка.

В советский период Челябинское рудоуправление являлось градообразующим предприятием районного центра Увельский (численность свыше 10 тыс. человек). Его силами было построено большое количество объектов, таких как больница, дом культуры «Горняк», стадион, две высоковольтные подстанции, от которых осуществляется все энергоснабжение п. Увельский, канализационные сети поселка и множество других объектов.



В 1999 г. при содействии Главы Увельского района А.Г. Литовченко Челябинское рудоуправление одним из первых пяти предприятий в Российской Федерации и первым Уральском регионе стало народным предприятием.

С 2009 г. генеральным директором предприятия является Петелин Александр Дмитриевич.

В настоящее время в коллективе Челябинского рудоуправления трудится около трехсот человек. Основными видами деятельности предприятия являются добыча огнеупорных, керамических, формовочных глин и формовочных песков. Постоянно ведутся работы по модернизации и изготовлению собственными силами горного оборудования (роторных экскаваторов, отвалообразователей).

Сырье, выпускаемое Челябинским рудоуправлением, уникально по стабильности химического состава и физическим свойствам среди аналогичной продукции, производимой на Урале.

ЗАОр «НП «ЧРУ» обеспечивает потребность в огнеупорном сырье и формовочных материалах крупнейшие предприятия металлургического и машиностроительного комплекса Челябинской и Свердловской областей, а также других регионов России, керамическими глинами – предприятия строительной индустрии. Кроме того, продукция поставляется в республики Казахстан и Азербайджан.

В связи с появлением на российском рынке новых строительных материалов отечественного производства, таких как керамический кирпич объемного окрашивания, керамических блоков, керамогранита, клинкера, которые замещают аналогичную продукцию, ранее поступавшую из Европы, возникла острая потребность в высококачественном сырье для производства данных материалов. В настоящее время Челябинское рудоуправление полностью обеспечивает таким сырьем ОАО «Ревдинский кирпичный завод» в Свердловской обл. и ООО «Экоклинкер» в г. Новочебоксарске, выпускающие современные материалы.

Практика многих предприятий по производству керамических изделий в мире показывает, что классический терракотовый цвет кирпича не так востребован по сравнению с другими цветами. Для получения кирпича цветного и светлых оттенков, пользующегося большим спросом, в производстве используют различные беложгущиеся глины.

Беложгущаяся глина – это особый сорт, который издавна используется для производства светлого кирпича. Керамическая продукция светлых оттенков особенно популярна в сфере строительства. Облицовочный светлый кирпич по физико-механическим свойствам не отличается от классического красного кирпича: он долговечен и прочен, что позволяет строить дома на века; устойчив к низкой температуре, что особенно актуально в российском строительстве. Внешняя красота дома из кирпича неподвластна времени, наоборот, с годами он будет выглядеть еще изысканней. А использование светлых тонов в строительстве позволяет придать возведенным домам и конструкциям (например, заборам и элементам садово-парковой архитектуры) элегантность. Единственное горное предприятие в УрФО, ведущее добычу беложгущихся глин – ЗАОр «НП «ЧРУ».

В 2004 г. в Челябинское рудоуправление впервые обратились специалисты Ревдинского кирпичного завода с просьбой поставить на завод определенные сорта светложгущихся глин, что стало возможным благодаря добыче селективным способом, при котором из общей массы залегания глин ведется отбор непосредственно по сортам. При необходимости в дальнейшем глины смешиваются и усредняются на складе под конкретные потребности предприятия.

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

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

Минеральный состав (качественный фазовый состав) кирпича был определен рентгенофазовым анализом. При этом выявлено, что образец кирпича содержит в значительном количестве кварц SiO_2 , гематит $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ и диопсид. Более точный фактический минеральный состав определен петрографическим методом (см. таблицу). Реальный минеральный со-

огнеупорный завод» с применением глины Нижне-Увельского месторождения марки НУ-2. Клинкерный кирпич, полученный на ОАО «Сухоложский огнеупорный завод» при температуре обжига 1250°C имеет марку М500 и выше, водопоглощение менее 5%. По физико-техническим характеристикам он соответствует Европейским стандартам.

Глина Нижне-Увельского месторождения имеет уникальные особенности. Так, интервал спекания составляет 980–1300°C. Это позволяет использовать ее как для получения обычного строительного кирпича, так и для клинкерного. Это обусловлено физико-химическими превращениями при обжиге изделий. Спекание керамических материалов, обуславливающее формирование основных свойств готовой продукции, происходит в несколько этапов. Первоначально образуется жидкая фаза, посредством которой обеспечивается взаимодействие между частицами, после чего начинается процесс кристаллизации муллита $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$. При максимальной температуре происходит перекристаллизация с получением пор, которые помогают диффузионному процессу равномерного распределения и гомогенизации на структурном уровне – стеклофазы, муллита и кристаллов кварца.

Образование муллита начинается при температуре 900°C. $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ образует игольчатые, призматические и волокнистые кристаллы с ясно различной совершенной спайностью. Именно образование муллита и различных шпинелевидных модификаций кварца обеспечивает возможность получения высокомарочного керамического кирпича. При температуре 1100–1300°C муллит переходит в новую модификацию – кристобаллит, что способствует большему уплотнению частиц в объеме и, как следствие, к сужению образовавшихся пор. Это приводит к значительному снижению водопоглощения готовых изделий.

Глины Нижне-Увельского месторождения находят все большее применение не только для производства огнеупорных изделий и керамической плитки, но и для производства строительного кирпича объемного окрашивания. А также и для производства клинкерного кирпича в соответствии с ГОСТ 530–2012.

Запасы глинистого сырья, его рациональное использование, постоянное совершенствование технологии добычи и тесное взаимодействие с отраслевой наукой и производственными предприятиями позволяет коллективу Народного предприятия «Челябинское рудоуправление» позиционировать себя как надежного партнера керамической промышленности и с уверенностью смотреть в будущее.



Минералы		Содержание минералов, мас. %*
Название	Химическая формула	
Гематит	$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$	3–4 / 3,5
Кварц	$\beta\text{-SiO}_2$	30–35 / 32,5
Стеклофаза	$R_2O\text{-}RO\text{-}R_2O_3\text{-}nSiO_2$	46–50 / 48
Анортит	$CaO\text{-}Al_2O_3\text{-}2SiO_2$	6–8 / 7
Диопсид	$CaO\text{-}MgO\text{-}2SiO_2$	8–10 / 9
Магнетит	$FeO\text{-}Fe_2O_3$	≤0,5
Железо металлическое	$\alpha\text{-Fe}$	≤0,3

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

став представлен преимущественно, мас. %: стеклофазой – 41–50, кварцем – 15–35, анортитом – 5–22, диопсидом – 8–12. Также присутствуют шпинель, магнетит и металлическое железо.

В связи с возрастающим спросом на клинкерный кирпич, кирпичные заводы начали искать сырье, которое бы подходило для его производства. В 1980-е гг. глины Нижне-Увельского месторождения впервые были применены в производстве кислотоупорного кирпича на свердловском Заводе керамических изделий. Характеристики кислотоупорного (полнотелого) кирпича при температуре обжига 1250°C были следующие: марка прочности при сжатии М500 и выше, водопоглощение – 0%. В 2005 г. на ОАО «РКЗ» выпустили пустотелый кирпич из этой глины при температуре обжига 1100°C маркой М350 и водопоглощением – менее 5%. В 2014 г. на Чайковском кирпичном заводе (Пермский край) был выпущен полнотелый кирпич светлого цвета из глины НУПК при температуре 980°C марки М400 и более, водопоглощением менее 12%. С 2015 г. активно проводятся работы по получению клинкерного кирпича на ОАО «Сухоложский

А.Ю. СТОЛБОВУШКИН¹, д-р техн. наук (stanyr@list.ru); Г.И. СТОРОЖЕНКО², д-р техн. наук (baskey_ltd@mail.ru); А.И. ИВАНОВ¹, инженер (assasian@yandex.ru), В.А. СЫРОМЯСОВ¹, инженер, Д.В. АКСТ¹, инженер

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

² ООО «Баскей Керамик» (454111, г. Челябинск, ул. Степана Разина, 16)

Рациональные способы массоподготовки сырья в технологии стеновой керамики компрессионного формования*

Сформулированы рациональные способы массоподготовки сырья в технологии стеновой керамики компрессионного формования. Установлено, что для низкосортного глинистого сырья и промышленных отходов необходимо измельчение до класса -0,3+0 мм. Наилучшая упаковка тонкодисперсного сырья при прессовании достигается за счет его предварительной агрегации в смесителях-грануляторах интенсивного действия. Установлено, что при оптимальном давлении прессования в процессе уплотнения сырца до пластической деформации гранул на их границах происходит концентрация жидкой фазы вследствие выжимания влаги из тела гранул, что способствует спеканию изделий в процессе обжига. В заводских условиях подтверждена возможность получения лицевого и эффективного керамического кирпича компрессионного формования из низкосортного сырья и промышленных отходов с оптимальной структурой, высокими физико-механическими и декоративными свойствами.

Ключевые слова: рациональная массоподготовка, керамический кирпич, компрессионное формование, грануляция, оптимальная структура.

A.Yu. STOLBOUSHKIN¹, Doctor of Sciences (Engineering) (stanyr@list.ru); G.I. STOROZHENKO², Doctor of Sciences (Engineering) (baskey_ltd@mail.ru); A.I. IVANOV¹, Engineer (assasian@yandex.ru), V.A. SYROMYASOV¹, Engineer, D.V. AKST¹, Engineer

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

² «Baskey Keramik», ООО (1b, Stepana Razina Street, Chelyabinsk, 454111, Russian Federation)

Rational Methods for Raw Material Preparation in the Wall Ceramics Technology of Compression Molding*

The rational methods for raw material preparation in the wall ceramics technology of compression molding are formulated. It is established that for the low-quality clay raw materials and industrial waste the grinding up to class -0.3 +0 mm is required. The best packaging of the fine-dispersed raw material during the molding is achieved through its preliminary aggregation in the mixer-granulators of intense action. It is found that at optimal molding pressures in the process of adobe compaction before the plastic deformation of granules at their boundaries the concentration of the liquid phase takes place due to the squeezing moisture out of the granules that contributes to sintering of the product during burning. In the industrial conditions the possibility for production of an effective facing ceramic brick by compression molding from low-quality raw material and industrial wastes with an optimal structure, high mechanical and decorative qualities is confirmed.

Keywords: rational raw material preparation, ceramic brick, compression molding, granulation, optimal structure

Общеизвестно, что кирпич является одним из самых древних искусственных строительных материалов, используемых еще со времен Древнего Египта и Месопотамии [1]. Несмотря на то что технология его изготовления развивалась и совершенствовалась на протяжении тысячелетий, кардинальные изменения произошли только в прошлом столетии, в период первой промышленной революции, характеризующейся переходом от ручного труда к машинному [2]. В настоящее время можно выделить два основных способа изготовления керамического кирпича в зависимости от способа формования сырцовых изделий – экструзионный (пластическое и жесткое формование) и компрессионный (полусухое прессование). Наиболее распространенным является традиционный метод пластической экструзии керамических масс с использованием ленточных вакуумных прессов, позволяющий получать при использовании пластичных элювиальных глин, расположенных преимущественно в Европе, хорошие результаты как по качеству, так и по ассортименту готовой продукции. Эта технология, имеющая высокую степень автоматизации и технического оснащения, активно продвигается на отечественный рынок зарубежными производителями оборудования для кирпичных заводов.

Однако, по мнению авторов, керамическая отрасль стройиндустрии в России, безусловно, опираясь на передовые мировые достижения в этой области, должна все-таки иметь свой вектор развития. Это обусловлено рядом причин, а именно:

– *истощение запасов качественных природных глин и повсеместное распространение на значительной территории страны тощих пылеватых суглинков* [3], мало пригодных для использования по пластической технологии. Например, при запуске крупных кирпичных заводов в Новосибирской области и Красноярском крае, построенных ведущими зарубежными фирмами – производителями оборудования, возникли проблемы качества изделий, получаемых из местного делювиального суглинистого сырья. Проблема была решена только за счет введения в состав шихты до 20 мас. % привозной пластичной глины, что нерационально в условиях транспортной логистики российских территорий;

– *накопление колоссальных «запасов» глиноподобных минеральных промышленных отходов*, зачастую плохо формирующихся, однако являющихся при этом потенциальным сырьевым ресурсом для производства стеновой керамики в случае перехода на новую, «непластичную» технологию производства [4–6];

– *нарушение интеграции в постсоветском пространстве и упадок машиностроительной отрасли*, которые привели к отставанию и зависимости от импорта западноевропейского технологического оборудования и комплектующих в сфере строительных материалов.

Указанные причины на фоне глобализации экономики, подчинения ее интересам транснациональных корпораций, санкционной политики западноевропейских стран и роста курса иностранной валюты обязывают Россию к выбору своего пути развития.

*Работа выполнена в ИТ СО РАН при поддержке Минобрнауки РФ, Соглашение 14.607.21.0106, уникальный идентификатор RFMEF - 160714 X 0106

*Work performed at the Institute of Thermal Physics SB RAS, with the support of Ministry of Education of the Russian Federation, the Agreement 14.607.21.0106, a unique identifier RFMEF - 160714 X 0106

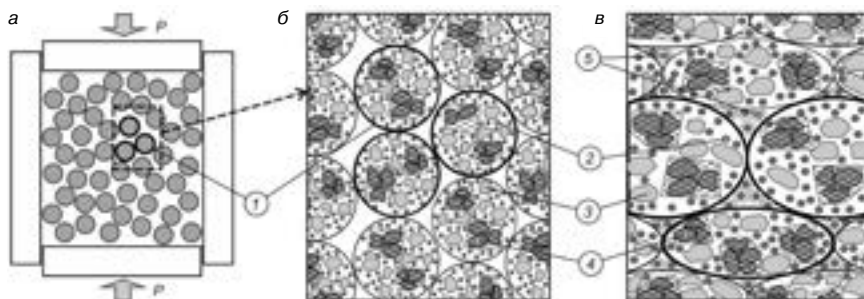


Рис. 1. Схема компрессионного формования сырца при двухстороннем приложении нагрузки (а); гранулированный пресс-порошок до пластической деформации гранул (б); структура отформованного сырца (в); 1 – гранулы керамической пресс-массы; 2 – глинистые минералы; 3 – неглинистые минералы; 4 – кластеры из минеральной фазы; 5 – коллоидная фракция глинистых минералов

В рамках выполнения программы по импортозамещению [7] для отрасли керамических стеновых материалов актуальным является разработка отечественных технологий и оборудования, ориентированных на выпуск высококачественной продукции, с учетом особенностей местного и не всегда качественного керамического сырья.

Цель настоящей работы заключалась в разработке рациональных способов массоподготовки малопластичных (природных и техногенных) сырьевых материалов в технологии стеновой керамики компрессионного формования для получения лицевого и эффективного кирпича оптимальной структуры.

Полувековой опыт работы кирпичных заводов полусухого прессования в нашей стране показал невысокое качество выпускаемой продукции в части прочности при изгибе и морозостойкости по сравнению с изделиями пластического формования. Этому способствовало недостаточное измельчение сырьевых материалов (вплоть до 3 мм включительно), что несравнимо с пластической технологией, при которой на вальцах супертонкого помола можно обеспечить помол сырья до 0,5–0,7 мм [8]. Неоднородность состава пресс-порошков, получаемых из грубозернистых масс, обуславливает неравномерность заполнения пресс-форм, что приводит к получению рыхлого сырца низкой прочности.

Избежать дефектов структуры керамических изделий полусухого прессования [9] позволяет разработанный авторами способ формирования оптимальной структуры керамического кирпича за счет тонкого помола, грануляции, компрессионного формования, сушки и обжига изделий.

Достижение высокой степени однородности и качества глинистого сырья на стадии массоподготовки возможно за счет его тонкого помола до 0,3 мм на роторных вихревых мельницах-сушилках компании «Баскей Керamik», в результате чего получают однородные тонкодисперсные порошки влажностью 4–6% [10]. Формование кирпича-сырца из таких порошков невозможно по причине их высокой дисперсности, поэтому рациональным представляется получение пресс-порошков на их основе путем управляемой грануляции.

Получение из активированного тонкодисперсного сырья гранулированных пресс-порошков возможно при использовании современных смесителей-грануляторов интенсивного действия. В них за счет изменения скорости вращения лопастей возможно регулирование гранулометрии пресс-масс в широких пределах, а сложное турбулентное движение материала обеспечивает активное смешение компонентов сырья и равномерное распределение влажности во всем объеме получаемого гранулята.

Рациональный гранулометрический состав является решающей предпосылкой качественного прессования, а

связанная с ним компактная упаковка гранул во многом определяет конечную среднюю плотность полуфабриката и целенаправленно влияет на такие важнейшие свойства обжигаемого изделия, как прочность, водопоглощение, морозостойкость и другие. Исследования, проведенные для традиционной технологии полусухого прессования полувековой давности, показали, что минимальную пористость имеет сырец, содержащий 40–50% фракции 3–1 мм, 10–20% фракции 1–0,5 мм и 50–40% фракции <0,5 мм [11, 12].

Авторами установлено [13], что структура сырца из гранулированных тонкодисперсных масс с преобладающим размером гранул 1–3 мм существенно отличается от структуры сырца полусухого прессования, полученного традиционной сушильно-помольной технологией массоподготовки, и дает результаты, схожие с пластическим формованием изделий.

При планировании и проведении исследований были разработаны модели формирования структуры кирпича-сырца из гранулированного пресс-порошка (рис. 1). На начальном этапе компрессионного формования материала происходит переорганизация и сближение гранул. Далее при нарастании прессового давления протекает их пластическая необратимая деформация с одновременным удалением воздуха из пространства между ними. Установлено, что при оптимальном давлении прессования в процессе уплотнения сырца до пластической деформации гранул в приповерхностном слое и на границе между ними происходит концентрация жидкой фазы вследствие выжимания влаги из центральной части тела гранул (рис. 1, в).

Реализация изложенных принципов рациональной массоподготовки для получения лицевого, в том числе и объемно-окрашенной, и эффективной керамики компрессионного формования была проведена на примере тощего суглинистого сырья и промышленных отходов. В работе использовались новокузнецкий суглинок, отходы обогащения углистых аргиллитов Коркинского угольного разреза (Челябинская обл.), шламистая часть отходов обогащения железных руд Абагурской обогатительно-агломерационной фабрики (г. Новокузнецк). В качестве структурирующей и порообразующей добавки для получения эффективной керамики использовалось гранулированное пеностекло из природных опал-кристаллитовых пород (г. Челябинск). Для объемного окрашивания стеновых керамических материалов использовались ванадиевый шлак Нижнетагильского металлургического комбината (Свердловская обл.) и отходы обогащения марганцевых руд Селезеньского рудника (Кемеровская обл.).

Новокузнецкий суглинок относится к наиболее распространенным на территории Сибири и Красноярского края глинистым породам. Сырье низкодисперсное, неспекающееся, высокочувствительное к сушке, по минеральному составу относится к полиминеральным породам гидрослюдисто-каолинит-монтмориллонитового типа. Шламистые железорудные отходы имеют полиминеральный состав, представленный полевыми шпатами, кварцем, слюдой, пироксеном, амфиболами, хлоритами железистого типа с небольшим содержанием глинистых смешанослойных образований. Материал тонкодисперсный, малопластичный, неспекающийся с низкой чувствительностью к сушке. Минеральный состав отходов углеобогащения представлен кварцем, полевыми шпатами, карбонатами; основным минеральным фоном

Таблица 1

Наименование	Массовая доля компонентов на высушенное вещество, %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO ₂	F ₂ O	V ₂ O ₅	ППП
Суглинок	62,85	14,17	0,85	4,91	4,44	2,38	–	3,8	–	5,4
Железорудные отходы	34,99	8,99	0,36	19,69	14,97	11,88	0,59	1,15	–	10,9
Углеотходы	48,13	16,81	0,76	17,21	2,01	2,44	–	1,9	–	11,42
Ванадиевый шлак	28,4	9,8	–	12,6	2,3	31,64	0,64	–	12,3	–
Отходы обогащения марганцевых руд	12,65	–	9,52	–	2,14	5,4	8,77	–	14,24	–

глинистых фракций углеотходов являются гидрослюда (преимущественно гидромусковит) и минералы группы каолинита. Химический состав сырья представлен в табл. 1.

Сушка и помол сырья осуществлялись в вихревой мельнице-сушилке УСП-С-04.55М до класса -0,3+0. Оценка дисперсного состава после измельчения материала была проведена на лазерном гранулометре Malvern Mastersizer 2000, результаты исследования приведены в табл. 2.

Грануляция тонкодисперсных порошков проводилась в турболопастных смесителях-грануляторах типа ТЛ-20, ТЛ-100 до формирования гранул диаметра 1–3 мм при одновременном увлажнении до формовочной влажности. В процессе работы были определены оптимальные параметры получения гранулированных шихт.

Для улучшения спекания изделий, обеспеченного формированием матричной структуры керамики [5], гранулированные отходы опудривались тонкодисперсным суглинком, а для объемного окрашивания – смесью суглинка с отходами, содержащими красящие оксиды V₂O₅ и MnO₂.

Для получения эффективной стеновой керамики увлажненное гранулированное пеностекло покрывалось слоем тонкодисперсного суглинка. Параметры грануляции, вещественный и гранулометрический состав керамических шихт приведены в табл. 3.

Результаты лабораторных исследований показали, что необходимое количество воды для грануляции порошков составляет 10–17 мас. % [14]. Данные показатели по влажности сопоставимы с экструзионной технологией жесткого формования, поэтому при характеристике способа, обычно называемого полусухим прессованием, для разработанного способа получения изделий из гранулированных масс более корректно использовать термин «компрессионное формование».

Оптимизация составов керамических шихт из гранулированных дисперсных порошков проводилась на образцах диаметром 50 мм и высотой 45–50 мм при прессовом давлении 12–15 МПа с двусторонним приложением нагрузки. Образцы обжигались в муфельной печи при максимальной температуре 1000–1050°C. Макроструктура полученных лицевых и эффективных керамических стеновых материалов и результаты испы-

Таблица 2

Сырье	Содержание фракций, %, размер частиц, мм					
	0,315–0,1	0,1–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001
Суглинок	16,37	36,25	34,81	3,2	4,73	4,64
Железорудные отходы	24,65	18,38	29,08	8,92	15,63	3,34
Углеотходы	0,02	1,16	25,11	19,8	21,41	32,5
Ванадиевый шлак	0,21	0,65	12,1	16,29	54,73	16,02
Отходы обогащения марганцевых руд	24,73	16,98	36,71	7,5	12,73	1,35

Таблица 3

№ шихты	Состав шихты	Содержание, мас. %	W, %	V _{тл} , с ⁻¹	Частные остатки, %, на ситах, мм			
					5	2,5	1,2	дно
1	Суглинок	100	11,0	125,6	1,54	14,42	72,83	11,21
2	Железорудные отходы Суглинок	80	9,8	94,2	1,87	34,62	56,59	6,92
		20						
3	Углеотходы Суглинок	80	16,4	157,1	2,54	40,95	33,65	28,57
		20						
4	Гранулированное пеностекло Суглинок	70	16,9	188,5	0	53,5	25,4	21,1
		30						
5	Железорудные отходы Суглинок Ванадиевый шлак	80	10,2	94,2	1,82	42,27	41,36	14,55
		15						
		5						
6	Отходы обогащения марганцевых руд Суглинок	10	12,1	125,6	1,6	25,3	64,61	8,49
		90						

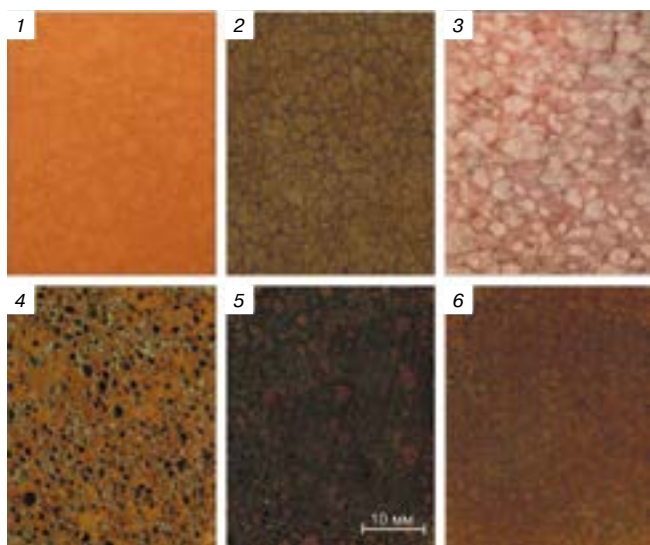


Рис. 2. Макроструктура стеновых керамических изделий, полученных разработанным способом массоподготовки из гранулированных шихт следующего состава (мас. %): суглинок – 100 (1); железорудные отходы – 80 + суглинок – 20 (2); углеотходы – 80 + суглинок – 20 (3); суглинок – 30 + гранулированное пеностекло – 70 (4); железорудные отходы – 80 + суглинок – 15 + ванадиевый шлак – 5 (5); суглинок – 90 + отходы обогащения марганцевой руды – 10 (6)

Таблица 4

№ шихты	Предел прочности при сжатии, МПа	Средняя плотность, кг/м ³	Водопоглощение, %	Морозостойкость, цикл.	Коэффициент конструктивного качества
1	19,3	1670	11,6	>50	11,5
2	24,9	1740	12,6	>50	14,3
3	15,2	1590	17,4	50	9,5
4	16,2	990	7,1	50	16,4
5	25,4	1720	15,2	50	14,8
6	18,1	1840	13,7	>50	9,8

таний их физико-механических свойств представлены на рис. 2 и в табл. 4.

Способы рациональной массоподготовки различных видов сырья были апробированы в промышленных условиях на кирпичных заводах полусухого прессования Сибирского региона (рис. 3).

Результаты исследований доказали возможность получения лицевого и эффективного керамического кир-

Список литературы

1. Kramer C. Ceramic Ethnoarchaeology // *Annual Review of Anthropology*. 1985. No. 14, pp. 77–102.
2. Laefer D. Engineering Properties of Historic Brick: Variability Considerations as a Function of Stationary versus Nonstationary Kiln Types // *Journal of the American Institute for Conservation*. 2004. No. 3, pp. 255–272.
3. Ашмарин Г.Д. Состояние и перспективы развития производственной базы керамических стеновых материалов в России // *Строительные материалы*. 2006. № 8. С. 6.
4. Ашмарин Г.Д., Курносков В.В., Беляев С.Е. и др. Обоснование эффективности компрессионного формования керамических строительных материалов // *Строительные материалы*. 2011. № 8. С. 8–9.
5. Столбушкин А.Ю. Теоретические основы формирования керамических матричных композитов на



Рис. 3. Выпуск опытной партии керамического кирпича из углистых аргиллитов на заводе «Красный кирпич» (Шарыпово, Красноярский край): а – производственный корпус завода; б – прессование сырца на прессе СМ-1085Б; в – кирпич после обжига

пича компрессионного формования из низкосортного сырья и промышленных отходов с оптимальной структурой, высокими физико-механическими и декоративными свойствами, которые получены за счет:

- предварительного тонкого помола до класса -300 мкм закарбонизованного, грубодисперсного сырья для достижения высокой однородности пресс-порошка и устранения вредного влияния карбонатных включений;
- агрегации тонкодисперсных порошков в гранулы с целью их наиболее плотной упаковки и исключения запрессовки воздуха при формовании;
- рациональной гранулометрии пресс-масс с преобладающим размером гранул 1–3 мм, способствующей получению однородной структуры капиллярно-пористого тела;
- введения в состав шихты гранулированного пено-стекла для получения эффективной стеновой керамики;
- использования отходов, содержащих красящие оксиды, для объемного окрашивания лицевых керамических изделий.

Таким образом, проведенные лабораторные исследования и опытно-промышленные испытания показали широкую перспективу развития технологии компрессионного формования стеновых керамических изделий с использованием разработанного способа массоподготовки для различных видов сырьевых материалов.

References

1. Kramer C. Ceramic Ethnoarchaeology. *Annual Review of Anthropology*. 1985. No. 14, pp. 77–102.
2. Laefer D. Engineering Properties of Historic Brick: Variability Considerations as a Function of Stationary versus Nonstationary Kiln Types. *Journal of the American Institute for Conservation*. 2004. No. 3, pp. 255–272.
3. Ashmarin G.D. Status and prospects of development of the production base of ceramic wall materials in Russia. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2006. No. 8, p. 6. (In Russian).
4. Ashmarin G.D., Kurnosov V.V., Belyaev S.E. et al. Substantiation of efficiency of compression molding of ceramic building materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 8, pp. 8–9. (In Russian).
5. Stolboushkin A.Yu. The theoretical basis for formation of ceramic ma-trix composites based on natural and technogenic

- основе техногенного и природного сырья // *Строительные материалы*, 2011. № 2. С. 10–15.
- Шлегель И.Ф. Проблемы полусухого прессования кирпича // *Строительные материалы*. 2005. № 2. С. 18–19.
 - Выломов Ф.А. Импортзамещение строительных материалов в России // *Отраслевой журнал «Строительство»*. Электронный журнал. 2015. № 4. С. 40–42. (http://ancb.ru/files/pdf/pc/Otraslevoy_zhurnal_Stroitelstvo_-_2015_god_04_2015_pc.pdf)
 - Грубачих В. Компания BEDESCHI: второе столетие в лидерах машиностроения для керамической промышленности // *Строительные материалы*. 2009. № 4. С. 30–31.
 - Роговой М.И. Технология искусственных пористых заполнителей и керамики. М.: Стройиздат, 1974. 315 с.
 - Стороженко Г.И., Гуров Н.Г., Чивилев В.Д. и др. Опытно-промышленная апробация технологии тонкого помола минерального, техногенного и глинистого закарбонизированного сырья для производства стеновой керамики // *Строительные материалы*. 2012. № 5. С. 48–50.
 - Справочник по производству строительной керамики. Т. III. Стеновая и кровельная керамика / Под ред. Б.Г. Скрамтаева М.: Стройиздат, 1962. 608 с.
 - Кайнарский И.С., Лесниченко С.Л. Огнеупоры. М.: Стройиздат, 1948. 361 с.
 - Иванов А.И., Столбоушкин А.Ю., Стороженко Г.И. Принципы создания оптимальной структуры керамического кирпича полусухого прессования // *Строительные материалы*. 2015. № 4. С. 65–69.
 - Столбоушкин А.Ю., Иванов А.И., Зоря В.Н. и др. Особенности грануляции техногенного и природного сырья для получения стеновой керамики // *Строительные материалы*. 2012. № 5. С. 85–89.
 - raw materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 2, pp. 10–15. (In Russian).
 - Schlegel I.F. Problems of semidry pressing of bricks. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2005. No. 2, pp. 18–19. (In Russian).
 - Vylomov F.A. Import substitution of building materials in Russia. *Stroitel'stvo*. 2015. No. 4, pp. 40–42. (http://ancb.ru/files/pdf/pc/Otraslevoy_zhurnal_Stroitelstvo_-_2015_god_04_2015_pc.pdf). (In Russian).
 - Grubachich V. Company BEDESCHI: the second century among the leaders of mechanical engineering for the ceramic industry *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2009. No. 4, pp. 30–31. (In Russian).
 - Rogovoy M.I. Tekhnologiya iskusstvennykh poristykh zapolnitelei i keramiki [The technology of artificial porous aggregates and ceramics]. Moscow: Stroyizdat. 1974. 315 p.
 - Storozhenko G.I., Gurov N.G., Chivelev V.D. et al. [Experimental-industrial testing of the technology of fine-grinded mineral and technogenic and clay carbonized raw materials for the production of wall ceramics]. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 5, pp. 48–50. (In Russian).
 - Spravochnik po proizvodstvu stroitel'noi keramiki. Tom III. Stenovaya i krovel'naya keramika [Guide to the production of building ceramics. Volume III. Wall and roof ceramics. Ed. by Skramtaeva B.G.] Moscow: Stroyizdat. 1962. 608 p.
 - Kaynarsky I.S., Lesnichenko S.L. Ogneupory [Refractories]. Moscow: Stroyizdat. 1948. 361 p.
 - Ivanov A.I., Stolboushkin A.Yu., Storozhenko G.I. Principles of creating the optimal structure of a semi-dried pressed ceramic brick. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 4, pp. 65–69. (In Russian).
 - Stolboushkin A.Yu., Ivanov A.I., Zorya V.N. et al. Features of granulation of technogenic and natural raw materials for production of wall ceramics. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 5, pp. 85–89. (In Russian).

Компания SABO S.A. (САБО С.А.) запустила новую линию по текстурированию, пескоструйной обработке, хаотичному окрашиванию, ангобированию, глазурованию керамического облицовочного кирпича на заводе «Технокерамика» (Кинель-Черкасский р-н, Самарская область).

В марте 2016 г. компания SABO S.A. (Греция) и предприятие ООО «Технокерамика» (Самарская обл.) успешно завершили очередной совместный проект: запуск линии по текстурированию, пескоструйной обработке, хаотичному окрашиванию, ангобированию, глазурованию керамического облицовочного кирпича.

Задача проекта – усовершенствовать и увеличить линейку продукции предприятия была успешно выполнена на 100%. Заказчик получил возможность предложить клиентам самый разнообразный выбор продукции.

Благодаря новой установленной линии завод теперь имеет возможность:

- Наносить текстурированные поверхности на кирпич.
 - Делать пескоструйную обработку поверхности кирпича.
 - Окрашивать хаотично или с плавным переходом поверхность кирпича.
 - Окрашивать однородно в любой цвет ангобом поверхности кирпича.
 - Окрашивать однородно в любой цвет глазурью поверхности кирпича.
- Линия, установленная компанией SABO S.A., имеет следующие характеристики:

- экономная в обслуживании;
- эффективная и легкая в эксплуатации;
- имеет неограниченный выбор сочетаний цвета, текстуры и пескоструйной обработки.



Компания SABO S.A. и ее партнер ООО «Технокерамика» в очередной раз показали, что качественное и эффективное сотрудничество и профессиональные взаимоотношения дают высокие результаты.



34002 Васи́лико – Халкис – Эвбея – Греция
Тел.: +30 22210 51805-9, факс: +30 22210 54073
E-mail: sb_sales@sabo.gr www.sabo.gr

Тел. Россия: +7 9177639569

УДК 666.03

В.А. КЛЕВАКИН, инженер (nanokeramika2012@mail.ru), исполнительный директор,
Е.В. КЛЕВАКИНА, инженер, главный технолог

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

Эффективное решение снижения себестоимости керамических изделий, произведенных методом полусухого прессования

Обоснована необходимость введения связующего компонента в шихту для производства клинкерного кирпича методом полусухого прессования. Описана технологическая связка «КОМПАС-БР», которая представляет собой коллоидную смесь жидкого стекла и органических активаторов. Приведены результаты лабораторных исследований эффективности применения связки, проведенных на ОАО «Сухоложский огнеупорный завод». Показано, что при введении связующего «КОМПАС-БР» в количестве 6% прочность образцов увеличилась на 93%.

Ключевые слова: энергосбережение, ресурсосбережение, снижение себестоимости, адгезия, смачивание, кирпич керамический, связующий компонент, жидкое стекло, лигносульфонаты технические, твердофазное спекание.

V.A. KLEVAKIN, Engineer (nanokeramika2012@mail.ru), Executive Director, E.V. KLEVAKINA, Engineer, Chief Technologist
«NANO KERAMIKA» OOO (18a-25, 50 Let SSSR Street, Sverdlovsk Region, Pervouralsk, 623103, Russian Federation)

Efficient Solution of Self-Cost Reduction of Ceramic Products Manufactured by Semi-Dry Pressing Method

The necessity of introducing a binder to the charge for producing the clinker brick by the method of semi-dry compression is substantiated. The technological bond «KOMPAS-BR» which is a colloid mix of liquid glass and organic activators is described. Results of the laboratory study of the bond application efficiency conducted at ОАО «Sukholozhsky огнеупорный завод» are presented. It is shown that the introduction of the binder «KOMPAS-BR» in a quantity of 6% makes it possible to improve the strength of samples by 93%.

Keywords: energy saving, resource saving, self-cost reduction, adhesion, wetting, ceramic brick, binder, liquid glass, technical lignosulphonates, solid-phase sintering.

В существующей технологии производства керамических изделий методом полусухого прессования происходит постоянное увеличение себестоимости готовой продукции. Это связано с ростом стоимости энергоносителей и сырьевых компонентов.

Одним из решений задачи снижения себестоимости продукции может стать применение нового связующего, с помощью которого можно достичь снижения потребления энергии или расхода глинистого сырья. В качестве связующих веществ можно использовать самые различные компоненты, обладающие «склеивающим» (адгезивным) действием и способные затвердевать при нормальных условиях или при изменении условий (нагревание, охлаждение, изменение pH-среды и т. д.). В промышленности к связующим предъявляются ряд дополнительных требований: они должны быть нетоксичны, недефицитны, достаточно дешевы, устойчивы к атмосферным воздействиям.

Явления адгезии напрямую связаны с процессами смачивания, которые определяются интенсивностью взаимодействия между молекулами контактирующих веществ. В нашем случае рассматриваются взаимодействия молекул жидкости, нанесенной на поверхность твердого тела, с молекулами этого твердого тела. Известно, что если молекулы жидкости взаимодействуют с молекулами твердого тела сильнее, чем между собой, то жидкость будет растекаться по поверхности, смачивать ее. Если же молекулы жидкости взаимодействуют друг с другом сильнее, чем с молекулами твердого тела, растекания не произойдет. Между этими двумя крайними случаями, в зависимости от соотношения интенсивности молекулярных сил, действующих, с одной стороны, между молекулами жидкости и с другой — между молекулами жидкости и твердого тела, наблюдаются переходные случаи неполного смачивания, когда капля образует с поверхностью тела определенный равновесный угол, называемый краевым углом, или углом смачивания. Соответственно

наилучшее смачивание происходит при краевом угле, стремящемся к нулю.

Связующие материалы делятся на органические и неорганические. Наиболее распространенными неорганическими связующими являются: жидкое (растворимое) стекло, известь, цемент [1]. Среди них широко применяется жидкое стекло. Оно удовлетворяет практически всем необходимым параметрам. Однако из-за довольно высокого угла смачивания (краевой угол стремится к 90°), т. е. низкой адгезионной способности, вводить такое связующее приходится в больших количествах (до 15%). В настоящее время в кирпичной промышленности в качестве связующих предпочитают использовать органические вещества, такие как лигносульфонаты технического (ЛСТ) [2–4]. ЛСТ является временным технологическим связующим компонентом. Это отходы целлюлозно-бумажной промышленности, состав и свойства которого во многом случайны и определяются основным процессом [1]. ЛСТ имеет низкий угол смачивания (краевой угол стремится к 0°) и, следовательно, высокую адгезионную способность. Но в то же время ЛСТ в два раза дороже жидкого стекла. На определенном этапе развития промышленности ЛСТ удовлетворяли требованиям к технологическим связующим. Однако в настоящее время требования существенно изменились, представляют интерес связующие материалы с высокой формовочной способностью. Она обеспечивает улучшение однородности микроструктуры кирпича за счет эффективности распределения мелких частиц и заполнителей.

Специалистами ООО «НАНО КЕРАМИКА» разработано новое связующее на органоминеральной основе «КОМПАС-БР», которое представляет собой коллоидную смесь жидкого стекла и органических активаторов. Благодаря им краевой угол смачивания жидкого стекла снижается, смачивание твердых частиц улучшается. В то же время такое связующее конкурентоспособно с чистым жидким стеклом, так как органические активаторы вводятся в небольших количествах.

Результаты лабораторных исследований, проведенных на ОАО «Сухоложский огнеупорный завод»

Добавка, мас. %	Влажность, %	Плотность, г/см ³	Прочность, МПа
нет	7,5	1,7	4,5
4	7	1,7	4,2
5	5,6	1,75	4,6
6	5,4	1,77	8,7

Лабораторные исследования, проведенные на ОАО «Сухоложский огнеупорный завод», показали предварительную эффективность использования связующего «КОМПАС-БР» в производстве клинкерного кирпича. Лабораторные образцы на 80% состояли из огнеупорной глины марки НУПК Челябинского рудоуправления. Формования проводили полусухим прессованием на ручном лабораторном прессе. Давление прессования составило 20 МПа. После формования образцы подвергали естественной сушке в течение 24 ч в нормальных условиях. После сушки образцы помещали в обжиговую печь туннельного типа. Температура обжига – 1380°C. В ходе исследований измеряли следующие параметры образцов: количество вводимой добавки, влажность образцов, кажущуюся плотность и механическую прочность при сжатии. Усредненные результаты лабораторных исследований представлены в таблице.

Результаты исследований показали, что ввод связующего «КОМПАС-БР» позволяет снизить формовочную влажность на 30%, не изменяя способность массы к формованию. Это обусловлено тем, что органический активатор связывает часть воды, находящейся в керамической массе. В то же время активатор оказывает пластифицирующее действие и уплотняет структуру изделия, уменьшая расстояние между частицами и улучшая реологические свойства.

Прочность образцов с введением связующего «КОМПАС-БР» в количестве 6% увеличилась на 93%. Это обусловлено тем, что компоненты связующего обеспечивают низкотемпературную прочность керамическим изделиям. Известно, что спекание двух взаимно нерастворимых тел протекает по законам гетеродиффузии. Частицы вещества с большей поверхностной энергией, большей температурой плавления, более твердые покрываются веществами с меньшей поверхностной энергией, более легкоплавкими.

Перенос массы вещества при твердофазовом спекании осуществляется в основном диффузионным путем. Поверхностная диффузия характеризуется небольшой энергией активации и протекает при сравнительно низкой температуре, в то время как объемная диффузия интенсивно протекает при высокой температуре. При вводе в керамическую массу связующего «КОМПАС-БР» происходит переход спекания от объемной диффузии к поверхностной. Благодаря образованию жидкой фазы за счет легкоплавкого силиката натрия и более плотной структуры полуфабриката происходит интенсивное спекание изделий при более низкой температуре.

Таким образом, введение связующего «КОМПАС-БР» в технологии производства клинкерного кирпича методом полусухого прессования позволяет снизить себестоимость готовой продукции. Ввод связующего «КОМПАС-БР» способствует снижению температуры обжига изделий. Это обуславливает экономию энергоресурсов за счет снижения расхода газа, затрачиваемого на обжиг изделий. В настоящее время планиру-

ется проведение полупромышленных испытаний влияния связующего «КОМПАС-БР» на свойства клинкерного кирпича, произведенного методом полусухого прессования.

Список литературы

1. Дерябин В.А., Клевакина Е.В. Изучение возможности использования неорганических связующих для брикетирования порошкообразных материалов // *Новые огнеупоры*. 2015. № 3. С. 39–40.
2. Кийк А.А., Маркова С.В., Кормина И.В., Маркова Ж.С. Применение полимеров в производстве металлургических брикетов // *Новые огнеупоры*. 2013. № 3. С. 29–30.
3. Земляной К.Г. Временные технологические связующие в промышленности // *Новые огнеупоры*. 2013. № 3. С. 15–17.
4. Эббрехт Т., Вейерсхаузен Б., фон Раймон Липински Т., Шторм Х. Новая высокоэффективная связка для огнеупоров // *Новые огнеупоры*. 2009. № 7. С. 37–39.

References

1. Deryabin V.A., Klevakina E.V. Explore the use of inorganic binders for briquetting of powder materials. *Novye огнеупоры*. 2015. No. 3, pp. 39–40. (In Russian).
2. Kiik A.A., Markova S.V., Kormina I.V., Markova Zh.S. The use of polymers in the production of metallurgical briquettes. *Novye огнеупоры*. 2013. No. 3, pp. 29–30. (In Russian).
3. Zemlyanoi K.G. Temporary bonding technology in the industry. *Novye огнеупоры*. 2013. No. 3, pp. 15–17. (In Russian).
4. Ebbrekht T., Veierskhauzen B., Fon Raimon Lipinski T., Shtorm Kh. New high-performance bundle for refractories. *Novye огнеупоры*. 2009. No. 7, pp. 37–39. (In Russian).

ДЛЯ ЛАБОРАТОРИИ КИРПИЧНОГО ЗАВОДА



Пенетрометр для определения консистенции глиняного бруса — 9499 руб.



Измеритель температуры ИТ-7 (цифровой, переносной, беспроводной) — 3543 руб.



Лабораторные печи, сушильные шкафы

- оборудование в наличии и под заказ;
- поставки из Испании с таможенной очисткой;
- мини-экструдер;
- смеситель;
- лабораторные вальцы;
- устройство для определения линейной усадки кирпича



РФ, г.Красноярск, ул.Поросиниченков, 7Г, стр.4
 Интернет: <http://krasstrom.ru>
 т. +7(391) 292-31-18
 E-mail: krasstrom@mail.ru

HRIZOPRO
Мы меняемся.

HRIZOPRO

ДОРОГИ ВЫСОКИХ ДОСТИЖЕНИЙ.

**НОВЫЙ HRIZOPRO.
САМАЯ ИННОВАЦИОННАЯ ДОБАВКА ДЛЯ ЦМА.**

www.HRIZOPRO.RU



HRIZOPRO



HRIZOPRO

A composite image featuring a bright sun in the top left, a family silhouette (two adults and two children) holding hands in the center, and a green house icon on the right. The background is a soft-focus green bokeh.

**БЕЗОПАСНОСТЬ И
КАЧЕСТВО -
НАША РАБОТА.**

Служба клиентской поддержки 8 800 200 53 10
www.HRIZOPRO.RU

**ЧЕТКОСТЬ.
СЛАЖЕННОСТЬ.
НАДЕЖНОСТЬ.**

Служба клиентской поддержки 8 800 200 53 10
www.HRIZOPRO.RU

УДК 666.3

Б.К. КАРА-САЛ, д-р техн. наук (silikat-tgu@mail.ru), Д.Х. САТ, инженер,
Ш.В. СЕРЕН, инженер, Д.С. МОНГУШ, инженер

Тувинский государственный университет (667000, Республика Тыва, г. Кызыл, ул. Ленина, 36)

Стеновая керамика из нетрадиционных сырьевых материалов

Показана возможность получения стеновых керамических материалов пористого плотного черепка на основе нетрадиционных материалов – кварц-полевошпатоцеолитовой породы и песчаников. Доказано, что кварц-полевошпатоцеолитовая порода пригодна для изготовления пористых керамических стеновых изделий при температуре обжига 900–1000°C, а для формирования плотной спеченной структуры и умеренной огневой усадки массы требуется введение 20% песчаника.

Ключевые слова: энергосбережение, ресурсосбережение, расширение сырьевой базы, кирпич керамический, кварц-полевошпатоцеолитовая порода, песчаники, свойства, пористый и плотный керамический камень.

B.K. KARA-SAL, Doctor of Sciences (Engineering) (silikat-tgu@mail.ru), D.H. SAT, Engineer, Sh.V. SEREN, Engineer, D.S. MONGUSH, Engineer
Tuva state university (36, Lenina Street, Kyzyl, Respublika Tyva, 667000, Russian Federation)

Wall Ceramics from Non-Traditional Raw Materials

A possibility to obtain wall ceramic materials of porous dense ceramic body on the basis of non-traditional materials, as quartz-feldspar-zeolite rocks and sandstones, is shown. It is proved that quartz-feldspar-zeolite rock is suitable for manufacturing porous ceramic wall products at the burning temperature of 900–1000°C and for formation of the dense sintered structure and moderate fire shrinkage of the mass, the introduction of 20% of sandstone is required.

Keywords: energy saving, resource saving, expansion of raw material base, ceramic brick, quartz-feldspar-zeolite rock, sandstones, properties, porous and dense ceramic stone.

Для производства керамических изделий с высокопористым и плотным спеченным керамическим камнем применяют высококачественные каолиновые, гидрослюдистые и монтмориллонитовые глинистые породы, а также различные добавки для регулирования технологических свойств массы, сырья и эксплуатационных характеристик обожженных изделий. Однако истощение запасов высококачественных глин и повышение тарифов на перевозку добавочных материалов из других регионов, низкое качество и засоренность повсеместно распространенных легкоплавких глин вынуждают кирпичные предприятия использовать природные и техногенные нетрадиционные сырьевые материалы [1–3].

В лаборатории строительных материалов Тувинского государственного университета проведена исследовательская работа с целью получения стеновых керамических материалов как с пористым, так и с плотным керамическим камнем на основе нетрадиционных природных сырьевых материалов, которые ранее не применялись в этой отрасли.

Следует отметить, что местные глинистые породы являются легкоплавкими, имеют монтмориллонитовую основу, отличаются узким интервалом спекания в силу недостаточного содержания щелочных оксидов в химическом составе. Из-за засоренности сырья образцы на их основе после обжига при 1100°C обладают водопоглощением 6–8%, что свидетельствует о невозможности получения плотного керамического камня с высокой прочностью без введения специальных флюсующих добавок.

В качестве объектов исследования приняты полевошпатоцеолитовая порода и песчаники, которые являются отходами производства дорожной засыпки и вскрышной породы при добыче каменного угля. С учетом наличия кварца и цеолитового минерала первую породу следует правильно называть кварц-полевошпатоцеолитовой (КПЦП) породой. Оба сырьевых материала до настоящего времени не применялись как компоненты керамической массы и являются нетрадиционными видами сырья для кирпичной промышленности.

Целесообразность применения КПЦП связана с особенностями структуры цеолитов – каркасных алю-

мосиликатов, которые обладают ионообменными, сорбционными и каталитическими свойствами [4], что позволяет прогнозировать их многофункциональное действие на керамические шихты.

Анализ различных составов керамических масс для получения высокопрочных изделий показывает, что изменения происходят в направлении уменьшения содержания в них тугоплавких составляющих с увеличением количества пластичных глин и природных плавней [5]. Соответственно развитие технологии производства высокопрочных керамических стеновых изделий с плотным керамическим камнем невозможно без применения сырьевых компонентов, выполняющих роль энергетических флюсов и обеспечивающих необходимый уровень спекания материала за непродолжительный промежуток времени.

При выполнении работы использована мелкая песчаная фракция (до 3 мм) после дробления КПЦП при производстве искусственных заполнителей для дорожного строительства. Исходная порода имеет серо-коричневый цвет, структура мелкокристаллическая, средняя насыпная плотность песчаной фракции составляет 1540–1560 кг/м³.

Песчаники имеют серый цвет и среднекристаллическую структуру, являются пустыми вскрышными породами Каа-Хемского угольного разреза (Республика Тыва) при добыче каменного угля открытым способом. Средняя насыпная масса дробленной породы (размеры частиц до 5 мм) в пределах 1620–1640 кг/м³.

Анализ химического состава сырьевых материалов, приведенного в табл. 1, показывает, что в КПЦП наряду с высоким содержанием железистых соединений, щелочно-земельных элементов в значительном количестве присутствуют щелочные оксиды (K₂O и Na₂O), что очень важно для получения расплава.

В песчаниках преобладают оксиды кремния и алюминия, что придает породе тугоплавкость.

Минеральный состав КПЦП, по данным рентгенофазового анализа, представлен кварцем, плагиоклазом, клиноптилолитом, железным соединением, монтмориллонитом и вулканическим стеклом. При этом содержание основных компонентов породы составляет: кварца – 22–26%; альбита – 40–44%; клиноптилоли-

Таблица 1

Материал	Массовая доля оксидов								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	ППП
Кварц-полевошпатоцеолитовая порода	58,95	11,64	0,41	9,82	5,45	1,92	2,89	2,17	9,76
Песчаник	70,12	12,01	0,26	5,01	4,74	1,15	2,36	2,89	1,47

Таблица 2

Состав массы, %	Температура обжига, °С	Средняя плотность, г/см ³	Огневая усадка, %	Водопоглощение, %	Предел прочности при сжатии, МПа
КПЦП 100	900	1,75	1,9	17,1	24,6
	1000	1,78	4,1	12,5	32,2
	1050	1,83	8,4	8,9	49,3
	1100	1,99	24,1	0,8	88,4
КПЦП 90 Песчаник 10	900	1,77	1	18	22,1
	1000	1,8	2,4	14,1	29,4
	1050	1,85	5,3	9,2	42,5
	1100	2,02	10,7	2,3	74,6
КПЦП 80 Песчаник 20	900	1,79	0,8	19,2	20,7
	1000	1,82	1,7	16,7	27,5
	1050	1,87	3,2	10,8	39,4
	1100	2,03	8,6	3,1	68,9

та – 16–20%; гидроксидов железа – 5–7%; монтмориллонита – 6–8% и вулканического стекла – 4–5%. Особенностью минерального состава рассматриваемой породы является присутствие клиноптилолита и наличие глинистого минерала, а также вулканического стекла.

В минеральном составе песчаника выявлено присутствие кварца, полевого шпата в форме анортита и гематита. Песчаник характеризуется как термически инертный материал до 1000°С, так как на кривой термического анализа отсутствуют пики эндотермических и экзотермических реакций.

При выборе материалов для исследования предполагалось, что сочетание инертной алюмосиликатной породы (песчаника) с цеолитсодержащим материалом, где преобладает альбит в присутствии кварца с вулканическим стеклом и с учетом дегидратирующих, аморфизирующих и разлагающихся частиц клиноптилолита, а также монтмориллонита должно привести к образованию и интенсивному накоплению расплава, который способствует формированию плотного керамического камня с высокой прочностью.

При выполнении работы сырьевые материалы измельчали в лабораторной шаровой мельнице до остатка на сите 0063 не более 3%. Из увлажненной пластической массы формовочной влажностью 10% полусухим способом формовали опытные образцы-цилиндры диаметром и высотой 35 мм, которые после сушки обжигали в лабораторной электропечи с изотермической выдержкой 1 ч при различной температуре.

Определение технологических свойств массы и физико-механических характеристик обожженных изделий выполняли согласно стандартным методикам.

Исследованиями установлено, что в результате помола в шаровой мельнице происходит не только уменьшение размеров частиц и увеличение удельной поверхности КПЦП, но также наблюдается изменение состояния компонентов. Выявлено, что при увлажнении тонкоизмельченный порошок КПЦП приобретает пластичность, что связано с диспергированием частиц при помоле и разбуханием при увлажнении цеолитовых и глинистых частиц.

Результаты исследований показали, что измельченный в течение 6 ч порошок КПЦП имеет число пластичности 9. Это позволяет формовать изделия пластическим способом без разрыва граней и трещин.

Следует отметить, что цеолитовые минералы, как глинистые, характеризуются определенными пластическими свойствами, которые обеспечиваются микрокристаллической структурой цеолитовых минералов и их аморфизацией при механоактивации [4].

Изучение сушильных свойств массы на основе КПЦП и песчаника показало, что пространственно-каркасная структура цеолитовых минералов уменьшает чувствительность сырца к сушке, это положительно сказывается на трещиностойкости изделий. Пониженная чувствительность керамических масс на основе цеолитсодержащих пород обусловлена переводом части свободной воды в связанное состояние путем переноса в каркасное пространство клиноптилолита [6].

В результате сушки и перехода коагуляционной структуры массы в конденсационную за счет обезвоживания цеолитовых и глинистых частиц, а также их прочного сцепления с твердыми компонентами шихты предел прочности сырца достигает 1,7 МПа, что сравнимо с прочностью сырца на основе умеренно пластичных глин.

Поведение масс на основе КПЦП и песчаника при термической обработке исследовали dilatометрически,

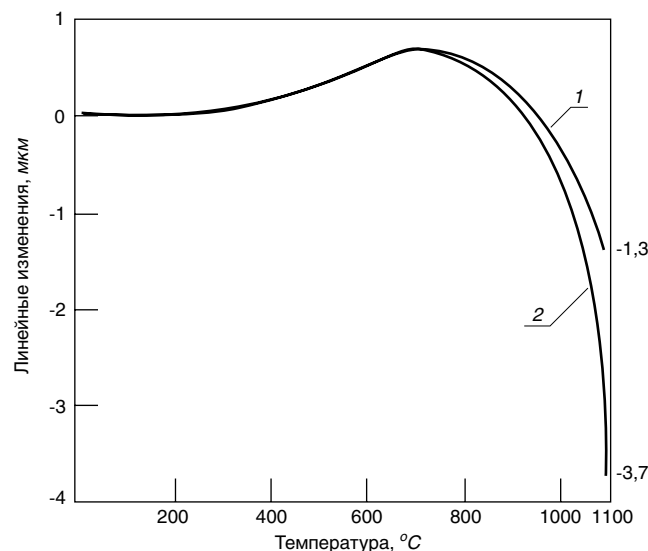


Рис. 1. Дилатометрические кривые: 1 – кварц-полевошпатоцеолитовая порода (КПЦП); 2 – КПЦП + 20% песчаник

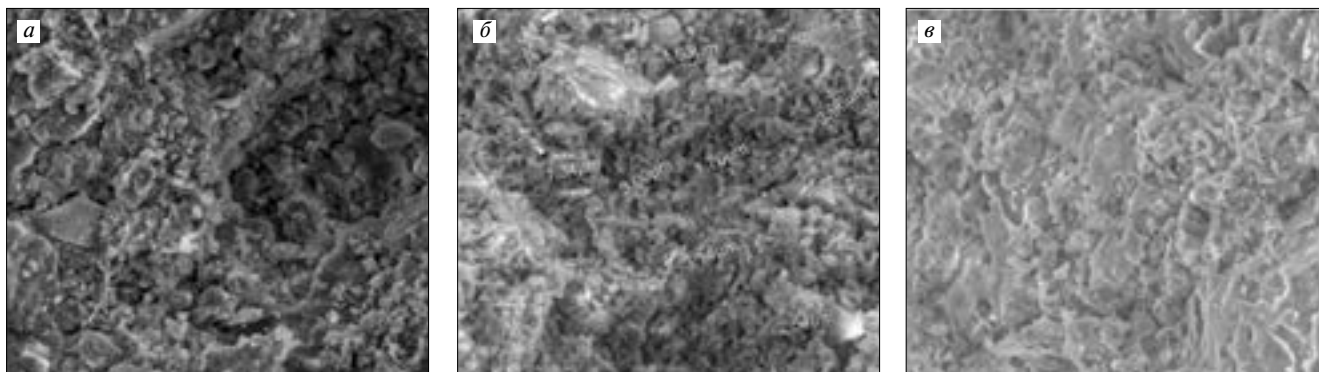


Рис. 2. Структура обожженных образцов, увеличение $\times 2000$: а – при 1000°C; б – при 1050°C; в – при 1100°C

изучали фазовый состав и физико-механические характеристики обожженных изделий.

Исследование термических процессов, протекающих при нагревании образцов, показало, что начиная с 250°C наблюдается их удлинение и объемное расширение с максимальной величиной при 750°C. Это связано с разрыхлением и увеличением объема при разложении органических веществ, дегидратацией гидроксидов железа, цеолитовых и глинистых минералов, а также модификационным превращением кварцевых частиц и изменением объема элементарной ячейки клиноптилолита при переходе в морденит [4].

Изменение характера дилатометрической кривой образца на основе чистой КПЦП в обратную сторону после 800°C свидетельствует о начале спекания массы с образованием жидкого расплава в связи с аморфизацией и разложением цеолитовых и глинистых минералов (рис. 1). При этом после 1000°C начинается интенсивное образование и накопление жидкой фазы. В результате уменьшение размера образца длиной 50 мм при 1100°C достигает до 3,8 мм. Значительное образование жидкого расплава следует связать с химическим составом КПЦП, где содержание щелочных оксидов, активно участвующих в образовании легкоплавких эвтектик, превышает 5%.

Анализ физико-механических свойств обожженных образцов, приведенных в табл. 2, показывает, что формирование структуры керамического материала на основе чистой КПЦП зависит от температуры обжига. Установлено, что с повышением температуры обжига и образованием жидкого расплава постепенно происходит уплотнение материала с увеличением средней плотности и прочности материала за счет заполнения пор жидким расплавом.

В результате исследования выявлено, что на основе чистой КПЦП рядовые керамические стеновые материалы с пористым керамическим камнем водопоглощением более 10% и прочностью выше 10 МПа можно получить после обжига при 900°C. Керамические изделия, обожженные при 900 и 1000°C, имеют водопоглощение 17,1 и 12,5%, а предел прочности при сжатии – 24,6 и 32,2 МПа соответственно, что удовлетворяет требованиям ГОСТ 530–2012.

Однако для получения стеновых керамических изделий с плотным керамическим камнем, что характерно для облицовочного и клинкерного кирпича, масса на основе чистой КПЦП имеет узкий интервал спекания и характеризуется большой усадкой изделий после обжига при 1100°C.

Для регулирования интервала спекания и огневой усадки образцов в состав шихты вводили 10 и 20% тонкоизмельченного песчаника. Установлено, что при добавке 20% песчаника огневая усадка образцов после обжига при 1100°C снизилась с 24,1 до 8,6%, что подтверждается и дилатометрическим исследованием (кривая 2,

рис. 1). При этом полученные керамические материалы имеют достаточно высокую прочность (68,9–74,6 МПа) и малое водопоглощение (2,3 и 3,1%). Высокая прочность и низкое водопоглощение изделий связаны с тем, что при температуре 1100°C в результате аморфизации и разложения цеолитовых и глинистых минералов образуется в значительном количестве жидкий расплав, который заполняет межзерновые пустоты и склеивает твердые частицы песчаника.

Изучение рентгенофазовым методом состава образцов плотного керамического камня, обожженных при 1100°C, показало, что кристаллические составляющие наряду с кварцем, альбитом и разложившимися остатками цеолитовых и глинистых минералов представлены следующими вновь образующимися фазами – анортитом (d/n 0,417; 0,321; 0,294; 0,271 нм), кристобалитом (d/n 0,404; 0,247; 0,202 нм) и гематитом (d/n 0,264; 0,251; 0,184 нм).

По данным электронно-микроскопического исследования в структуре керамического камня, содержащего до 20% песчаника и обожженного при 1100°C (рис. 2, в), присутствует до 40–45% стеклофазы, в которой поверхностно расплавились твердые тугоплавкие частицы. При этом из-за поверхностного расплавления и соединения стеклофазой в структуре материала морфологически трудно различить кристаллы кварца, кристобалита и альбита. А в структуре образцов, обожженных при 1000°C и 1050°C, частицы расплавлены не полностью и недостаточно связаны между собой стеклофазой, между ними существуют крупные сквозные поры и пустоты (рис. 2, а, б).

В результате обжига образцов на основе КПЦП и 20% песчаника при 1100°C образуется керамический камень с водопоглощением 3,1%, что позволяет получить керамические материалы плотной структуры, пригодные для производства облицовочного и клинкерного кирпича.

Результаты опытно-промышленного испытания, проведенного на базе производственного цеха ООО «Стройгруппа», показали, что полнотелые кирпичи на основе чистой КПЦП при температуре обжига 940–960°C в электрической опытной печи (объем 2,5 м³) имели водопоглощение 16,1–17,4% и предел прочности при сжатии 19,4–20,5 МПа, а на основе шихты, содержащей 80% КПЦП и 20% песчаника, после обжига при 1100°C, получены кирпичи с водопоглощением 2,9–3,6%, прочностью при сжатии 59,2–62,5 МПа.

Таким образом, проведенные исследования показали возможность получения на основе нетрадиционных сырьевых материалов – кварц-полевошпатоцеолитовой породы и песчаника – изделий стеновой керамики с пористым и плотным керамическим камнем, что позволяет организовать выпуск конкурентоспособной продукции и способствует расширению сырьевой базы отрасли с вовлечением ранее неиспользуемого минерального сырья.

Список литературы

1. Котляр В.Д., Устинов А.В., Ковалёв В.Ю., Терёхина Ю.В., Котляр А.В. Керамические камни компрессионного формования на основе опок и отходов углеобогащения // *Строительные материалы*. 2013. № 4. С. 44–48.
2. Столбоушкин А.Ю., Столбоушкина О.А., Иванов А.И., Сыромьясов В.А., Пляс М.А. Стеновые керамические материалы матричной структуры на основе отходов углеобогащения углистых аргиллитов // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2013. № 2–3 (650–651). С. 28–36.
3. Гурьева В.А., Дубинецкий В.В., Вдовин К.М. Буровой шлам в производстве изделий строительной керамики // *Строительные материалы*. 2015. № 4. С. 75–77.
4. Овчаренко Г.И., Свиридов В.Л., Казанцева Л.К. Цеолиты в строительных материалах. Барнаул: АлтГТУ, 2000. 320 с.
5. Яценко Н.Д., Зубёхин А.П. Научные основы инновационных технологий керамического кирпича и управление его свойствами в зависимости от химико-минералогического состава сырья // *Строительные материалы*. 2014. № 4. С. 28–31.
6. Вакалова Т.В., Погребенков В.М., Ревва И.Б. Технологические способы регулирования поведения керамических масс к сушке // *Строительные материалы*. 2005. № 2. С. 56–58.

References

1. Kotlyar V.D., Ustinov A.V., Kovalev V.Yu., Terekhina Yu.V., Kotlyar A.V. Ceramic stones of compression moulding on the basis of gaizes and coal preparation waste. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 4, pp. 44–48. (In Russian).
2. Stolboushkin A.Ju., Stolboushkina O.A., Ivanov A.I., Syromjasov V.A., Pljas M.A. Wall ceramic materials of matrix structure from cleaning rejects of coaly argillites. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo*. 2013. No. 2–3 (650–651), pp. 28–36. (In Russian).
3. Gurieva V.A., Dubinetsky V.V., Vdovin K.M. Drilling Slurry in Production of Building Ceramic Products. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 4, pp. 75–77. (In Russian).
4. Ovcharenko G.I., Sviridov V.L., Kazanceva L.K. Ceolity v stroitel'nyh materialah [Zeolites in construction materials]. Barnaul: AltGTU. 2000. 320 p.
5. Yatsenko N.D., Zubekhin A.P. Scientific bases of innovative technologies of ceramic bricks and the management of its properties depending on chemical and mineralogical composition of materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 4, pp. 28–31. (In Russian).
6. Vakalova T.V., Pogrebenkov V.M., Revva I.B. Technological ways of regulation of behavior of ceramic masses to drying. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2005. No. 2, pp. 56–58. (In Russian).



СТРОИТЕЛЬНЫЙ КУРС КРЫМ 2016

СТРОИТЕЛЬСТВО • ТЕХНОЛОГИИ • ДИЗАЙН • ПРОЕКТИРОВАНИЕ

19-21 МАЯ
г. Ялта, ГК «ЯЛТА-ИНТУРИСТ»

УЧАСТНИКИ ВЫСТАВКИ:

- ✔ Более **500** представителей строительной сферы Крыма
- ✔ Более **250** представителей компаний и СМИ из регионов России
- ✔ Представители администраций всех районов Крыма



Наши партнеры:





Организатор выставки:

ИВЕНТАС | тел.: **+7 (978) 074-74-75**
www.eventusim.ru

При поддержке:

- ✔ МИНИСТЕРСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ
- ✔ СОЮЗА СТРОИТЕЛЕЙ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

УДК 691.42

В.В. КУРНОСОВ¹, канд. физ.-мат. наук, генеральный директор (kbb@komas.su),
 А.А. ДОРОЖКИН², инженер, генеральный директор (teploograzhdenie@mail.ru),
 Н.Н. КАЛИНИНА², инженер, главный технолог, В.Р. ТИХОНОВА¹, ведущий инженер,
 А.В. ФИЛАТОВ¹, магистр

¹ ООО «КОМАС» (143362, Московская обл., г. Апрелевка, ул. Мартовская, 8А)

² ООО НПП «Теплограждение» (143360, Московская обл., г. Апрелевка, ул. Парковая, 1)

Энергоэффективные технологии обжига керамических изделий в камерных печах

Рассмотрены технические решения, позволяющие изготавливать камерные печи периодического действия для обжига керамических изделий, удовлетворяющие комплексу технологических и энергоэкологических требований. Показано, что наиболее актуально строительство камерных печей для малых предприятий с выпуском продукции от 5 до 15 млн шт. усл. кирп./год, особенно применяющих метод компрессионного формования. В газоплотных камерных печах имеется возможность осуществлять восстановительный обжиг. Конструкция камерной печи, предусматривающая рециркуляционные контуры, позволяет с применением высокоскоростных рекуперативных горелок получать высокую равномерность температурного поля на поверхности нагреваемых изделий и по всему объему рабочего пространства печи, а также уменьшить расход топлива до 40%.

Ключевые слова: энергоэффективность, камерные печи, теплограждение, рекуперативные горелки, обжиг, керамическое волокно, керамические изделия, компрессионное формование, экономия топлива.

V.V. KURNOSOV¹, Candidate of Sciences (Physics and Mathematics) (kbb@komas.su), A.A. DOROZHKIN², Engineer (teploograzhdenie@mail.ru),
 N.N. KALININA², Engineer, V.R. TIKHONOVA¹, Engineer, A.V. FILATOV¹, Master

¹ ООО «КОМАС» (8А, Martovskaja Street, Aprelevka, Moscow Region, 143362, Russian Federation)

² ООО НПП «Теплограждение» (1, Parkovaja Street, Aprelevka, Moscow Region, 143360, Russian Federation)

Energy Efficient Technologies of Ceramic Products Burning in Chamber Kilns

Technical solutions, which make it possible to manufacture chamber kilns of periodical action for ceramic products burning meeting the complex of technological and energy-environmental requirements, are considered. It is shown that the manufacture of chamber kilns for small enterprises which produce from 5 to 15 million pieces of equivalent brick per year and especially use the method of compression molding is very actual one. It is possible to execute the reducing firing in gas-tight chamber kilns. The design of the chamber kiln with recirculation contours makes it possible, with the use of high-speed recuperative burners, to obtain the high uniformity of the temperature field on the surface of heated products and for the whole volume of kiln space as well as to reduce the fuel consumption by up to 40%.

Keywords: energy efficiency, chamber kilns, recuperative burners, burning, ceramic fiber, ceramic products, compression molding, fuel saving.

Наиболее эффективным тепловым агрегатом для обжига разнородных керамических изделий являются камерные печи. В них возможно организовать качественный обжиг полнотелого, лицевого, клинкерного кирпича, керамической плитки. В современных условиях высокой конкуренции на строительном рынке иметь широкий ассортимент выпускаемой продукции весьма привлекательно. Особенно это актуально для малых предприятий с выпуском продукции от 5 до 15 млн усл. кирп./год.

ООО «Комас» и ООО «НПП «Теплограждение» разработали и внедрили в производство ряд камерных печей. Это напольные печи со съемным сводом, с подъемными боковыми или торцевыми стенами, колпаковые печи, печи с выкатным подом [1, 2]. Наибольший эффект дает применение данных камерных печей при производстве керамических строительных материалов методом компрессионного формования [3, 4]. В этой технологии отсутствует сушильное отделение, сушка сырья осуществляется в рабочем пространстве печи. Следует отметить, что в газоплотных камерных печах имеется возможность осуществлять восстановительный обжиг.

Высокие требования, предъявляемые к равномерности температурного поля в рабочем пространстве печи при обжиге керамических изделий, экономии энергетических ресурсов и экологии теплового агрегата, вызывают необходимость применения при строительстве камерных печей современных теплограждающих конструкций с использованием керамоволокнистых материалов, систем отопления с рекуперативными или

регенеративными горелочными устройствами, многоуровневыми автоматизированными системами управления.

В данной работе рассмотрены технические решения, позволяющие изготавливать камерные печи периодического действия для обжига керамических изделий, удовлетворяющие комплексу технологических и энергоэкологических требований.

Камерные печи периодического действия (рис. 1) являются универсальными технологическими устройствами для обжига керамических изделий различных отраслей промышленности. Они применяются для об-



Рис. 1. Камерная печь с выкатным подом

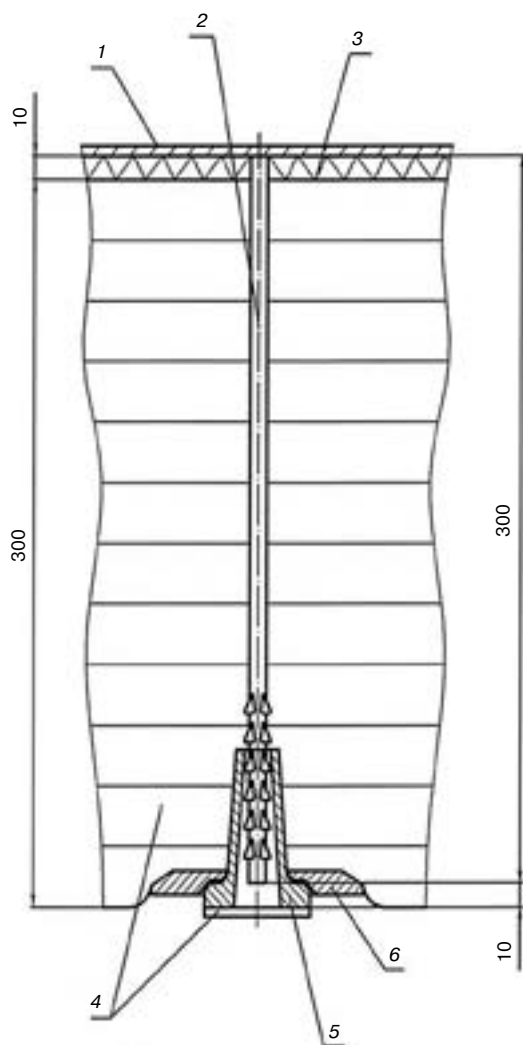


Рис. 2. Фрагмент конструкции футеровки с послойной укладкой огнеупорного волокнистого материала: 1 – каркас; 2 – штифт стальной; 3 – сетка стальная плетеная одинарная; 4 – огнеупорное волокно Subral Super; 5 – керамический колпачок; 6 – керамическое кольцо

жига керамического кирпича, плитки, клинкера, санфаянса, изоляторов, огнеупорных изделий. Конструкция печи, предусматривающая рециркуляционные контуры, позволяет с применением высокотемпературных горелок получать высокую равномерность температурного поля на поверхности нагреваемых изделий и по всему объему рабочего пространства печи.

Важнейшим техническим решением при реализации проекта печи высокоточного нагрева является применение в качестве материала футеровок волокнистых огнеупорных материалов, что позволяет создать новые конструкции промышленных печей с принципиально новыми теплоэнергетическими свойствами [5, 6].

В настоящее время используют в основном два вида конструкции футеровок с применением огнеупорного волокнистого материала. В первом случае каркас кожуха печи изготавливают заранее, при этом футеровка свода выполняется в потолочном положении, что более трудоемко и менее качественно. Футеровка свода, стен и заслонки выполняется из послойно укладываемых волокнистых материалов:

- для наиболее нагреваемых слоев используется огнеупорный волокнистый материал с классификационной температурой 1260 или 1430°C в зависимости от рабочей температуры печи;

- для наименее нагретых слоев может использоваться базальтовое волокно.

Для монтажа футеровки к каркасу-кожуху печи привариваются металлические штифты, в некоторых случаях прикрепляется сетка-рабица, затем послойно укладывается огнеупорный волокнистый материал и закрепляется на штифте либо поворотной шайбой из жаростойкого металла, либо с помощью керамических кольца и колпачка [7].

Конструкция футеровки данного вида имеет некоторые недостатки:

- усадка наиболее нагретых слоев футеровки может приводить к разрыву слоев волокнистого материала;

- температура металлических штифтов в зоне крепления поворотных шайб или керамических колпачков может превышать предельно допустимую температуру службы металла штифта, что вызовет высокотемпературную коррозию штифтов и, как следствие, отрыв керамических колпачков или поворотных шайб и обрушение футеровки;

- назначение высоты печи по соображениям возможности монтажа футеровки, а не по соображениям эффективности нагрева.

Во втором случае футеровка рабочего пространства печей (стен, свода, заслонки) выполняется модульными блоками, изготовленными из огнеупорного волокнистого материала с классификационной температурой применения 1260 или 1430°C, в зависимости от рабочей температуры в печи. Крепление модульных блоков к каркасу печи осуществляется с помощью скрытых анкеров, изготовленных из жаростойкой стали. Металлические анкеры располагаются в менее нагретой части футеровки и защищены от воздействия высокой температуры и прямого контакта с рабочим пространством печи, поперечное расположение исключает разрыв наиболее нагретых слоев волокна. Металлоконструкции печей для монтажа модульных блоков могут выполняться в виде каркаса и кожуха, на который крепятся модульные блоки, или стены и свод печи могут выполняться из заранее футерованных панелей, которые и являются каркасом печи.

Фрагмент конструкции теплоограждения печи с послойной футеровкой огнеупорным волокнистым материалом представлен на рис. 2.

Футеровка выполняется из послойно укладываемых огнеупорных волокнистых материалов: для наименее нагретых слоев используются маты Cerablanket; для наиболее нагретых слоев используются маты Cerachemblanket.

Для выполнения работы по монтажу футеровки к металлическому кожуху печи привариваются металлические штифты из стали AISI 314, прикрепляется сетка-рабица, затем послойно укладывается огнеупорный волокнистый материал; крепление слоев между собой и к кожуху печи осуществляется с помощью керамических кольца и колпачка, которые надеваются на штифт и фиксируются на нем с помощью соответствующих прорезей и выступов на колпачке и штифте. Отверстие в колпачке закрывается слоем волокнистого огнеупорного материала.

Фрагмент конструкции теплоограждения печи с футеровкой модульными блоками из огнеупорного волокнистого материала Cerachemblanket показан на рис. 3.

Модульный блок состоит из уложенных слоями полос огнеупорного волокнистого материала (матов), в которых волокна ориентированы перпендикулярно поверхности футеровки. Модульные блоки крепятся к каркасу печи с помощью скрытых анкеров, изготовленных из стали 12Х18Н10Т, конструкция анкеров разработана специалистами ООО «Комас». Металлические анкеры располагаются в менее нагретой части футеровки и защищены от воздействия высокой температуры и прямого контакта с рабочим пространством печи.

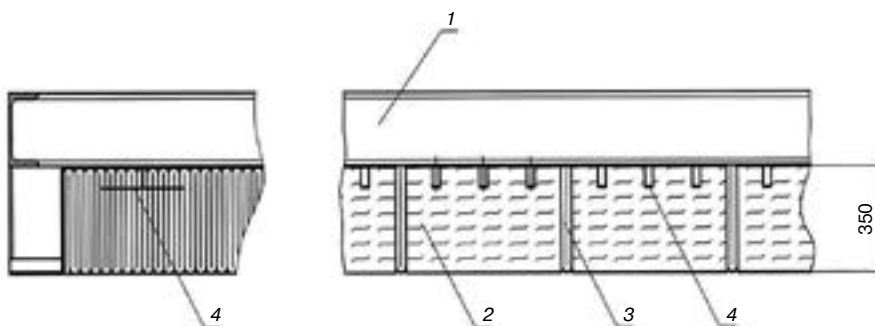


Рис. 3. Фрагмент панельной конструкции футеровки с применением модульных блоков: 1 – металлический каркас; 2 – модульные блоки; 3 – прокладки из огнеупорных материалов Cerachemblanket; 4 – анкер из стали 12X18H10E

При изготовлении футеровочных блоков для подины и нижнего строения печей рекомендуется применять огнеупорные бетоны на высокоглиноземистом цементе. Фиксация блоков на раме подины или на кожухе печи может быть осуществлена при помощи бортового обрамления из листа, привариваемого к днищу рамы и по ее периметру, либо при помощи анкеров, привариваемых к раме или к кожуху печи. Температурные швы между блоками заполняются огнеупорным волокнистым материалом.

Для обеспечения высокой равномерности нагрева и охлаждения при организации избыточного давления или разрежения в рабочем пространстве печи необходимо обеспечить высокую степень газоплотности теплоограждающих конструкций. Так, для плотного соединения заслонки или парашюта с передним фронтом печи с выкатным подом помимо механических прижимов в настоящее время применяют прижимы с электрическими, гидравлическими и пневматическими приводами. Для надежного уплотнения выкатного пода со стенами печи вместо традиционного песочного затвора применяют подъемный затвор с различными типами приводов либо осуществляют подъем корпуса печи во время движения пода и последующую его фиксацию в нижнем положении с установкой нижнего горизонта модульных блоков корпуса печи и заслонки на поверхности пода.

Безусловно, определяющим в обеспечении высокой равномерности температурного поля в рабочем пространстве печи является выбор правильной тепловой схемы и системы отопления. В настоящее время наиболее распространенным требованием заказчиков печей является применение импульсной системы отопления. Для этого в обжигowych печах предусматривают различные способы частотно-широко-импульсных модуляций двухпозиционной подачи топлива, согласованные с текущим уровнем тепловой нагрузки; для исключения пульсаций давления в рабочем пространстве печи задают последовательность включения горелок в каждом периоде следования импульсов.

При этом период следования импульсов с достаточной для инженерных расчетов точностью можно определить из следующего выражения [8]:

$$\Delta T = K(T) \cdot q \cdot (1-q) \cdot T_{и}, \quad (1)$$

где ΔT – заданная амплитуда колебания температуры в рабочем пространстве печи, °C; $K(T)$ – коэффициент усиления линейной системы (печи) в зависимости от температуры, °C/с; $q = \tau_{и} / T_{и}$ – относительная длительность импульса (включения горелки); $\tau_{и}$ – длительность импульса (включения горелки), с; $T_{и}$ – период следования импульсов, с.

При заданной максимально допускаемой по технологическим соображениям амплитуде колебаний тем-

пературы в рабочем пространстве печи минимальный период следования импульсов $T_{и}$ определяется при пятидесятипроцентной тепловой нагрузке, соответствующей $q=0,5$, когда комплекс $\{q \cdot (1-q)\} = 0,25$. В случае повышения или понижения нагрузки относительно пятидесятипроцентной период следования импульсов $T_{и}$ увеличивают на $\{q \cdot (1-q)\}$. Например, при увеличении тепловой нагрузки до 95% ($q=0,95$) или ее снижении до 5% ($q=0,05$) период следования импульсов $T_{и}$ увеличивают в 5,26 раза. При этом амплитуда колебаний температуры в рабочем простран-

стве печи остается неизменной во всем диапазоне изменения тепловой нагрузки.

Способ управления импульсной подачей топлива в термических печах позволяет существенно расширить диапазон управления тепловой нагрузкой пламенных печей без отключения горелок при значительном снижении тепловой нагрузки в нагревательных и термических печах в период выдержки и при проведении низкотемпературной тепловой обработки в термических печах.

Организованная последовательность включения горелок в каждом текущем цикле, согласованная с длительностью текущего периода следования импульсов и относительной длительностью текущего импульса, позволяет существенно повысить точность регулирования температуры в нагревательных и термических печах при переходных режимах. Существенное расширение диапазона управления тепловой нагрузкой за счет многократного увеличения периода следования импульсов позволяет работать в импульсном режиме «большого-малого огня» без отключения горелок, что существенно улучшает экологичность сжигания топлива, так как исключает образование всплеска вредных выбросов в момент включения горелок и выхода на стационарный режим [9].

Следует отметить, что система импульсного отопления не является панацеей для всех способов обжига. Так в начальные периоды сушки и подогрева керамики требуются иные подходы, например применение систем отопления с широким диапазоном регулирования коэффициента избытка воздуха для гарантированного обеспечения равномерного теплового поля во всем объеме печи при пониженных температурах истечения продуктов сгорания.



Рис. 4. Рекуперативная горелка ООО «КОМАС» в работе

Одним из неперенных требований к современным печам является высокая степень экономии топлива. Рекуперация теплоты отходящих дымовых газов особенно актуальна при работе горелок с высоким коэффициентом избытка воздуха на низкотемпературных режимах работы печи для обеспечения гарантированных качественных показателей термообработки изделий. В этих условиях горелки, оснащенные эффективными индивидуальными рекуператорами, обеспечивают экономию топлива до 40%. На рис. 4 представлена рекуперативная горелка ООО «КОМАС», обладающая широким диапазоном регулирования коэффициента избытка воздуха (до 10) и степенью рекуперации теплоты отходящих дымовых газов до 0,7.

Управления современными термическими печами строятся в виде трехуровневых систем [10]. На нижнем уровне находится распределенная система управления горелками, построенная с использованием микропроцессорных контроллеров; на втором уровне располага-

ется центральный контроллер, управляющий процессом в целом; верхний уровень занимает промышленный компьютер, отвечающий за математическое обеспечение и диспетчеризацию процесса термообработки.

Выводы.

Изготовление камерных печей высокоточного обжига предполагает:

- 1) применение высокоэффективного керамоволокнистого теплоограждения, обеспечивающего максимально возможную газоплотность рабочего пространства печи;
- 2) использование систем отопления на базе высокоскоростных горелок с широким диапазоном изменения коэффициента избытка воздуха;
- 3) высокоэффективную рекуперацию теплоты отходящих дымовых газов с применением горелок, оснащенных индивидуальными рекуператорами;
- 4) применение трехуровневой системы автоматического управления.

Список литературы

1. Курнос В.В., Шахов И.И. Технология скоростного обжига керамических изделий // *Строительные материалы*. 2001. № 2. С. 7.
2. Шахов И.И., Курнос В.В. Четырехкамерная печь для обжига керамических изделий // *Строительные материалы*. 2003. № 2. С. 24.
3. Ашмарин Г.Д., Курнос В.В., Ласточкин В.Г. Энерго- и ресурсосберегающая технология керамических стеновых материалов // *Строительные материалы*. 2010. № 4. С. 24–27.
4. Ашмарин Г.Д., Ласточкин В.Г., Синянский В.И., Илюхин В.В., Курнос В.В. Сокращение цикла термической обработки в технологии керамического кирпича компрессионного формования // *Строительные материалы*. 2013. № 4. С. 42–43.
5. Гришин И.Е., Горшков А.С., Губин Б.П. О повышении эффективности работы энергетических тепловых агрегатов за счет перспективы применения современных огнеупорных и теплоизоляционных материалов // *Новые огнеупоры*. 2007. № 12. С. 6–9.
6. Шахов И.И., Дорожкин А.А., Калинина Н.Н., Курнос В.В. Конструкции футеровок термических и нагревательных печей на основе волокнистых огнеупорных материалов. Труды III Международной научно-практической конференции: *Металлургическая теплотехника: история, современное состояние, будущее. К столетию со дня рождения М.А. Глинкова*. 2006.
7. Nevgen P., Richardson D. Unique anchor design produces improved refractory performance (Vhi – GmbH). *The Refractories Engineer*. 2003. p. 38
8. Гречишников Я.М., Белов М.Л., Курнос В.В. Построение двухпозиционной системы с импульсной модуляцией для регулирования температуры пламенной печи // *Кустально-штамповочное производство* 1987. № 10.
9. Дорохина О.Г., Курнос В.В., Левицкий И.А. Математическое моделирование газодинамики и теплообмена в рабочем пространстве печи высокоточного нагрева при различных режимах работы горелочных устройств // *Сборник научных трудов Sword*. 2012. Т. 10.
10. Спири Н.А., Лавров В.В., Рыболовлев В.Ю., Краснобаев А.В., Онорин О.П., Косаченко И.Е. Модельные системы поддержки принятия решений в АСУТП доменной плавки. Екатеринбург: УрФУ, 2011. 462 с.

References

1. Kurnosov V.V., Shakhov I.I. Technology fast firing ceramic products. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2001. No. 2, p. 7. (In Russian).
2. Shakhov I.I., Kurnosov V.V. Two-chamber furnace for firing ceramic products. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2003. No. 2, p. 24. (In Russian).
3. Ashmarin G.D., Kurnosov V.V., Lastochkin V.G. Energy and resources saving technology of ceramic wall materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 4, pp. 24–27. (In Russian).
4. Ashmarin G.D., Lastochkin V.G., Sinyansky V.I., Ilyukhin V.V., Kurnosov V.V. Reduction of a cycle of thermal treatment in technology of ceramic brick compression moulding. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 4, pp. 43–44. (In Russian).
5. Grishin I.E., Gorshkov A.S., Gubin B.P. On increasing the energy efficiency of thermal units due to the prospects of the use of modern fire-resistant and heat-insulating materials. *Novye ognеupory*. 2007. No. 12, pp. 6–9. (In Russian).
6. Shakhov I.I., Dorozhkin A.A., Kalina N.N., Kurnosov V.V. Construction linings of thermal and heating furnaces based fibrous refractory materials. *Proceedings of the III International scientific-practical conference: Metallurgical heat engineering: history, current status and future. On the centenary of the birth of Glinkova M.A.* 2006. (In Russian).
7. Nevgen P., Richardson D. Unique anchor design produces improved refractory performance (Vhi – GmbH). *The Refractories Engineer*. 2003. p. 38.
8. Grechishnikov Ya.M., Belov M.L., Kurnosov V.V. Construction of a two-stage system with width modulation to control the temperature of the combustion furnace. *Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo*. 1987. No. 10. (In Russian).
9. Dorokhina O.G., Kurnosov V.V., Levitskii I.A. Mathematical modeling of gas dynamics and heat transfer in the workspace precision heating furnace at various modes of burners. *Sbornik nauchnykh trudov Sword*. 2012. Vol. 10. (In Russian).
10. Spirin N.A., Lavrov V.V., Rybolovlev V.Yu., Krasnobayev A.V., Onorin O.P., Kosachenko I.E. Model'nye sistemy podderzhki prinyatiya reshenii v ASUTP domennoi plavki [Model decision support system in an automated blast furnace control system]. Ekaterinburg: UrFU. 2011. 462 p.

Комплекс автоматизированного оборудования КОЧ-15 для резки и укладки кирпича-сырца, разгрузки высушенных изделий и садки их на печные вагонетки, разработанный ОАО «НИИСтроммаш» (г. Гатчина)

В январе текущего года на Чебоксарском заводе «Стройкерамика» сдан в эксплуатацию комплекс автоматизированного оборудования КОЧ-15 для резки и укладки кирпича-сырца, разгрузки высушенных изделий и садки их на печные вагонетки. Этот комплекс состоит из двух автоматических линий:

- линия резки сырца и укладки его в элеватор на сушильных паллетах для дальнейшей передачи с помощью трансбордера в сушильные камеры;
- линия выгрузки находящихся на паллетах высушенных изделий, установленных трансбордером в элеватор, и садки их на печные вагонетки.

Системы автоматического управления (САУ) каждой линии являются автономными, выполнены на базе программно-логических контроллеров (ПЛК) и связаны между собой блокировочными связями. Для ручного

облокированного управления механизмами, контроля работы и отображения информации используются графические панели оператора, которые позволяют упростить управление и обслуживание механизмов и изменить технологические параметры. В частности, технолог имеет возможность задавать любую раскладку кирпича или камня для каждого из слоев обжигаемых изделий.

Обе линии технологически объединяет система передачи и накопления порожних паллет. Все механизмы выполнены на базе современных электро- и пневмоприводов. Для управления электроприводами используются частотные преобразователи.

I. Линия резки кирпича-сырца и укладки его в элеватор на сушильных паллетах для дальнейшей передачи с помощью трансбордера в сушильные камеры

От глиняной ленты, выходящей из пресса, ходом струны отрезается мерный брус (рис. 1). Включаются входящие ленты. В конце хода эти ленты опускаются, и брус оказывается на роликах. По этим роликам и поперечным

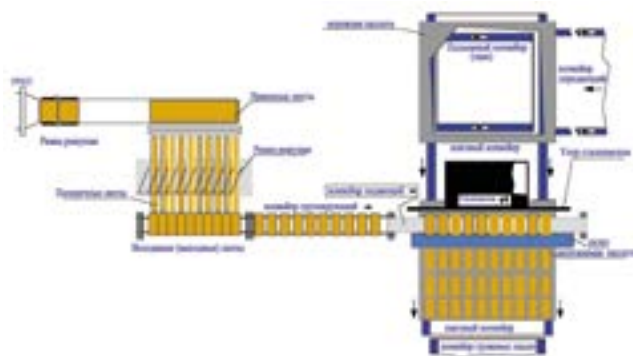


Рис. 1. Схема работы механизмов резки и укладки кирпича-сырца

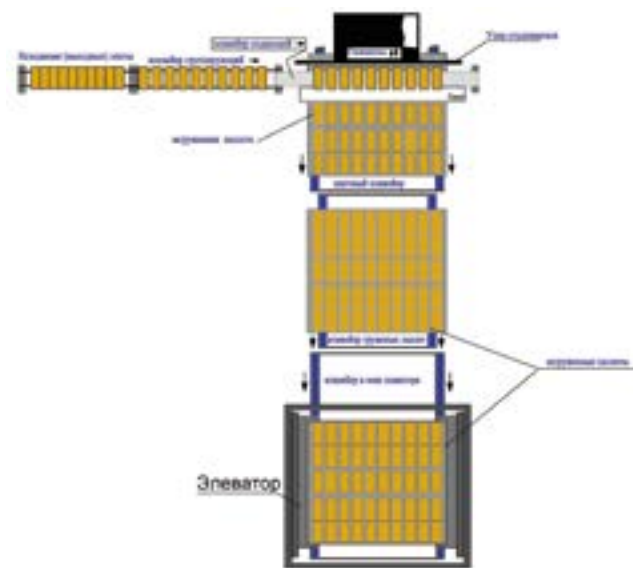


Рис. 2. Схема подачи загруженных паллет в элеватор

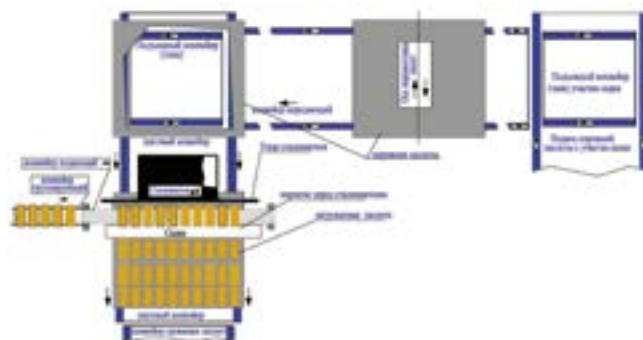


Рис. 3. Схема подачи пустых паллет под загрузку кирпичом-сырцом

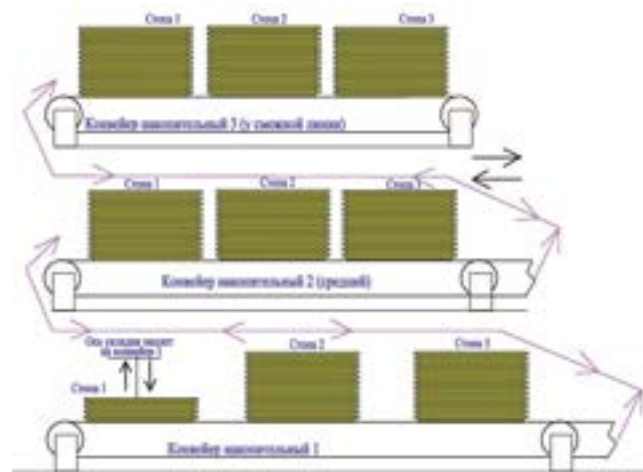


Рис. 4. Схема работы конвейеров накопления и передачи стоп с паллетами

лентам брус подается под многострунную режущую рамку и после разрезки – на ролики исходящих лент, с которых переходит на группирующий конвейер. Из-за разности скоростей при переходе изделия раздвигаются и передающим конвейером перемещаются к сталкивателю. Сталкиватель своим упором перемещает ряд изделий с ленты конвейера по склизу на паллету. При положении кирпичей на границе склиза включается шаговый конвейер, скорость которого синхронизирована со сталкивателем. Изделия при завершении рабочего хода остаются на перемещаемой паллете. Дальнейший ход паллеты определит зазор между рядами изделий. При заходе паллеты на конвейер груженных паллет при каждом сталкивании одновременно станут включаться оба конвейера.

При выходе паллеты на конвейер груженных паллет (рис. 2) этот конвейер не выключится, а включится конвейер элеватора. В элеваторе паллета поднимется на шаг. При поступлении следующей паллеты цикл повторяется. После заполнения полок элеватора оператор трансбордера на тележке вилами забирает груженные паллеты.

Порожние паллеты (рис. 3) подаются с помощью передающего конвейера от автомата-садчика либо от переносчика, который забрав пустую паллету из запаса, опускает ее на этот конвейер.

Паллета передающим конвейером и расположенным между цепями шагового конвейера подъемным конвейером (танком) перемещается к шаговому конвейеру. Танк опускается. Паллета ложится на цепи шагового конвейера и перемещается ими для загрузки ее сырцом, как описано выше.

При замедлении поступления паллет из участка садки пустые паллеты подаются на передающий конвейер переносчиком паллет со стоп на подставке или на накопительном конвейере. При замедлении загрузки паллет сырцом,

например при обрыве струны, переносчик забирает поступающие от садчика паллеты и укладывает их в стопы.

На рис. 4 представлена структурная схема работы технологической линии из трех накопительных конвейеров.

Если заполнена подставка для стопы паллет, переносчик укладывает паллеты в стопу 1 первого накопительного конвейера. После ее набора этот конвейер совершает ход, при котором освобождается место для новой стопы. При заполнении первого конвейера стопы паллет перемещаются на второй, а затем на третий. При разборке переносчик забирает паллеты со стопы 1 первого накопительного конвейера. После разборки стопы 1 на ее место подается следующая стопа.

II. Автоматическая линия выгрузки находящихся на паллетах высушенных изделий, установленных трансбордером в элеватор, и садки их на печные вагонетки

Оператор трансбордера на тележке заезжает в элеватор, опускает груженные паллеты с высушенными изделиями на его полки и на цепи приемного конвейера и выезжает из его зоны (рис. 5). Включается приемный конвейер, при ходе которого паллета из элеватора переходит на промежуточный пост, паллета с этого поста перемещается на пост юстировки, где ряды кирпича сплачиваются, а паллета со сплоченными кирпичами переходит на пост разгрузки. Пустая паллета, с которой манипулятором-разгрузчиком сняты кирпичи, при ходе этого приемного конвейера, а затем дотаскивателя переходит в зону конвейера передачи пустых паллет (танка). Танк с пустой паллетой поднимается, и паллета перемещается на участок резки и укладки сырца.

На посту разгрузки кирпичи с паллеты переносятся на подающий конвейер (рис. 6), по которому они перемещаются к рольгангу раздвижки. При заходе на рольганг четырех рядов кирпича этот конвейер останавли-

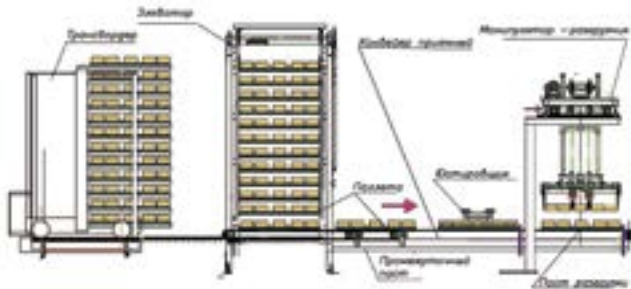


Рис. 5. Разгрузка высушенных изделий из элеватора

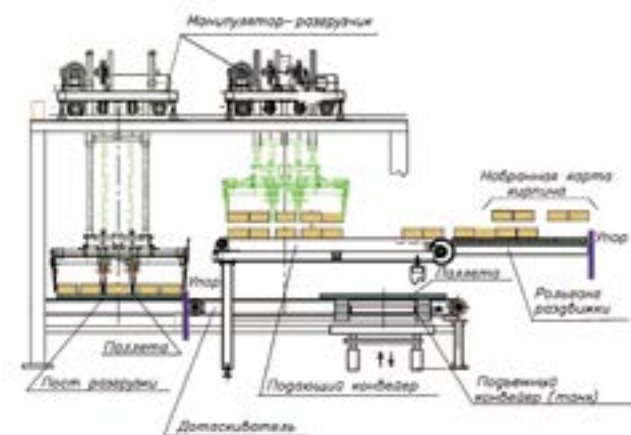


Рис. 6. Группировка изделий

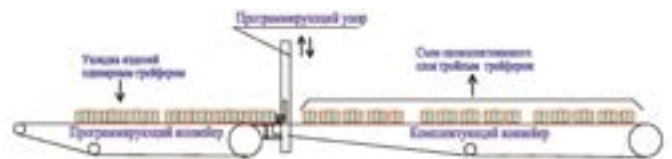


Рис. 7. Комплектование слоя изделий для переноса на вагонетку

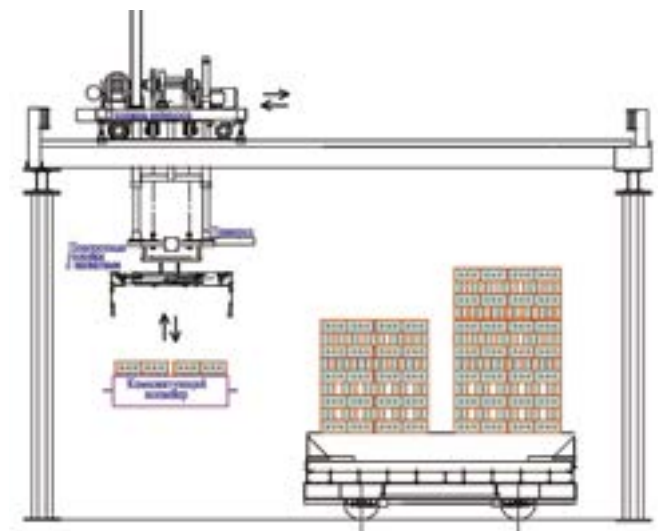


Рис. 8. Схема работы тройного грейфера

ваются, а четыре ряда продолжают свой ход до упора. Рольганг реверсируется. Последние ролики рольганга неприводные, и отъезжают назад только два ряда. На рольганге образуется карта для дальнейшего переноса ее на программирующий конвейер.

После съема этой карты вновь включаются подающий конвейер и рольганг раздвижки.

При этом оставшиеся ряды кирпича переходят с конвейера на рольганг. Далее цикл повторяется.

Набранная группа изделий одинарным грейфером переносится к программирующему конвейеру, причем благодаря повороту головки с захватами изделия разворачиваются на 90°. При подходе к программирующему конвейеру тележка медленно сближает переносимые и предыдущие ряды кирпича. При минимальном зазоре между ними захваты освобождают кирпичи.

Для обеспечения набора разных слоев кирпича смонтированы кинематически связанные с комплектующим и программирующим конвейерами датчики – энкодеры.

Контроллер преобразует число поступающих от них импульсов в миллиметры перемещения кирпича и программирует гибкий виртуальный командоаппарат, который управляет также упором, обеспечивая набор любого предустановленного слоя изделий (рис. 7). Кирпичи при ходе программирующего и комплектующего конвейеров проходят по склизу под упором на комплектующий конвейер, где формируются три карты изделий с заданным числом рядов для переноса их тремя захватами грейфера на печную вагонетку.

Перед формированием каждой карты изделия прижаты к упору. После окончания набора каждой карты формируется зазор между ними. Три карты перемещаются на ось их съема.

Тройной грейфер (рис. 8) предназначен для переноса слоя, сформированного на комплектующем конвейере, и установки его на печную вагонетку.

При готовности набранного слоя траверса опускается, захватывает изделия и поднимается до заданного программой уровня переноса, определяемого локационным датчиком положения траверсы по вертикали. Тележка перемещается к вагонетке. В зависимости от номера переносимого слоя контроллер управляет разворотом головок захватов. Головки захватов сдвигаются. При опускании над вагонеткой по информации локационного датчика контроллер определяет момент приближения переносимого слоя к ранее уложенным изделиям. После укладки очередного слоя траверса поднимается до заданного программой уровня. При обратном ходе тележки головки захватов раздвигаются и, при необходимости поворачиваются в исходное положение. Траверса опускается до уровня ожидания над комплектующим конвейером.

После набора половины вагонетки гидротолкатель продвигает ее на шаг. Цикл загрузки повторяется для второй половины печной вагонетки.

Технологические линии с другой сушильной оснасткой (рейки и рамки), а также с вагонетками для туннельных сушилок также разработаны ОАО «НИИСтроммаш» и сданы в эксплуатацию на ряде кирпичных заводов. Комплектация и садка высушенных изделий подобна вышеописанной и обеспечивает садку кирпича квадратными и прямоугольными пакетами для печных вагонеток шириной от 1,74 до 7 м, а также для пакетов, обжигаемых в печах со съёмным сводом.

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

«НИИСтроммаш»

п р е д л а г а е т

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

Техническое обследование предприятий и оборудования

Изготовление, поставка и пуск в эксплуатацию комплектных
кирпичеделательных технологических линий и отдельных единиц оборудования
с современными системами автоматического управления

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

Реклама

MARCHELUZZO

IMPIANTI

ЧЕЧЕНСКАЯ РЕСПУБЛИКА ДОВЕРЯЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ОБОРУДОВАНИЮ ИТАЛЬЯНСКОЙ КОМПАНИИ «МАРКЕЛУЦЦО ИМПЬЯНТИ»»



Компании Omnia Arhing (Омния Архинг) из Любляны было поручено построить новый завод по производству 500 т продукции / день недалеко от города Грозный в Чеченской Республике. Компания «Маркелуццо Импянти» была выбрана за продемонстрированную способность обеспечить комплексную поставку передовых технологических систем и оборудования, надежность которых с течением времени не меняется и в разработке которых применяются инновационные технологические конструкторские решения. Энергосбережение стало основным элементом, на котором компания «Маркелуццо Импянти» сосредоточила свое внимание. На новом предприятии энергопотребление произведенного оборудования значительно ниже ожидаемого и ниже среднерыночного уровня. Оборудование характеризуется высокой технологической гибкостью производственных процессов, переходом с легкостью от выпуска лицевого кирпича небольшого формата до крупного стенового блока за время, затраченное на перестановку фильеры.

Поставка оборудования включает:

Линия массоподготовки и линия производства глины.

Линия массоподготовки располагается перед шихтозапасником сырья длиной 120 м, способным вместить запас глины, необходимой для работы в течение месяца, и состоит из двух ящичных питателей, дезинтегратора, вальцов крупного помола и двухвального смесителя. Автоматический ковшовый экскаватор забирает глину из шихтозапасника для питания производственной линии, состоящей из ящичного питателя, дозатора для непрерывной подачи в пресс, двухвального смесителя с фильтром, вальцов тонкого помола, которые растирают глину до 0,8 мм, и прессы. Последние три машины были заказаны у немецкой компании «Хендле» (HAENDLE). Кроме перечисленных машин поставка включает серию резиновых транспортерных конвейеров для транспортировки глины и добавок там, где это необходимо, от весов и металлоулавливателя для гарантированного бесперебойного функционирования и обеспечения высокого качества продукции.

Кроме того, были поставлены питатели со шнеками с возможностью подачи добавок для диверсификации цвета кирпича в соответствии с запросами рынка.

Линия резки.

Для линии резки были поставлены: резчик мерного бруса и измельчитель для отбракованного нестандартного бруса, непригодного для дальнейшей работы; многострунный резчик с пневматическим натяжением струн, который позволяет осуществлять более точную резку с минимальным износом струн. Многострунный резчик оборудован сменными арфами для различных видов продукции. Расширитель для соблюдения интервала между кирпичами гарантирует оптимизацию процесса сушки, соблюдая постоянный интервал между материалом. Далее следует специальный поворотный грейферный захват, который поднимает полные модули отформованных изделий и затем загружает их на паллету в один посыл. Это техническое решение гарантирует производительность как лицевого кирпича, так и блоков любого размера без излишнего давления на материал в процессе садки изделий и гарантирует качество конечного продукта.

Перемещение паллет.

Для размещения паллет на сушильные вагонетки были поставлены лифты с подвижными телескопическими вилами. Новая линия для передвижения паллет изготовлена с использованием серии цепных транспортеров для обеспечения максимально автоматизированного процесса в соответствии с учетом временных показателей цикла и потребностями производства.

Складирование паллет.

Для перемещения пустых паллет поставлен полностью автоматизированный захват и автоматизированный склад с целью удаления или возврата паллет в рабочий цикл. Процесс замены количества паллет на сушильной вагонетке происходит, не нарушая времени производственного процесса, как в зоне экструзии, так и в зоне садки на печные вагонетки. Это позволяет работать в течение короткого периода времени при экструзии и загрузке вагонеток сырым материалом, если штабелеукладчик временно остановлен или возможно с работающим штабелеукладчиком разгружать вагонетки с сухими изделиями, даже если пресс и линия массоподготовки временно остановлены.

Перемещение сушильных вагонеток с передаточными тележками на входе/выходе сушила.

Перемещение сушильных вагонеток осуществляют цепные толкатели, приводимые в действие редукторами и управляемые инвертором. Это обеспечивает более мягкое перемещение вагонеток, снижает риск падения изделий и соответственно повышает качество готовой продукции, значительно уменьшая количество брака.

Компания «Маркелуццо Импьянти» поставила также новый тип передаточных тележек внутри сушила.

Автоматическое сушило

Новое сушило полунепрерывного действия имеет длину 109 м и ширину 20 м. В нем располагаются четыре линии вагонеток и обеспечивается остаточная влажность в среднем около 2%. Внутренняя циркуляция воздуха обеспечивается 92 коническими вентиляторами, установленными на самонесущей конструкции типа «аэропередвижной» для непрерывного перемещения вперед-назад, обеспечивая максимальную эффективность процесса сушки. Температура обеспечивается частично рекуперацией от печи и газовым теплогенератором мощностью 3 млн ккал/ч. Очень важной особенностью этого сушила является снабжение двумя независимыми рециркуляциями, расположенными при входе, что обеспечивает полностью автоматическое управление кривой Bigot в зависимости от типа материала, подлежащего сушке. Все процессы управления контроля температуры и влажности являются полностью автоматизированными и производятся с помощью ПК и ПЛК.

Линия штабелеукладки.

При проектировании линии были применены решения, обеспечивающие особую осторожность при работе с сухим материалом для сохранения качества готовой продукции. Садка на печные вагонетки осуществляется с помощью захвата с пятью головами, разработанными компанией «Маркелуццо Импьянти» для укладывания в штабель всех типов выпускаемой продукции с применением различных способов укладки.

Туннельная печь.

Поставленная туннельная печь обеспечивает максимально низкое потребление и экономии энергоносителя. Печь длиной 141 м и шириной 5,8 м изготовлена с использованием традиционной огнеупорной кладки с различным уровнем содержания алюминия в соответствии с зонами применения и способностью противостоять кислотному воздействию, воздействию хлоридов, сульфидов и растворимых солей и позволяет разместить внутри 33 вагонетки. Были установлены четыре пневматические двери для обеспечения постоянного давления внутри печи. Четыре независимые высокоэффективные рециркуляции обеспечивают предварительный прогрев материала, подготавливая его к условиям в зоне обжига; фактически поддерживается одинаковая температуры между нижней и верхней частями садки высотой в 1,9 м. Максимальная гарантированная температура около 1080°C, которая поддерживается шестью боковыми высокоскоростными горелками, восемь группами сводовых горелок и группой горелок Jolly под сводом. Полностью автоматизированная печь с применением системы контроля, основанной на PLC и PC, оснащена также различными устройствами для наибольшего уплотнения между вагонетками и между вагонетками и стеной, улучшая таким образом процесс обжига продукции и существенно снижая потребление тепловой энергии.

Перемещение печных вагонеток.

Движение печных вагонеток осуществляется несколькими толкателями различных типов, как механических, так и гидравлических, для обеспечения, там, где это необходимо, толкающего усилия большой мощности и, где необходимо, скорости в соответствии с потребностями производства. Имеются также два трансбордера для перемещения печных вагонеток с одной линии на другую.

Линия разгрузки обожженного материала.

Для разгрузки обожженного материала поставлен разгрузочный захват с пятью головами, двойная линия различных транспортных лент для осуществления визуального контроля материала и для программирования количества рядов, необходимых для формирования упаковки; захват с двумя головами для забора материала одновременно с двух линий и формирования упаковки на цепную линию, где установлена машина для упаковки штабеля в термоусадочный полиэтиленовой пакет и машина с маленькой горелкой природного газа для термоусадки пленки. Все это позволяет обеспечить современную упаковку готового продукта для защиты от влияния окружающей среды и иметь прочно упакованный штабель для транспортировки.

Все поставленное и смонтированное оборудование было разработано компанией «Маркелуццо Импьянти» для обеспечения запрошенной производительности в 500 т готовой продукции/сут (60 млн шт усл. кирпича в год), что в настоящий момент значительно превышает нормы всех существующих новых установок с учетом времени простоя линии для профилактического техобслуживания и ее очистки.

Это очередное большое достижение компании «Маркелуццо Импьянти» подтверждает ее лидерство в списке TOP самых надежных поставщиков комплексного оборудования «под ключ» для кирпичной промышленности.



Marcheluzzo Impianti S.r.l.
Via Brenta n.7, 36033 – Isola Vicentina (VI)
Tel: +39 0444 975385
Web site: www.marcheluzzo.com

Официальный представитель
 «Маркелуццо Импьянти» в России
 ООО «Эстесо Трейд»
 www.esteso.ru info@esteso.net
 + 7 495 9841928; + 7 4872 252291





Проекты немецкой компании TECTON GmbH Keramikanlagen (Тектон ГмбХ Керамиканлаген) в Алжире и Иране

Проекты компании Tecton GmbH (Тектон ГмбХ) в Иране вопреки еще действующим санкциям, успешно реализованы!

Фирма Tecton GmbH многие годы активно работает на иранском рынке и рекомендовала себя как надежный партнер.

Проекты, реализованные Tecton GmbH в Иране, говорят сами за себя и оценены по достоинству не только постоянными клиентами, но и служат ориентиром для других иранских производителей кирпича, с интересом наблюдающих за успехами конкурентов.

Основой для этого послужили удачные технические решения, гибкий подход, высокое качество конечной продукции и учет бюджетных возможностей клиентов.

Несмотря на все еще действующие санкции, в это сложное время компания Tecton GmbH не бросила своих иранских клиентов на произвол судьбы и кроме консалтинговых услуг и инжиниринга реализовала следующие проекты:

2014 г. KOWSAR Isfahan (Коусар Исфahan): проектирование и поставка нового свода туннельной печи.

2015 г. TAMBRICK Tazamoni (Тамбрик Тазамони): проектирование и поставка нового свода туннельной печи.

2015 г. KOWSAR Isfahan: поставка части системы перемещения вагонов для печи и сушилки.

2016 г. KOWSAR Isfahan: поставка печи периодического действия для особых керамических продуктов.

2016 г. KOWSAR Isfahan: модернизация линии пакетирования.

2016 г. KOWSAR Isfahan: разработка и поставка новой передаточной тележки.

Инновационные решения компании Tecton GmbH позволили клиентам производить новые продукты, такие как сплинктерная (расщепленная) и фасадная плитка.

После ослабления санкций против Ирана с 16 января 2016 г. компания Tecton GmbH занялась разработкой многочисленных проектов, в том числе комплексных производственных линий, которые ранее откладывались заказчиками «до лучших времен».



Руководитель компании – г-н Вазиг-Ансари, который родился в Иране, представляет фирму на иранском рынке и его имя стало фирменным знаком Tecton GmbH в этой стране.

TECTON GmbH (Тектон ГмбХ) вводит в эксплуатацию завод по производству кирпича EURL Briqueterie Irdjen (Эрл Брикетери Ирдьен) в Алжире

Владелец кирпичного завода Briqueterie Irdjen, расположенного в г. Тизи-Озу в Алжире, доверил модернизацию своего завода по производству строительного кирпича фирме Tecton GmbH.

После переоснастки завода его производительность должна увеличиться на 50% и составить 250 тыс. т в год. Основным продуктом на линии будет пустотелый кирпич формата В8 с размерами 100 × 200 × 300 мм.

Для достижения поставленных заказчиком целей были произведены следующие модификации.

- Поставка оборудования для отделений массоподготовки и формовки.

- Поставка оборудования для мокрой и сухой стороны, включая резчик, систему перемещения и систему загрузки-разгрузки сушильных вагонеток.

- Перестройка и дооснастка существующей туннельной сушилки, включая систему автоматического управления процессом сушки.

- Поставка системы загрузки и системы перемещения печных вагонеток.

- Удлинение и оснастка существующей туннельной печи, поставка новой системы обжига, включая измерительную технику и систему автоматического управления работой печи.

- Поставка системы разгрузки печных вагонов и линии упаковки.

После проведения фирмой Tecton GmbH детализированного инжиниринга и при последующем сотрудничестве с ее постоянными партнерами – фирмой Instalat B.V. (Инсталат Б.В., Нидерланды), фирмой United Symbol S.r.l. (Юнайтед Симбол, Италия) и фирмой CeramDry GmbH (КерамДрай ГмбХ, Германия) были разработаны оптимальные технические решения, экономически обоснованные и реализованные в запланированные сроки. Монтажные работы проводились под руководством опытных шеф-монтажников и в начале 2016 г. были успешно завершены.

Ввод завода в эксплуатацию идет полным ходом, и уже видны первые успешные результаты этой комплексной и кропотливой работы.

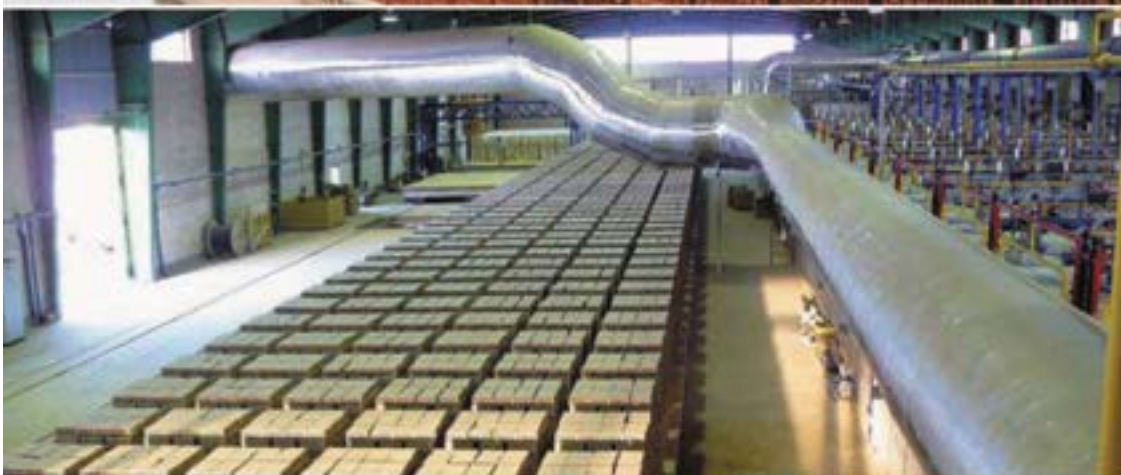
Цель компании Tecton GmbH – воплотить мечты клиентов в жизнь!

Tecton GmbH Keramikanlagen
Allgäuer Str. 20 86381 Krumbach, Germany
info@tecton-germany.de www.tecton-germany.de

Инновационные технологии для керамической промышленности



Транспортировочное
оборудование на заказ
www.symbol-united.it



Высокотехнологичные
печи
www.instalat.nl



Сушильные установки
с использованием
новейших технологий
www.ceramdry.de

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

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

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

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



ГРЕЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ SABO S.A. (САБО С.А.) ПОСТРОИЛА ОДИН ИЗ КРУПНЕЙШИХ КЕРАМИЧЕСКИХ КИРПИЧНЫХ ЗАВОДОВ В КОРОЛЕВСТВЕ САУДОВСКАЯ АРАВИЯ ДЛЯ ГРУППЫ AL WATANIA (АЛЬ ВАТАНИЯ).



Осенью 2015 г. Al Watania Group запустила новый завод с максимальной производительностью. Группа Al Watania хорошо известна в других отраслях промышленности Саудовской Аравии, и уже владеет двумя кирпичными заводами. Цель совместного проекта заключалась в создании современной высокопроизводительной производственной линии, которая могла бы обеспечить текущий рыночный спрос по количеству и качеству выпускаемого продукта.

Глину для нового завода поставляют из района Dhurma (Джурма), который является одним из самых богатых месторождений, пригодных для производства кирпича и черепицы. Сырье этого района, состоящее в основном из каолиновой, иллитовой и смектитовой глины, также используется на заводах вблизи Riyadh (Рядх).

Новый завод находится в промышленной зоне Dhurma, и представляет собой одну из крупнейших и высокотехнологичных линий производства кирпича на всем Аравийском полуострове. Линия мощностью 1000 т в день при двух 10-часовых рабочих сменах была разработана для производства 17 видов различных продуктов, включая горизонтально перфорированные, потолочные и несущие блоки.

После строгого тендера из четырех крупнейших европейских компаний для поставки полной производственной линии от процесса массоподготовки до упаковки конечного продукта была выбрана компания SABO S.A. Несколько лет назад компания SABO успешно установила для Al Watania свои первые полностью роботизированные системы распаketирования и линию упаковки, которые на протяжении этих лет показали себя как надежные, высокопроизводительные линии.

Весь этот сложный и трудоемкий проект, несмотря на расположение завода в пустыне и экстремальные погодные условия, удалось запустить в рекордные сроки за 18 месяцев.

ЛИНИЯ РЕЗКИ-ЗАГРУЗКИ

Одной из главных целей было спроектировать, произвести и доставить на завод оборудование, которое будет включать в себя все современные принципы и лучшие практики тяжелой промышленности, адаптированное для конкретных видов глины и конечного продукта.

Начиная с линии резки была введена система с двумя параллельными резаками для того, чтобы свести к минимуму простои при обрыве струны. Медленные и плавные рабочие операции резчика благодаря существованию двух параллельных линий обеспечивают высокое качество резки. Впервые была произведена последовательность движения влажного материала сразу по двум линиям. Сообщение об ошибке или обрыве струны деактивирует именно эту линию резки для безостановочной работы параллельной линии, пока струна не будет заменена, что обеспечивает общую эффективность работы завода.

После резки, программирования и группировки конвейеры передают кирпичи на станцию погрузки. Группа защищенных цепей собирает слои и ровно устанавливает их на крупных и глубоко оцинкованных металлических поддонах. Система загрузки спроектирована так, что предотвращается прилипание и вредное воздействие на основу кирпичей, которое обычно происходит при использовании красных глин. Кроме того, большие рамы спроектированы для более высокой производительности и эффективности линии.

Загруженные поддоны перемещаются на буферный лифт хранения и на погрузочные платформы. Многослойная система загрузки поддонов загружает поддоны в соответствии с

требуемой высотой влажных кирпичей. Пространство сушила учитывает регулируемый шаг сушильных вагонеток от 12 до 18 слоев.

ТУННЕЛЬНОЕ СУШИЛО

Этот тип сушила является усовершенствованным видом обычного туннельного сушила, которое было разработано SABO S.A. для сложных глин с высокой чувствительностью к сушке. Конструкция обеспечивает сильную вентиляцию с обеих сторон вагонеток сушила для материала с высокой влажностью, а также симметричные температурные условия в поперечном сечении сушила.

Внутренняя вентиляция благодаря высоким технологиям характеризуется сильной продувкой и изменениями воздействия до такой степени, что усадка материала происходит в соответствии с характеристиками глины.

После этого момента сушку осуществляют конические вентиляторы – ротомиксеры внутренней вентиляции, имеющие двигатели вне конструкции сушила; таким образом, они могут быть применены и при высоких температурах (свыше 100°C). На заключительном этапе сушки вся остаточная влажность может быть быстро снята.

Сушило контролируется современной системой SCADA, которая включает все проверенные методы регулирования. Система следит за установкой температуры, влажности по отношению к перфорации, материалу и производственным мощностям. Сушило оборудовано теплоносителями малых размеров, что значительно снижает энергозатраты сушки.

САДЧИК

После того как сухой материал извлекают с металлических поддонов, он направляется в сторону программного стола. Вся конструкция обеспечивает простоту и высокую пропускную способность установки. Система двух параллельных линий обслуживает кирпичи на параллельных участках в соответствии с требованиями настройки печи. Были установлены различные настройки садчика, соответственно по перфорации, размеру, объему и весу продукта. В зависимости от необходимых условий обжига каждого продукта есть множество программ, соответствующих положению и садке, которые важны для правильного обжига. Два робота выполняют окончательную точную укладку на печные вагонетки.

ПЕЧЬ

Печь была разработана в соответствии со свойствами сырого материала, с учетом требований высокой производительности и разнообразия выпускаемого продукта.

Каолинит и хлорит являются основными глинистыми минералами смеси в соотношении примерно 50%, с уменьшением соотношения мусковита и иллита. Смесь также содержит большое количество кальцита.

Особое внимание при разработке печи было обращено на наличие каолинита и хлорита в сырье, которые могли бы привести к формированию трещин во время процесса обжига. Учитывая все вышеперечисленное, SABO S.A. спроектировала большую и хорошо оборудованную печь длиной 205 м и шириной 8,5 м для обжига продукции высокого качества.

Процесс обжига между 150 и 400°C в зоне предварительного нагрева оборудован двойной системой рециркуляции, которая эффективным способом создает необходимые условия предварительного прогрева. Для зоны предварительного подогрева SABO S.A. разработала уникальную систему горелок. Этот тип горелок недавно разработан компанией, в них топливо способно воспламеняться при низкой температуре в соответствии с эндотермическими потребностями сырьевой смеси.

Сразу после этого блок из 16 газифицирующих единиц создает гладкую кривую обжига и надлежательный обжиг, принимая во внимание высокие экзотермические реакции выше 800°C. Для этих целей 16 горелок группы обеспечивают правильное соотношение воздуха к топливу.

Вся печь оснащена автоматическими датчиками и оборудованием контроля, передовыми системами SCADA, которые были разработаны SABO S.A. в течение многих лет. Центральная компьютерная система контролирует и регулирует общий обжиг с помощью различных подсистем печи в соответствии с показателями, полученными от всех датчиков, основных параметров печи и данных кривой оптимального обжига глиняной смеси. Функции безопасности интегрированы в систему вместе со всеми необходимыми датчиками сигнала тревоги и их записи.

УПАКОВКА

После обжига готовый обожженный материал транспортируется двумя роботами на аналогично настроенную систему распакирования. Слой за слоем обожженный кирпич выгружается и подается на упаковочную линию. На данном этапе, если требуется, может быть произведен контроль качества и процедура выборки. Два робота делают окончательные пакеты для поставляемых размеров (1200×1200 мм). Пакеты горизонтально и вертикально обвязываются, а затем собираются для сбора и погрузки на грузовик или передаются на склад. Эти две системы работают независимо друг от друга и оснащены двойными захватами на заключительном этапе, оптимизируя функции перевозки и хранения.

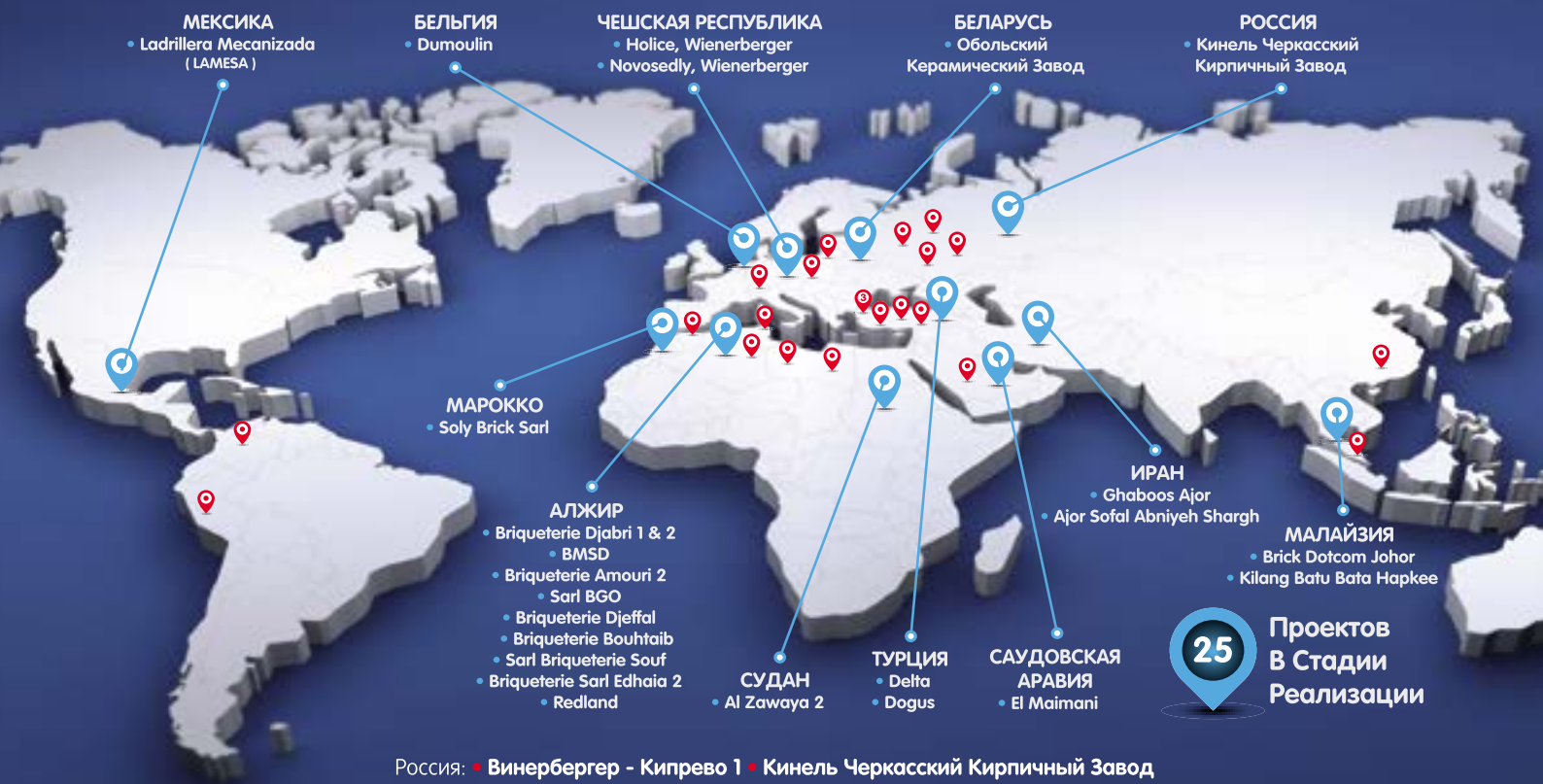
Новый завод в районе Dhruta стал очередным успешным проектом завода «под ключ» для компании SABO S.A., включая экспорт и установку всего оборудования от начала до конца.



SABO S.A.
34002 Василико – Халкис –
Эвбея – Греция
Тел.: +30 22210 51805-9
Факс: +30 22210 54073
Тел. Россия: +7 9177639569
E-mail: sb_sales@sabo.gr
www.sabo.gr

Мы всегда там, где это необходимо!

После трех десятилетий опыта и проектов в более чем 40 странах мира, мы продолжаем динамично развиваться!



23 Завершенных
Проектов
2015

Россия: • Винербергер - Кипрево 1 • Кинель Черкасский Кирпичный Завод

• Железногорский Кирпичный Завод • Стерлитамакский Кирпичный Завод

Саудовская Аравия: • Al-Watania Red Bricks Factory | Алжир: • Sarl Briqueterie des Oasis | Китай: • Rongguan

Колумбия: • Ladrillera La Clay | Ливия: • Alkalaa Alsoughra • Almoukawel Company

Малайзия: • Brick Dotcom Johor | Марокко: • Briqueterie Samarra | Перу: • Latercer | Польша: • PCO "Żarów"

Тунис: • Societe Maghrebine de produit Ceramiques | Турция: • Ipek Tugla • Kilsan Tugla • Endel • Yurtbay

Чешская Республика: • Cihelna Jezernice, Wienerberger | Швейцария: • ZZ Wancor, Wienerberger



Доверьтесь надежному партнеру!

SABO S.A.
brick & tile

34002 Василико - Халкис, Эвбея - Греция | Тел.: +30 22210 51805-9, Факс: +30 22210 54073 | Тел Россия: +7 9177639569
e-mail: sb_sales@sabo.gr | www.sabo.gr

LINGL – ПАРТНЕР ДЛЯ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



Грубая керамика



Огнеупоры



Техническая керамика



Санитарная керамика

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

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

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

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

LINGL – качество „Сделано в Германии“



MADE IN GERMANY

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

Посетите наш стенд на



КЕРАМТЭК 2016

01.-02. июня 2016

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

www.lingl.com



«Тореро, держись, начинаю разбег . . .» или говорим «быку» до свидания!

KELLER H.C.W. (КЕЛЛЕР ХЦВ) проводила на заслуженный отдых старейшего сотрудника компании господина Готтфрида Ристля

На крупнейшей международной строительной выставке MosBuild некоторые посетители «обращаются в бегство», когда им приходится иметь дело с «быком». Г-н Готтфрид Ристль, вот уже в течение десятилетий являющийся представителем компании KELLER H.C.W. в России и странах СНГ, по знаку зодиака Телец. В российской кирпичной промышленности он пользуется известностью и большим уважением. Деловые партнеры и давние друзья, сотрудничающие с ним в течение многих лет, высоко ценят импозантного специалиста.

Тридцать лет своей трудовой деятельности Готтфрид Ристль посвятил развитию грубой керамической промышленности и распространению новых высококачественных строительных материалов в Российской Федерации. Благодаря творческому подходу и особому чутью к возможностям развития рынка он внес неоценимый вклад в расширение бизнеса компании KELLER H.C.W., которую на самом высоком уровне представлял в России на протяжении многих лет. Выставку MosBuild и проект KERAMTEX с самого начала невозможно представить без его участия. Именно на этих выставках и конференциях было принято и разработано множество решений, в результате которых заключены успешные контракты. Во времена экономических кризисов и не столь успешного продвижения дел на Готтфрида Ристля всегда можно было положиться, и компания KELLER H.C.W. чувствовала себя за ним, как за каменной стеной.

На выставке MosBuild 2016 управляющий директор компании KELLER H.C.W. д-р Йохен Ниппель, менеджер по продажам Торстен Бертельс, коллеги ООО «КЕЛЛЕР ВОСТОК», а также многие давние деловые партнеры компании воспользовались случаем и в праздничной атмосфере высказали Готтфриду Ристлю слова благодарности и признательности за труд, которому была посвящена вся жизнь. В качестве символического подарка за многочисленные заслуги дирекция фирмы KELLER H.C.W. передала юбиляру, уходящему на заслуженный отдых, изготовленного из керамики быка, который – как и он сам, – прошел через «огонь».

От имени всех присутствующих Торстен Бертельс еще раз поблагодарил «титана» компании за огромные достижения в работе, за преданность и в высшей степени доверительное сотрудничество с компанией KELLER H.C.W. и пожелал ему долгих счастливых лет в кругу семьи на его родине в Австрии.



И.Ф. ШЛЕГЕЛЬ, канд. техн. наук, генеральный директор (info@inta.ru),
 В.Г. ИВАНОВ, инженер, начальник отдела теплотехники, Д.Л. ШАПОВАЛОВ, инженер-конструктор
 Институт Новых Технологий и Автоматизации промышленности строительных материалов (ООО «ИНТА-Строй»)
 (644113, г. Омск, ул. 1-я Путьевая, 100)

Оптимизация туннельных печей

Предложена оптимизация обжига кирпича в туннельных печах путем организации зон рециркуляции теплоносителя с применением жаровых вентиляторов новой конструкции. Защита от перегрева вала и двигателя вентилятора, обеспечивается простой и надежной муфтой. Конструкция муфты имеет спицы, выполненные в виде лопастей, вращающихся в окружающем воздухе и охлаждаемых им. При внедрении этого способа может быть увеличена производительность печи до 10% или улучшено качество готовой продукции.

Ключевые слова: энергосбережение, кирпич керамический, печь туннельная, рециркуляция теплоносителя, жаровый вентилятор.

I.F. SHLEGEL', Candidate of Sciences, General Director (info@inta.ru), V.G. IVANOV, Engineer, Head of Heat Engineering Department,
 D.L. SHAPOVALOV, Engineer-Designer
 Institute of New Technologies and Automation of the Industry of Construction Materials (OOO "INTA-Stroy")
 (100, 1-ya Putevaja Street, Omsk, 644113, Russian Federation)

Optimization of Tunnel Kilns

Optimization of brick burning in tunnel kilns by means of organizing the zones of heat carrier recirculation with the use of flame blower of a new type is proposed. Overheating of the ventilator shaft and motor is provided by the simple and reliable clutch. The design of clutch has spokes made in the form of blades which rotate in surrounding air and are cooled by it. Introduction of this method can increase the productivity of the kiln by up to 10% or improve the quality of ready-made products.

Keywords: energy saving, ceramic brick, tunnel kiln, heat carrier recirculation, flame blower.

В керамической промышленности почти повсеместно обжиг кирпича ведут в туннельных печах различных конструкций, только на некоторых заводах используют кольцевые печи или усовершенствованные кольцевые печи со съёмным сводом.

При проектировании кирпичных заводов используют принцип «плясать от печки», т. е. производительность всего предприятия определяют по производительности печи, причем ее повышение регламентируется качеством выпускаемой продукции [1].

Несмотря на определенные преимущества туннельных печей по сравнению с кольцевыми, они имеют ряд недостатков, хорошо известных специалистам. Одним из них является неравномерность температуры теплоносителя по объему печного канала, которая наблюдается практически на всех участках печи [2, 3]. Теплоноситель с более высокой температурой поднимается вверх, а более холодный стремится вниз (рис. 1, а).

Такая неравномерность теплоносителя по высоте канала печи особенно опасна в зоне рекристаллизации, т. е. в момент перехода α -кварца в β -кварц при температуре 573°C, сопровождающегося изменением объема керамического камня. Резкий переход через эту зону значительно снижает его прочность, вплоть до полного разрушения. Наглядным примером этого явления может служить хорошо знакомое растрескивание толстостенного стеклянного стакана при наливе в него крутого кипятка, так как следующая точка рекристаллизации кварца 102°C.

Поэтому через зону рекристаллизации стремятся пройти с плавным изменением температуры, чтобы не снизить прочность получаемого кирпича, а неравномерность температуры теплоносителя «растягивает» эту зону, что в итоге снижает производительность печи.

В зоне прогрева кирпича (рис. 1, а) также желательно обеспечить равномерное повышение температуры вплоть до зоны обжига. На некоторых предприятиях возникают такие ситуации, когда из-за неравномерности температуры теплоносителя по высоте печного канала нижние ряды кирпича поступают в зону обжига недостаточно прогретыми, и

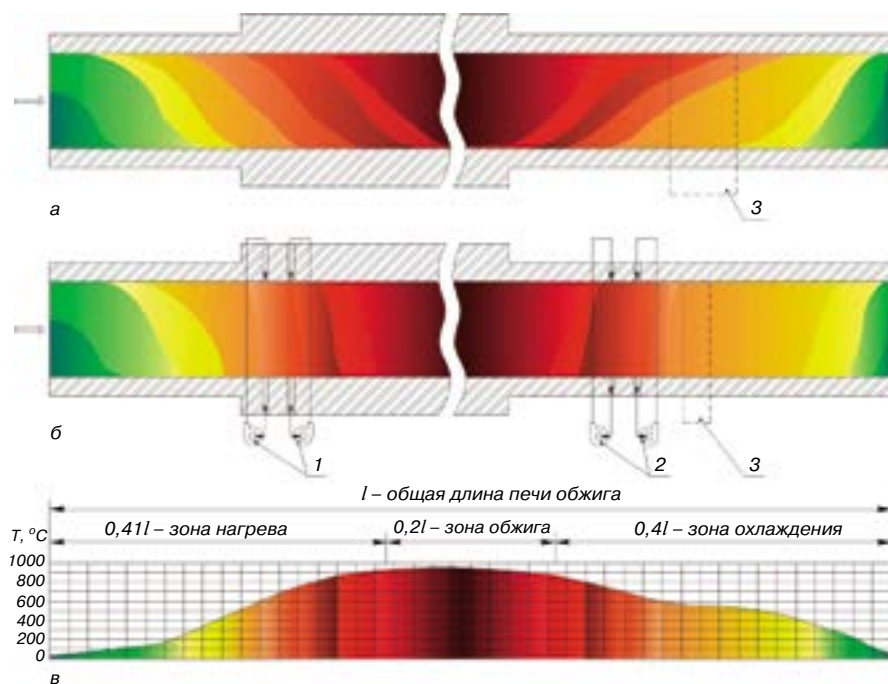


Рис. 1. Схема температурного распределения теплоносителя по высоте канала печи: а – без применения жаровых вентиляторов; б – с применением жаровых вентиляторов; в – рекомендуемая температурная кривая; 1 – жаровые вентиляторы в зоне нагрева; 2 – жаровые вентиляторы в зоне охлаждения; 3 – зона рекристаллизации (573°C)

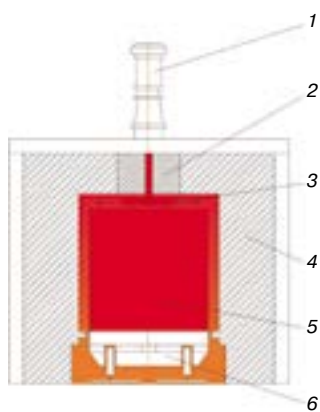


Рис. 2. Схема установки жарового вентилятора в своде печи: 1 – двигатель вентилятора; 2 – съемная теплоизоляция; 3 – крыльчатка вентилятора; 4 – футеровка печи; 5 – садка изделий на вагонетке; 6 – вагонетка

если пламя горелок направлено сверху вниз, то нижние ряды испытывают термоудар, результатом которого является брак части нижнего кирпича.

Для повышения производительности печи и качества обжига рекомендуется [4] бороться с неравномерностью температуры теплоносителя различными способами. Например, рекомендуют установку жаровых вентиляторов (рис. 2), крыльчатка которых выполнена из жаростойкой стали и установлена на

длинном вертикальном валу, что ограничивает перенос тепла к подшипникам электродвигателя.

Применение таких вентиляторов требует наличия в своде печи теплоизолированных отверстий с диаметром большим, чем окружность лопастей, а также наличия подсводового пространства, что снижает общую эффективность печи. Существуют также жаровые вентиляторы с водяным охлаждением. Однако использование таких вентиляторов ведет к большому расходу воды и значительным капитальным затратам.

До настоящего времени ни один из описанных способов усреднения температуры теплоносителя не нашел широкого применения в кирпичном производстве.

Была поставлена задача решить проблему передачи высокотемпературного теплоносителя простым и экономичным способом. Эта задача была решена три года назад на изобретательском уровне [5]. Простая и надежная муфта (рис. 3) ограничивает перенос тепла от крыль-

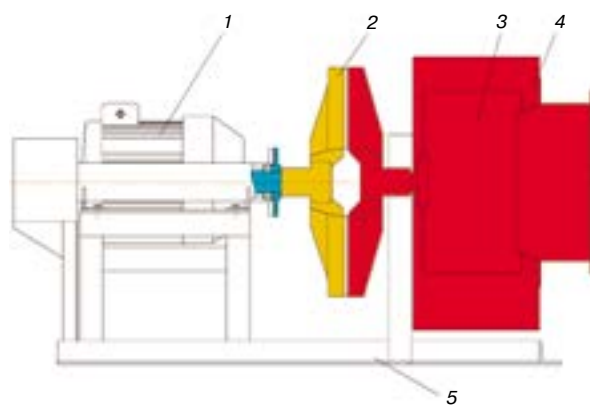


Рис. 3. Схема устройства жарового вентилятора «Гелиотис»: 1 – двигатель; 2 – муфта; 3 – крыльчатка; 4 – улитка с воздухозаборником; 5 – рама

чатки к валу электродвигателя без водяного охлаждения. Конструкция муфты имеет спицы, выполненные в виде лопастей, вращающихся в окружающем воздухе и охлаждаемые им, а вал выполнен из двух частей, соединенных этой муфтой.

Предложенный жаровый вентилятор был изготовлен в двух экземплярах, которые установлены на шахтной печи кирпичного завода в Омске (рис. 4). Работа этих вентиляторов в течение двух лет позволяет сделать вывод о надежности такой конструкции.

Испытания жаровых вентиляторов, проведенные институтом ИНТА-Строй, доказали возможность их применения для транспортирования газа температурой до 850°C. Этой температуры достаточно, чтобы использовать такие вентиляторы для устранения неравномерности температуры теплоносителя в туннельных печах кирпичного производства. Однако для других условий эксплуатации, например, в металлургической промышленности, могут быть изготовлены вентиляторы из специальной дорогостоящей жаропрочной стали с температурой применения до 1050°C.

Типоразмерный ряд жаровых вентиляторов серии «Гелиотис»

Индекс	Производительность, тыс. м ³ /ч	Мощность, кВт	Габаритные размеры, мм	Масса, м
ШЛ 416.40.00.000	0,6–1,1	2,2	660×491×660	75
ШЛ 416А.40.00.000	1,1–2,5	4	660×491×660	100
ШЛ 553.01.00.000	2,5–10	7,5	1262×991×672	195
ШЛ 557.01.00.000	7,5–22	11	1750×1350×1250	390
ШЛ 558.01.00.000	14,5–32	22	2200×1600×1350	600



Рис. 4. Установка жарового вентилятора «Гелиотис» на печи

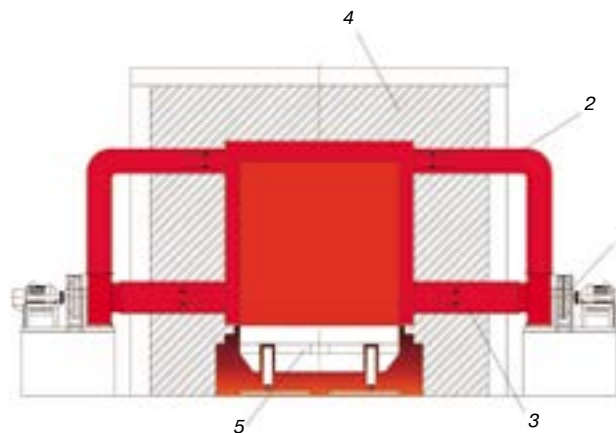


Рис. 5. Вариант установки жарового вентилятора «Гелиотис» на печь: 1 – жаровый вентилятор; 2 – подающий трубопровод в печь; 3 – забор воздуха из печи; 4 – футеровка печи; 5 – вагонетка

В туннельных печах жаровые вентиляторы устанавливают между зоной обжига и зоной рекристаллизации, а также в зоне прогрева, как это показано на рис. 1, б. Схемы установки могут быть различны. Однако наиболее простой является схема, показанная на рис. 5.

При этом более холодные газы забирают в нижней части канала печи, а подают в подсводовое пространство, где они смешиваются с более горячей средой. Схема обеспечивает качественное перемешивание газов с различной температурой, что способствует повышению равномерности температуры теплоносителя по высоте канала печи в каждой зоне.

В настоящее время разработан типоразмерный ряд жаровых вентиляторов «Гелиотис» (см. таблицу), позволяющих организовать перемешивание горячего теплоносителя на туннельных печах любой мощности, так как это не требует перекачки большого объема газовой среды.

Применение жаровых вентиляторов «Гелиотис» на туннельных печах позволяет снизить цикл проталкивания вагонеток, т. е. увеличить производительность печного комплекса на 5–10% и улучшить качество кирпича.

Выпускаемые ООО «ИНТА-Строй» жаровые вентиляторы «Гелиотис» имеют стоимость в 3–5 раз ниже водоохлаждаемых вентиляторов и в отличие от них имеют неограниченное время рабочего цикла.

Список литературы

1. Химическая технология керамики / Под ред. проф. И.Я. Гузмана. М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2003. 496 с.
2. Баренбойм А.М., Галиева Т.М., Гинзбург Д.Б., Гриссик А.М., Зимин В.Н., Кузьяк В.А., Рутман Э.М., Ходоров Е.И., Чижский А.Ф. Тепловые расчеты печей и сушилок силикатной промышленности. М.: Стройиздат, 1964. 496 с.

3. Нохратян К.А. Сушка и обжиг в промышленности строительной керамики. М.: Госстройиздат, 1962. С. 195.
4. Гнездов Е.Н., Гнездов Н.Е., Марченко Ю.И., Пережигин Е.А., Лопатина М.В., Цветкова М.С. Технологический энергоаудит туннельной печи для обжига керамических изделий // *Строительные материалы*. 2012. № 4. С. 54–57.
5. Шлегель И.Ф. Вентилятор для перемещения горячих газов. Патент RU 2541076. МПК: F04D29/00. Опубл. 10.02.2015. БИ № 4.

References

1. Khimicheskaya tekhnologiya keramiki / Pod red. prof. I.Ya. Guzman [Chemical ceramic technology. Ed. by I.Ya. Guzman.]. Moscow: OOO RIF «Stroimaterialy». 2003. 496 p.
2. Barenboim A.M., Galieva T.M., Ginzburg D.B., Grissik A.M., Zimin V.N., Kuzyak V.A., Rutman E.M., Khodorov E.I., Chizhskiy A.F. Teplovye raschety pechei i sushilok silikatnoi promyshlennosti [Thermal calculations furnaces and dried silicate industry]. Moscow: Stroyizdat. 1964. 496 p.
3. Nokhratyan K.A. Sushka i obzhig v promyshlennosti stroitel'noy keramiki [The drying and firing of ceramics in the construction industry]. Moscow: Gosstroyizdat. 1962. 195 p.
4. Gnezdov E.N., Gnezdov N.E., Marchenko Yu.I., Perezhigin E.A., Lopatina M.V., Tsvetkova M.S. Technological energy audit of a tunnel kiln for ceramic products burning. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 5, pp. 54–57. (In Russian).
5. Patent RU 2541076. MPK: F04D29/00. *Ventilyator dlya peremeshcheniya goryachikh gazov* [Ventilator for moving hot gases]. Shlegel' I.F. Published 10.02.2015. Bulletin No. 4. (In Russian).

ТОРГОВЫЙ ДОМ



ИНТА-СТРОЙ

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

Реклама

ПРЕДЛАГАЕМ ПОСТАВКУ ОБОРУДОВАНИЯ ГЛИНОПОДГОТОВКИ

В оборудовании применен ряд оригинальных технических решений, защищенных российскими и зарубежными патентами.

Некоторые из реализуемых позиций



Смесители-грануляторы «Каскад»
 Производительность от 60 кг/ч до 100 т/ч

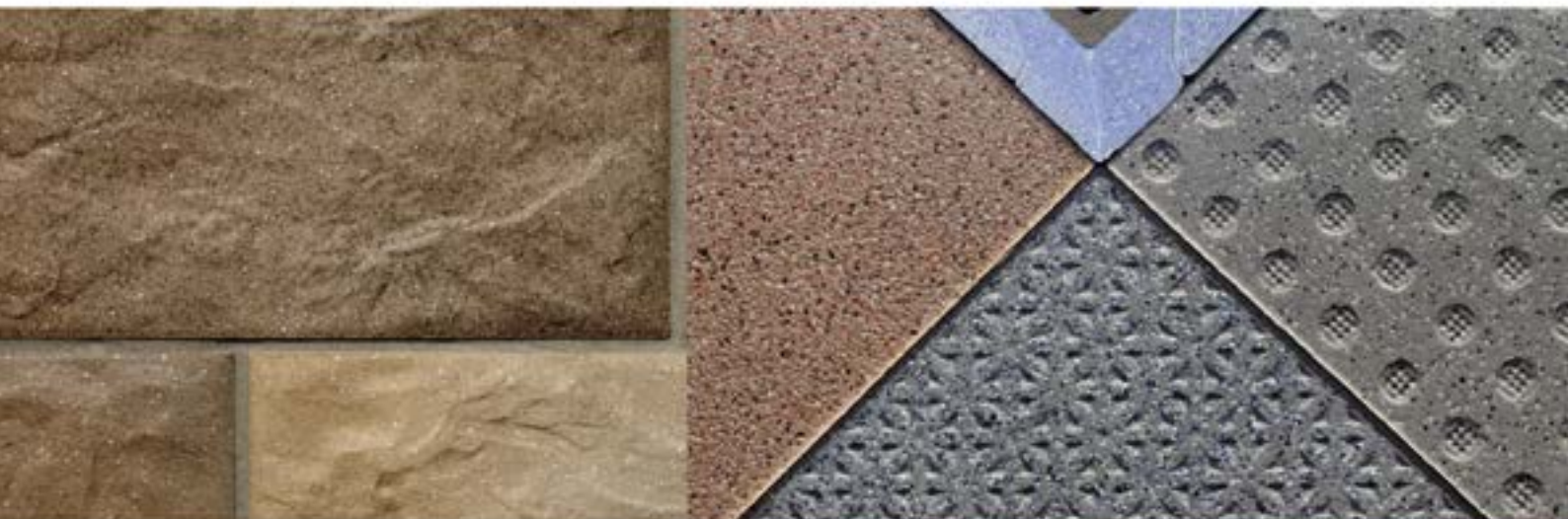


Глинорыхлители с питателем модульного типа «Базис»
 Производительность от 20 т/ч до 100 т/ч



Фрезер-камнеотделитель «Барьер»
 Производительность до 50 т/ч

МЫ ЗВЕНЬЯ ОДНОЙ ЦЕПИ



Экономичное изготовление керамических изделий



До 60% меньше потребление энергии*

Для экструдированных и
прессованных изделий,
таких как черепица, кирпич и др.

*Точные значения зависят от сырьевых материалов
и локальных условий

- Значительное сокращение себестоимости
- Значительное сокращение выбросов CO₂
- Грануляция производится без добавок

ООО «АЙРИХ МАШИНЕНТЕХНИК»

129343 Россия, Москва, ул. Уржумская, 4, стр. 2
Тел.: +7-495-7716880 Факс: +7-495-7716879
e-mail: info@eirich.ru www.eirich.ru

Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH & Co KG
Postfach 1160, 74732 Hardheim, Germany
Phone: +49 (0) 6283 51-0, Fax: +49 (0) 6283 51-325
E-mail: eirich@eirich.de, Internet: www.eirich.com



Упаковка продукции. Экономичность и эффективность

До своего появления в технологической производственной цепочке изготовления продукции машины упаковки в пленку методом «стретч-хууд» достаточно редко можно было встретить на предприятиях. Наиболее распространенным методом упаковки были либо обмотка в стретч-пленку, либо упаковка в термоусадочную пленку. Развитие технологии «стретч-хууд» как альтернативного способа упаковки паллетной продукции вызывает все больший интерес у производителей благодаря ее ощутимым преимуществам.

Упаковка. Термоусадочная пленка.

Данный способ упаковки достаточно распространен в России благодаря экономической доступности этого типа оборудования. На сегодняшний день на рынке присутствуют множество производителей пленок, а наличие источников газа и разрешений на его применение на предприятиях строительной индустрии не вызывает вопросов со стороны руководства предприятий.

При применении данного способа упаковки необходимо учитывать одно существенное ограничение – это качество поставляемой термоусадочной пленки. Способность к равномерному растяжению в продольном и поперечном направлениях, свариваемость, диэлектрическая проводимость, качество рулонной намотки, – критерии, которые определяют выбор поставщика пленки. При средней стоимости термоусадочной пленки **85 р./кг** стоимость материала для упаковки одной стандартной паллеты продукции может составить примерно **94 р.** Современное оборудование позволяет работать с пленками до 200 мкм, чего, в свою очередь, более чем достаточно для сохранности груза и его транспортировки на расстояния до 5–6 тыс. км. авто- и/или ж/д транспортом.

Упаковка. Пленка стретч.

Данный способ имеет широкое применение в упаковке кирпича благодаря невысокой стоимости оборудования, наличию производителей пленки практически в каждом регионе и достаточной простоте в использовании.



Для упаковки применяются так называемые пленки низкого давления LLDPE с растяжением до 250% на машинах с вращающейся кареткой или вращающимся столом.

Пленка надежно защищает упакованный груз от внешних воздействий и одновременно благодаря своим физическим свойствам удерживает его в горизонтальном положении. Количество витков пленки можно регулировать, так же как и величину «нахлеста» пленки. Средний расход пленки на поддон составляет **0,25–0,28 кг** при средней стоимости пленки **95 р./кг**. Для более надежной защиты используется укрытие верха пакета полиэтиленовой пленкой, что дает прирост стоимости упаковки ~ **на 10 р.**, и, таким образом, общая стоимость упаковки поддона составляет **37 р. за паллету**. Применение данного метода упаковки хорошо подходит для транспортировки кирпича на короткие расстояния, без перегрузок.

Однако есть ограничение, которое необходимо учитывать. При защите верха продукции используется укрывной лист полиэтиленовой пленки, однако даже самые современные стретч-машины не могут дать заказчику 100% гарантии защиты продукции от затекания влаги между витками пленки. Это необходимо учитывать при защите продукции от намокания.

Упаковка. Метод «стретч-хууд».

Данный тип упаковки относительно новый для России, но широко применяется в Европе. Его часто можно видеть на стендах зарубежных производителей оборудования, так же как поставляемую в нашу страну продукцию, упакованную таким прогрессивным способом. Благодаря наличию многочисленных поставщиков пленок данного типа, ограниченности природных энергоресурсов, прежде всего газа, и наличию хороших до-



рог в Европе данный тип упаковки завоевывает все новых производителей продукции.

Процесс упаковки следующий: машина растягивает с рулона пленку необходимой длины (определяется по датчику высоты груза на паллете), сваривает и отрезает ее от рулона, затем растягивает пленку в четырех направлениях и надевает пленку на груз полностью до поверхности конвейера.

Как и машины стретч-обмотки, данные машины также позволяют сформировать на грузе в случае необходимости несколько слоев пленки, что придает больше стабильности и жесткости упаковке.

Упаковка «стретч-хууд». Преимущества.

В Россию данный вид упаковки приходит вместе с импортными технологиями производства. Конечно, есть ограничение, связанное с недостаточным предложением качественной пленки от российских производителей, но по совокупности характеристик данный метод упаковки более экономичен в эксплуатации, обслуживании и потреблении расходных материалов по сравнению с термоусадочным оборудованием.

Современные машины упаковки методом «стретч-хууд» могут устанавливаться на существующие конвейеры и упаковывать продукцию до уровня паллеты, не требуя приподнятия паллеты с продукцией над конвейером. Подъемные устройства для поднятия паллеты во время упаковки часто используются как в стретч-обмотчиках, так и в термоусадочном оборудовании, что необходимо для захвата пленкой углов и низа паллеты, позволяющего укрыть пленкой низ пакета и привязать груз.

Открытие мешка пленки во время процесса упаковки – наиболее важная часть всего процесса упаковки «стретч-хууд». Остановка машины во время открытия встречается наиболее часто, что приводит к вмешательству оператора и перезапуску всего процесса. Запатентованная система открытия мешка, применяемая в оборудовании итальянской компании OMS модели IS43, позволяет гарантировать правильное и безошибочное открытие мешка даже в случае использования пленок с большой статикой.

За последние 20 лет значительно изменились свойства и качество используемых пленок. В отличие от однослойных термоусадочных пленок пленки «стретч-хууд» – это рукав с фальцами из трехслойной соэкструзионной пленки, произведенной методом выдувной соэкструзии (структуры mLLDPE/EVA/mLLDPE). За счет



наличия в среднем слое структуры сополимера этилена с винилацетатом (EVA) упаковка «стретч-хууд» имеет высокую эластичность, может, как чулок, обратимо растягиваться, сжиматься и за счет силы сжатия крепко удерживать груз на поддоне при транспортировке. Пленки стретч-хууд используются для упаковки паллет с грузом весом до 2000 кг.

За последние 20 лет пленки стретч-хууд качественно претерпели значительные изменения. Если ранее с приходом на рынок повсеместно использовались пленки толщиной 100 мкм и более, то в настоящее время наиболее широкое применение нашли пленки толщиной 50, 60 и 70 мкм.

Стоимость оборудования также значительно изменилась. Если в начале своего развития стоимость оборудования упаковки «стретч-хууд» значительно превосходила стоимость оборудования для упаковки в термопленку и стретч-пленку, то в настоящее время оборудование «стретч-хууд» сравнялось в стоимости с термооборудованием, а стоимость эксплуатации оборудования «стретч-хууд» стала значительно ниже благодаря отсутствию контактного высокотемпературного нагрева.

В настоящее время при средней стоимости пленки **130 р./кг** стоимость упаковки продукции оказывается примерно равна **59 р. за паллету**.

Очевидно, что данный вид упаковки будет получать все большее распространение, так как обеспечивает достаточно надежную защиту продукции, экономичен в использовании и надежен в эксплуатации.

О компании.

Производитель оборудования – компания OMS (Италия) профессионально занимается вопросами упаковки промышленной продукции более 65 лет. Оборудование компании OMS широко представлено в России и странах СНГ в различных отраслях промышленности и имеет многочисленные примеры сдачи «под ключ» линий автоматизированной упаковки. В 2011 г. компания образовала дочернее отделение ООО «ОМС Системс», чем значительно улучшила свои проектные и сервисные позиции в части разработки и обслуживания оборудования в России и странах СНГ.

Проектирование линии под требования заказчика, техническая проработка всех деталей проекта, предоставление информации о наиболее эффективной и экономически оправданной модели упаковки и сервиса – гарантия высокого качества и сохранности упакованной продукции.

ООО «ОМС Системс» готово к открытому диалогу с производителями кирпича. Являясь ведущей компанией в области упаковки промышленной продукции, компания готова предложить самые современные, эффективные решения в области упаковки и маркировки продукции, современные расходные материалы и сервис.

TECNARGILLA 2016

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

Будущее керамики



26-30
СЕНТЯБРЯ 2016
РИМИНИ, ИТАЛИЯ



CLAYTECH



KROMATECH



KERMAT

Организатор



Rimini Fiera
business space

Партнер



ACIMAC
Association of Italian Manufacturers of
Machinery and Equipment for Ceramics



При поддержке



Ministero dello Sviluppo Economico



ITA
ITALIAN TRADE ASSOCIATION

tecnargilla.it

Организатор: **СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ**
научно-технический журнал

При поддержке:

LINGI
MADE IN GERMANY

**HÄNDLE
ZMB BRAUN**

Генеральный спонсор:



1–2 ИЮНЯ 2016
ЧЕЛЯБИНСК, РОССИЯ
ГРАНД ОТЕЛЬ «ВИДГОФ»

ON JUNE 1–2, 2016
CHELYABINSK, RUSSIA
GRAND HOTEL «VIDGOF»

XIV

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

KERAMTEX



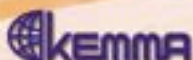
Партнеры МИАП KERAMTEX / KERAMTEX' partners



Geramitec

01.06.2016

Посещение кирпичного завода КЕММА и глиняного карьера Челябинского Рудуправления
VISIT KEMMA BRICK-PLANT AND CLAY PIT OF CHRU (UVELKI)



02.06.2016

Пленарное заседание/Plenary session
Гала-ужин с вручением профессиональных наград в ресторане «Купол»
CERAMIC AWARDS DINNER AT RESTAURANT «KUPOL»

Руководитель проекта – Юмашева Елена Ивановна
Менеджер проекта – Лескова Елена Львовна

Россия, 127434, Москва, Дмитровское шоссе, д. 9, стр. 3
Тел./факс: +7 (499) 976-22-08, 976-20-36, моб. +7 (910) 437-03-98

www.rifsm.ru

mail@rifsm.ru

www.keramtex.ru

удк 666.712

Э.Г. САЕНКО, коммерческий директор,
В.Ф. КОРЕПАНОВА, главный технолог Никольского кирпичного завода,
Г.И. ГРИНФЕЛЬД, инженер

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

Возможности фасадного клинкерного кирпича марки «ЛСР» в замещении импорта

Проанализировано развитие производства клинкерной продукции в России. Показано, что после выхода на проектную мощность клинкерной линии Никольского кирпичного завода Группы ЛСР началось уверенное импортозамещение данного вида продукции. На примере ЖК «ЗИЛАРТ» продемонстрированы возможности применения клинкерной керамики для отделки фасадов. Представлены новые конструктивные решения, а также новые варианты кладок.

Ключевые слова: импортозамещение, энергосбережение, клинкерный кирпич, навесной фасад, Никольский кирпичный завод, ЖК «ЗИЛАРТ».

Je.G. SAENKO, Commercial Director, V.F. KOREPANOVA, Chief Technologist of Nikolsky Brick-Works, G.I. GRINFEL'D, Engineer
ООО «LSR. Stenovye» (40, lit. A, Oktjabr'skaja Embankment, 193091, Sankt-Peterburg, Russian Federation)

Capabilities of Façade Clinker Brick of «LSR» Brand to Substitute Import

The development of production of clinker products in Russia is analyzed. It is shown that after reaching the design capacity by the clinker line of the Nikolsky brick factory of LRS Group, the confident import substitution of this production type has started. On the example of the Housing Cooperative «ZILART», possibilities to use the clinker ceramics for façade finishing are demonstrated. New structural decisions and new options of masonries are presented.

Keywords: import substitution, energy saving, clinker brick, suspended façade, Nikolsky brick factory, HC «ZILART».

Производство клинкерного кирпича в России после периода забвения [1] стало наращиваться высокими темпами. Основной прирост российского производства обеспечивается специализированной линией по выпуску клинкера, смонтированной на Никольском кирпичном заводе Группы ЛСР [2]. Первые два года после запуска линии бизнес-единица «ЛСР. Стеновые материалы» вела активную работу, направленную на замещение импортного клинкерного кирпича в массовых сегментах рынка. После вывода линии на проектную мощность появились ресурсы для расширения продуктовой линейки завода. Наиболее ярким примером выпуска фасадного клинкерного кирпича для премиум-сегмента рынка стала серия «ЗИЛАРТ», разработанная специально для жилого комплекса «ЗИЛАРТ», возводимого Группой ЛСР на территории бывшего Завода им. И.А. Лихачева (ЗИЛ) на берегу Москвы-реки.

Российский рынок клинкерного кирпича.

Импорт клинкерного кирпича всех видов в Россию рос непрерывно с 2009 г., увеличившись к 2013 г. до 42 млн шт. Снижение курса рубля, произошедшее в 2014 г., привело к снижению объема импорта до уровня, предшествовавшего 2012 г. (см. таблицу).

Импорт строительной керамики из стран Евросоюза в Россию, в том числе клинкер фасадный и тротуарный

Вид продукции	Импорт по годам*, млн шт.			
	2012	2013	2014	2015
Строительная керамика, в том числе:	77	101	101	67
клинкер фасадный	18,9	17,2	17,2	11,4
клинкер тротуарный	19,8	25,2	23,2	13,4
Клинкерный кирпич весь	38,7	42	40	25

* По данным Департамента маркетинга строительных материалов Группы ЛСР.

В 2015 г. объем продаж тротуарного клинкера Группы ЛСР составил 13 млн шт. кирпича (или 6,5 млн шт. усл. кирпича), что на 40% больше, чем в 2014 г., и в десятки раз больше, чем в 2013 г.

Всего в 2015 г. продажи импортозамещающей продукции (фасадный клинкер, тротуарный клинкер, лицевой полнотелый кирпич и прочие керамические элементы) в Группе ЛСР выросли до 23,4 млн шт. (или 14,5 млн шт. усл. кирпича).

Однако на фоне общего объема рынка строительной керамики доля клинкера мала. Если все производство стеновых керамических изделий в России в 2015 г. оценивается в 7,78 млрд шт. усл. кирпича, то производство клинкера составляет лишь 0,2% от этого объема, а весь рынок клинкерного кирпича – в пределах 0,5% от рынка стеновых керамических изделий.

Несмотря на то что объем потребления клинкерного кирпича на первом этапе своего возрождения сравнительно небольшой, его возможности позволяют существенно менять подходы к проектированию знаковых объектов гражданского строительства. Покажем это на примере объекта «ЗИЛАРТ», развиваемого Группой ЛСР на территории бывшего завода ЗИЛ.

Фасады жилого комплекса «ЗИЛАРТ».

В конце 2014 г. Группа ЛСР выиграла тендер на редевелопмент южного участка территории ЗИЛ. По представленной концепции на территории 65 га вблизи исторического центра Москвы будет построено более 1,5 млн м² недвижимости, в том числе 950 тыс. м² жилья, а также объекты социально-бытовой и культурной инфраструктуры. Поскольку объект является структурообразующим для этой части Москвы, большое внимание было уделено архитектурной концепции строящегося района и архитектурным решениям фасадов.

Комплекс разбит на 40 лотов, работу над которыми ведут разные архитекторы, первые девять зданий находятся в процессе строительства (рис. 1). К работе над первой очередью ЖК «ЗИЛАРТ» привлечены десять наиболее известных архитектурных бюро России и



Рис. 1. Схема расположения и архитектурная концепция ЖК «ЗИЛАРТ»

мира. Здания существенно отличаются внешним видом. Объединяет облик материал фасадной отделки — клинкерный кирпич, разработанный специально для ЖК «ЗИЛАРТ». Клинкерный кирпич будет применен в варианте, который пока еще не нашел широкого применения в России, — в виде навесного фасада из каменной кладки с опорой на выносные металлические кронштейны, закрепляемые к торцам межэтажных перекрытий.

Общих отличительных особенностей у фасадов «ЗИЛАРТ» три: клинкерный кирпич серии «ЗИЛАРТ», способ крепления кирпичной кладки к несущему каркасу здания — на отnose с опорой на кронштейны и нержавеющие направляющие профили и вентилируемым воздушным зазором между фасадной облицовкой и теплоизолированной оболочкой зданий; способ кладки клинкерного кирпича, отличающийся от традиционного формой изделий, толщиной кладочных швов, положением кирпича в пространстве относительно плоскости кладки и относительно вектора силы тяжести.

Крепление каменных фасадов к несущему каркасу здания.

Общая конструктивная схема навесных фасадов из каменной кладки показана на рис. 2.

Такой фасад совмещает достоинства кирпичной облицовки и навесных фасадных систем и при принятии



Рис. 3. Примеры зданий с навесными кирпичными фасадами в Западной Европе.



Рис. 4. Примеры зданий с навесными фасадными системами в России (г. Москва)

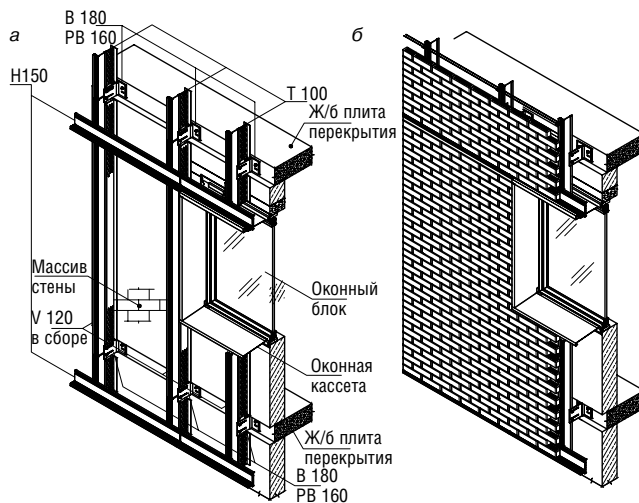


Рис. 2. Конструктивная схема навесного фасада из каменной кладки: а — установка горизонтальных направляющих; б — фасадная система с облицовкой кирпичом

правильных конструктивных решений лишен их основных недостатков. Достоинства: высокая теплотехническая однородность теплозащитной оболочки здания, оптимальный влажностный режим ограждающей конструкции, механическая прочность, надежность и архитектурная выразительность лицевого слоя.

Применение кирпичной кладки в виде отдельных фрагментов, температурные деформации которых не стеснены, обеспечивает высокую долговечность. Дополнительным фактором долговечности становятся физико-технические характеристики клинкерного кирпича, в первую очередь низкое водопоглощение.

Навесные фасадные системы с облицовочным слоем из каменной кладки возможны в двух конструктивных вариантах исполнения. В первом варианте ветровые нагрузки передаются от облицовочного слоя на основной конструкционный слой наружной стены через систему гибких связей, работающих как на растяжение, так и на прижим. В этом случае к надежности заделки гибких связей предъявляются жесткие требования. Во втором варианте всю полноту нагрузки от облицовочного слоя принимает на себя подконструкция фасадной системы, передавая ее на несущий каркас здания через кронштейны и не используя стеновое заполнение в качестве промежуточной опоры. Именно этот вариант, отличающийся повышенной надежностью, проектируется для комплекса «ЗИЛАРТ».

Такие системы навесных фасадов с облицовочным слоем из каменной кладки получили распространение в Западной Европе с конца 1990-х гг. Распространение таких систем обусловлено ростом требований к тепловой изоляции зданий. Их разработкой и поставкой на стройки занимаются несколько фирм, что порождает

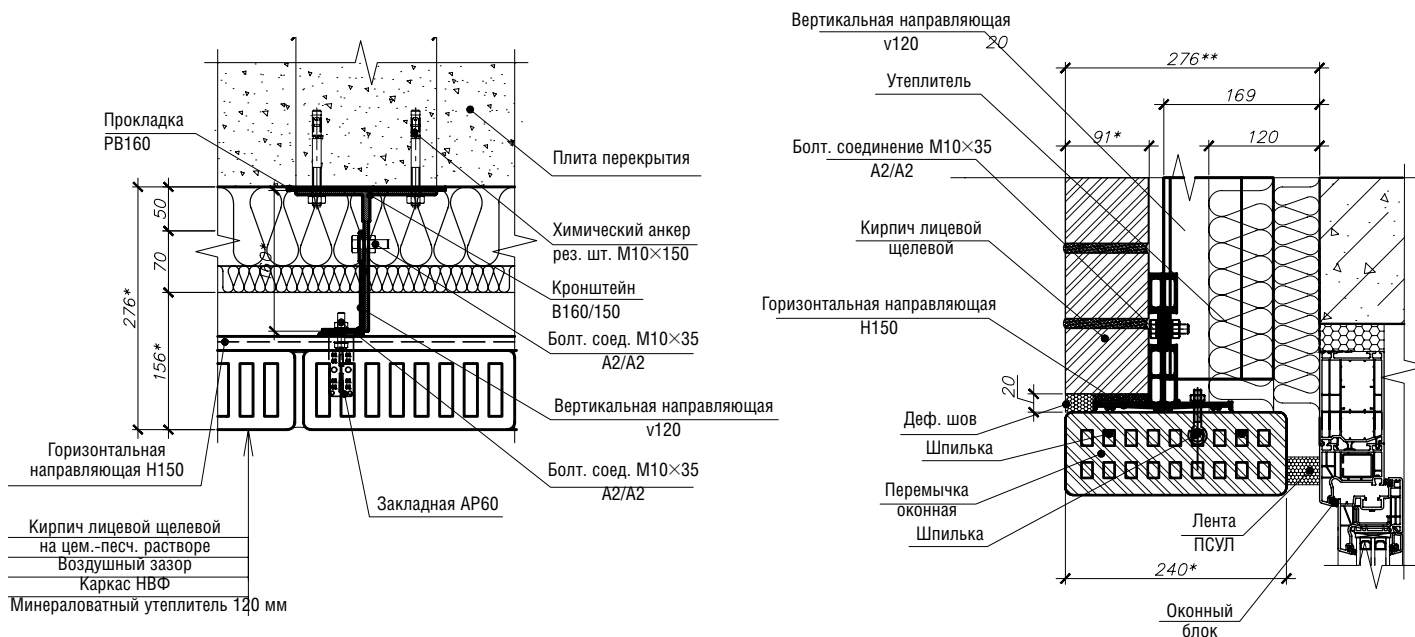


Рис. 5. Примеры узлов крепления облицовочной каменной кладки к конструктивным элементам здания

здоровое разнообразие конструктивных решений. Некоторые примеры западноевропейских зданий с навесными кирпичными фасадами приведены на рис. 3.

В последнее десятилетие такие системы получили ограниченное распространение и в России. Сравнительное удорожание импортных комплектующих придало дополнительный импульс развитию отечественных систем, предназначенных для навесного крепления каменных кладок к несущим конструкциям зданий. На рис. 4 и 5 представлены примеры использования отечественных материалов и конструкций для устройства навесных фасадов из каменной кладки и конструктивные решения, принятые при их реализации.

Образцы фасадных кладок.

Для выбора и утверждения принятых фасадных решений на площадке строительства «ЗИЛАРТ» зимой 2015/16 г. были выполнены фрагменты будущих кладок в натуральную величину. Наиболее характерные фрагменты приведены на рис. 6.

Для всех фасадов характерно выполнение лицевой кладки с выступающими кирпичами и объемным расположением цветовых карт на всей площади фасадов.

На рис. 6, а представлена кладка из кирпича, установленного на тычок (ложковые ряды идут не горизонтально, а вертикально). При этом рисунок кладки обеспечивается не только цветом кирпича, но и тем, что

контрастные диагонали выполнены не в плоскости кладки — кирпичи, образующие рисунок, выступают из плоскости и западают в плоскость основного кладочного полотна.

На рис. 6, б кладка толщиной в кирпич выполнена с неклассической перевязкой и с выносом 5–15% кирпича из плоскости кладки на 5–15 мм. Пестрота обеспечена восемью оттенками кирпича.

Рис. 6, в — поле кладки толщиной полкирпича с декоративными пилястрами в виде выступающих из плоскости фасада тычковых рядов.

Рис. 6, г — кладка сочетает наибольшее разнообразие цветов и оттенков кирпича с выводом отдельных кирпичей из плоскости кладки.

Клинкерный фасадный кирпич серии «ЗИЛАРТ».

Для объекта «ЗИЛАРТ» разработана специальная серия фасадного клинкерного кирпича. В первую очередь он отличается от стандартных форматов размером. После нескольких экспериментальных работ на совете представителей заказчика, архитекторов и производителя был утвержден формат 50×100×210 мм. Формат не имеет прямых аналогов в отечественной и зарубежной практике. Наиболее близкие к нему размеры имеют американский формат standad 3-5/8"×2-1/4"×8" (92×57×203 мм), германский WF (210×52×90/115 мм) и британский 8-1/2"×4"×2-1/2" (215×102×65 мм).



Рис. 6. Макеты фасадных кладок разных корпусов комплекса «ЗИЛАРТ»: а — лот № 5. Авторы АМ ООО «Цимайло, Ляшенко и партнеры»; б — лот № 7. Авторы ООО «Урбис»; в — лот № 6. Авторы АБ СПИЧ; г — лот № 1, 2. Авторы АБ Сергея Скуратова



Рис. 7. Внешний вид кирпича серии «ЗИЛАРТ»

Пустотность кирпича серии «ЗИЛАРТ» составляет 20% (рис. 7).

Для комплекса «ЗИЛАРТ» отработаны рецептуры 11 оттенков, из которых четыре производятся дополнительно в исполнении «флешинг». Всего утверждено пять оттенков серого цвета, четыре оттенка красного, два оттенка коричневого. Кроме того, в формате «ЗИЛАРТ» производятся изделия ранее разработанных цветов и оттенков.

Важной особенностью кирпича для строительства комплекса является повышенное качество поверхностей. У кирпича «ЗИЛАРТ» четыре лицевые поверхности. Фаски формируются по всем 12 граням. К двум из лицевых поверхностей (ложек + тычок) предъявляются требования по целостности и соответствию цвета утвержденным образцам, к двум – только по целостности. Пятна и цветовая неоднородность, возникающие при обжиге на поверхностях, соприкасавшихся с элементами оборудования, являются отдельным оговоренным с архитекторами фактором декоративности.

Получение клинкера серых оттенков требует повышенной температуры обжига. Если обжиг клинкера красных оттенков ведется при температуре 970–1000°C, то серые оттенки требуют температуры обжига более 1100°C. В результате весь клинкерный кирпич серии «ЗИЛАРТ» имеет водопоглощение в диапазоне 3–4% и марку по прочности М300–М450. Морозостойкость подтверждена на уровне марки F100, после чего испытания прекращены.

Следует заметить, что столь широкий ассортимент клинкерной продукции с получением требуемых характеристик на основе сырья из тугоплавких глин гарантированно обеспечивается только благодаря специализированному оборудованию. Линия производства клинкера, рассчитанная на выпуск 25 млн шт. усл. кирпича в год, имеет ряд особенностей, позволяющих получать клинкер из глиномассы различного состава. Это камера сушки, обеспечивающая параллельно восемь различных режимов, но в первую очередь это печь. Высота садки в печи линии клинкера составляет всего 860–900 мм. Низкий обжигочный канал обеспечивает малый градиент температуры по высоте, что ведет к однородности обжига верхних и нижних рядов садки. Печь рассчитана на температуру обжига до 1250°C, это позволяет рассчитывать в будущем на возможность получения клинкера из всех известных в настоящее время наиболее тугоплавких сортов глин.

Заключение.

В процессе реализации проекта «ЗИЛАРТ» Группа ЛСР фактически осуществила перевод российского рынка фасадного клинкера на новый уровень. В первые два года после запуска линии клинкера на Никольском кирпичном заводе шла отработка производственных режимов и производилось методичное замещение импортного клинкера в массовых сегментах рынка. Отработав формат, внешний вид и декоративные особенности клинкерного кирпича серии «ЗИЛАРТ», мы показали, что вполне можем заменять импортный клинкер во всех сегментах рынка, в том числе в премиальных. Производственные возможности оборудования и широта доступной сырьевой базы позволяют удовлетворить запросы самых взыскательных заказчиков и при наличии экономической целесообразности произвести клинкерный кирпич произвольно заданного внешнего вида и формы.

Параллельно с демонстрацией возможностей производства клинкерного кирпича проект «ЗИЛАРТ» актуализирует деятельность по внедрению в российскую строительную практику навесных фасадных систем с облицовочным слоем из каменной кладки. Причем внедряются наиболее прогрессивные варианты таких фасадов с обеспечением устойчивости кладок элементами подконструкции.

Таким образом, обеспечивается внедрение материаловедческих разработок, расширяется спектр доступных архитектурных решений, который подкрепляется новыми конструкторскими разработками в области механики работы навесных фасадных систем. В рамках одного проекта решается сразу несколько научных и технических задач, связанных с оформлением городских фасадов.

Список литературы

1. Гаврилов А.В., Гринфельд Г.И. Краткий обзор истории, состояния и перспектив рынка клинкерного кирпича в России // *Строительные материалы*. 2013. № 4. С. 20–22.
2. Корепанова В.Ф., Гринфельд Г.И. Производство клинкерного кирпича на Никольском кирпичном заводе Группы ЛСР // *Строительные материалы*. 2014. № 4. С. 10–13.
3. Ишук М.К. Требования к многослойным стенам с гибкими связями // *Жилищное строительство*. 2008. № 3. С. 28–31.
4. Ишук М.К. Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки. М.: РИФ «Стройматериалы», 2009. 360 с.

References

1. Gavrilov A.V., Grinfeld G.I. A Brief Review of History, Conditions and Prospects of Clinker Brick Market in Russia. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 4, pp. 20–22. (In Russian).
2. Korepanova V.F., Grinfeld G.I. Production of clinker brick at Nikol'sky Brick Factory of LSR Group. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 4, pp. 10–13. (In Russian).
3. Ishhuk M.K. Requirements to multilayered walls with flexible communications. *Zhilishnoe Stroitel'stvo* [Housing construction]. 2008. No. 3, pp. 28–31. (In Russian).
4. Ishhuk M.K. Otechestvennyj opyt vozvedeniya zdaniy s naruzhnyimi stenami iz oblegchennoj kladki [Domestic experience of construction of buildings with external walls from the facilitated laying]. Moscow. RIF «Strojmaterialy», 2009. 360 p.

УДК 624:692.231.2

Э.И. КИРЕЕВА, канд. техн. наук (kireeva@ingil.ru), В.С. БЕЛЯЕВ, канд. техн. наук

АО «ЦНИИЭП жилища – институт комплексного проектирования жилых и общественных зданий» (АО «ЦНИИЭП жилища») (127434, Москва, Дмитровское ш., 9, стр. 3)

Конструкции ненесущих трехслойных наружных стен с облицовкой кирпичом в гражданских зданиях повышенной этажности

На примере Московского климатического региона рассмотрены три типа ненесущих наружных стен трехслойной конструкции из мелкоштучных материалов с облицовочным слоем из кирпича, вентилируемым воздушным зазором, эффективным утеплителем и вариантами внутреннего слоя – из ячеисто-бетонных блоков (тип 1), кирпичной кладки (тип 2) и кладки из керамических камней высотой 140 мм (тип 3) для применения в каркасных зданиях высотой 50, 75 и 100 м. Приведены требования к расчету и проектированию трехслойных наружных стен, выполнение которых позволит обеспечить надежность рассматриваемых решений на стадии разработки проекта. В качестве примера приведены результаты расчета фрагментов стен с одним и двумя проемами, расположенных соответственно в шаге несущих конструкций 4,4 и 6 м. Определена зависимость толщины облицовочного слоя от высоты здания, длины рассчитываемого фрагмента и условий крепления к несущим конструкциям.

Ключевые слова: трехслойные наружные стены, вентилируемый воздушный зазор, надежность и безопасность, вертикальные температурно-деформационные швы.

E.I. KIREEVA, Candidate of Science (Engineering) (kireeva@ingil.ru), V.S. BELYAEV, Candidate of Science (Engineering) AO «TSNIEP zhilishcha» – institute for complex design of residential and public buildings» (AO «ЦНИИЭП жилища») (9/3, Dmitrovskoe Highway, Moscow, 127434, Russian Federation)

Design of Non-Bearing Three-Layered External Walls with Brick Facing in Civil Buildings with Increased Number of Storeys

On the example of the Moscow climatic region, three types of non-bearing external walls of three-layered design from small piece materials with a brick facing layer, ventilated air gap, efficient heat insulation and variants of the internal layer – from cellular concrete blocks (type 1), brick masonry (type 2) and masonry made of ceramic stones of 140 mm height (type 3) to use in frame buildings of 50, 75, and 100 m height are considered. Requirements for calculation and design of three-layered external walls, fulfilling of which makes it possible to ensure the reliability of solutions considered at the stage of project development, are presented. As an example, results of the calculation of fragments of walls with one and two openings located in the pitch of bearing structures of 4.4 and 6 m respectively are also presented. The dependence of the facing layer on the height of the building, length of calculated fragments and conditions of fastening to bearing structures is determined.

Keywords: three-layered external walls, ventilated air gap, reliability and safety, vertical temperature-deformation joint.

Запрет на применение в строительстве на территории г. Москвы и Московской области трехслойных наружных стен с эффективным утеплителем и облицовкой кирпичом в 2008 г. акцентировал проблему надежности и безопасности многослойных конструкций наружных стен облегченного типа в жилых и общественных зданиях повышенной этажности. Проведенные обследования технического состояния наружных стен в некоторых аварийных зданиях, как строящихся, так и уже построенных, позволили определить основные причины повреждений кирпичного облицовочного слоя. К ним отнесены как проектные ошибки, так и низкое качество производства работ по возведению стен. К одной из основных проектных ошибок относится недооценка температурно-влажностных усилий, возникающих в облицовочном слое кладки от перепада температуры наружного воздуха, отсюда отсутствие в облицовочном слое вертикальных температурно-деформационных швов, недостаточное армирование наружного слоя и крепление его к несущим конструкциям здания в зонах с максимальными температурными деформациями. Другой не менее важной причиной деформации кирпичной кладки наружного слоя является недостаточный влажностный режим трехслойных наружных стен, способствующий влагонакоплению в конструкции стены от попадания как дождевой воды, так и влаги со стороны помещения. И наконец, низкое качество строительных работ объяснялось в тот период отсутствием технологического регламента на возведение стен многослойной конструкции.

За последние годы выполнено много работ по исследованию влияния перечисленных факторов на состояние многослойных наружных стен с кирпичной облицовкой, в основе которых лежит «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», определивший подходы к вопросам надежности и долговечности конструкций стен (и материалов), их безопасной эксплуатации [1–6]. По изложенной проблеме также выполнено следующее:

- разработаны методы расчета лицевого кирпичного слоя в наружных стенах облегченного типа на температурно-влажностные воздействия, даны рекомендации по армированию кладки облицовочного слоя и устройству в нем вертикальных температурно-деформационных швов СТО 36554501-013–2008 (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, 2010 г.);
- в качестве методического пособия для проектирования разработан «Альбом технических решений многослойных продольных и торцевых наружных стен, облицованных кирпичом толщиной 120 мм (с утолщенной наружной стенкой или пустотностью 13%), для строительства жилых и общественных зданий высотой до 75 м» (ЦНИИЭП жилища, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, 2010 г.);
- разработаны типовые технологические карты 17-10ТК, 18-10ТК, 19-10ТК на возведение двух- и трехслойных ненесущих наружных стен с облицовкой кирпичом, ПКТИпромстрой, 2010 г.;
- актуализирована редакция СНиП 3.03.01–87 – СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие кон-

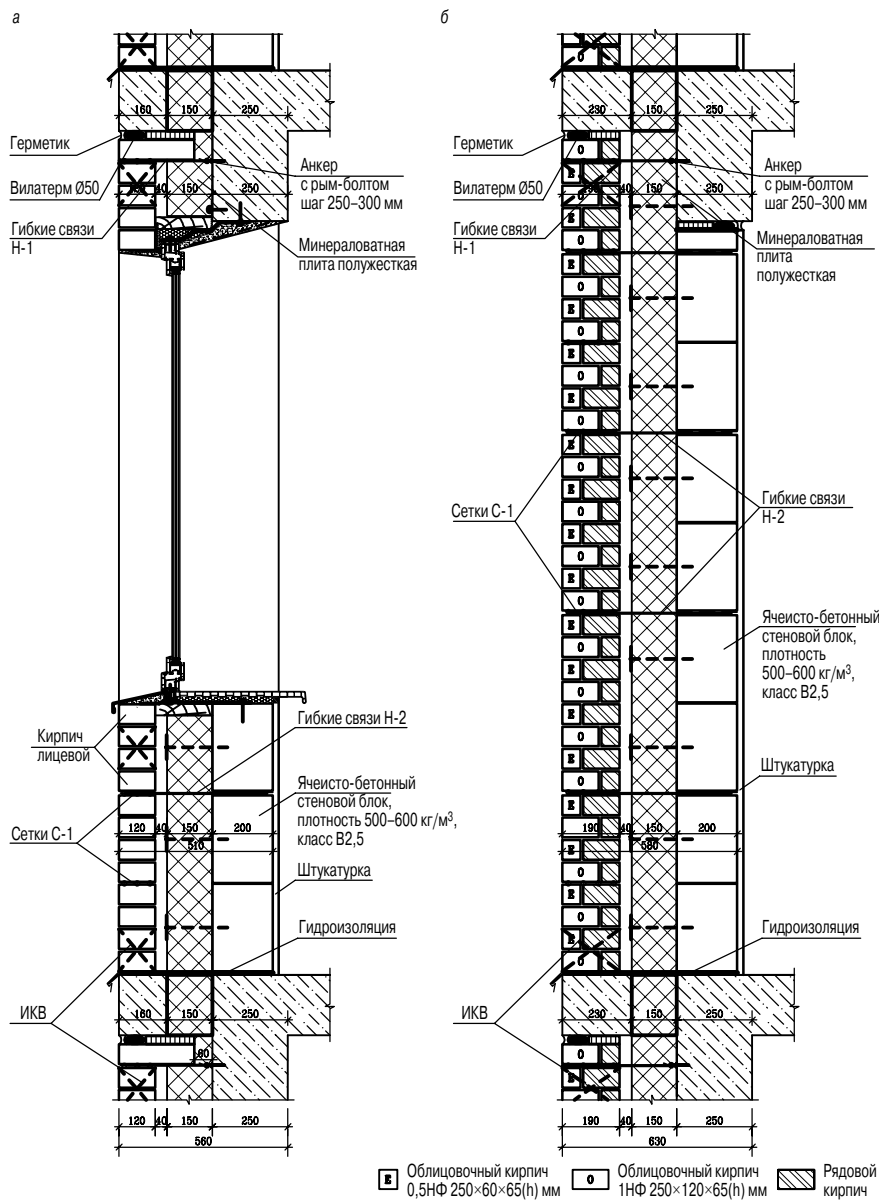


Рис. 1. Наружная стена тип 1 с внутренним слоем из ячеисто-бетонных блоков, наружный слой толщиной: а – 120 мм; б – 190 мм

струкции», где регламентированы допуски в отклонении несущих конструкций при монтаже зданий повышенной этажности, влияющие на величину опорной зоны несущих наружных стен;

– актуализирована редакция СНиП II-22-81* – СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции», в которую включены требования к расчету и проектированию многослойных наружных стен облегченного типа и их гибким соединительным связям.

Результаты проведенных исследований позволяют в настоящее время вернуться к решениям наружных стен трехслойной конструкции с облицовочным слоем из кирпича на новом уровне, учитывая допущенные ранее ошибки и разработанные в рамках СП 15.13330.2012 требования к расчету и проектированию многослойных стен. Применение трехслойных конструкций наружных стен в гражданском строительстве, например в каркасных зданиях или зданиях смешанных конструктивных систем в виде несущих поэтажно опираемых стен, позволит не только увеличить количество типов ограждающих стеновых конструкций наряду с двухслойными

стенами, но и расширить область применения керамических изделий, выпускаемых отечественными заводами. Например, для наружного слоя стен может использоваться облицовочный кирпич форматов 0,5 НФ и 0,7 НФ размером соответственно 250×60×65 мм и 250×85×65 мм или кирпича ЕВРО аналогичных размеров (рис. 1, 2); для наружного и внутреннего слоев стен могут применяться керамические камни формата 2,1 НФ размером 250×120×140 мм соответственно облицовочные и рядовые по ГОСТ 530–2012 (рис. 3, а); возможен вариант комбинированного применения рядового керамического камня во внутреннем слое и облицовочного кирпича в наружном слое – стены на (рис. 3, б).

Надежность и безопасность трехслойных стен тип 1–3 (рис. 1–3) на стадии разработки проекта будет обеспечиваться выполнением следующих требований.

1. Трехслойные стены с эффективным утеплителем и облицовкой кирпичом должны удовлетворять положениям СНиП 23-02-2003 по параметрам влажностного режима, что решается путем устройства вентилируемого воздушного зазора на границе облицовочного и утепляющего слоев; толщина зазора должна быть не менее 40 мм.

2. Прочность облицовочного слоя трехслойных стен с гибкими связями должна проверяться расчетом на растяжение от температурно-влажностных деформаций, в результате расчета определяется расстояние между вертикальными температурно-деформационными швами в кладке наружного слоя и его армирование; независимо от результатов расчета должно производиться конструктивное армирование кладки сетками или каркасами с шагом по высоте стен не более 60 см, а на углах – Г-образными сварными сетками на длину не менее 1 м от угла или до вертикального деформационного шва (если он расположен ближе), шаг сеток на углах по высоте не более 300 мм.

3. Прочность кладки наружного и внутреннего слоев и прочность гибких соединительных связей должны проверяться расчетом фрагментов стен на пиковые ветровые нагрузки, действующие из плоскости стены на угловых и рядовых участках здания; в зависимости от условий закрепления стен к несущим конструкциям здания расчетом определяются растягивающие напряжения в наружном и внутреннем слоях стены соответственно по перевязанному и неперевязанному сечению кладки, а также усилия растяжения-сжатия в соединительных связях. При расчете стен ветровые нагрузки принимаются по СП 20.13330.2011, а расчет выполняется в соответствии с СП 15.13330.2012 с учетом особенностей расчета, изложенного в [7].

4. Толщина облицовочного слоя в трехслойных стенах принимается по результатам расчета на ветровые нагрузки и зависит от следующих факторов: высоты

здания, величины ветровых нагрузок для конкретного региона строительства, шага вертикальных несущих конструкций каркаса, к которым крепятся стены, зоны расположения фрагмента стен (угловая или рядовая) и высоты этажа.

5. Площадь и количество гибких соединительных связей должны назначаться исходя из суммарных усилий растяжения, возникающих в них при действии ветровых нагрузок и усилий от возможного перекоса элементов каркаса. При этом наибольшие усилия растяжения в связях от ветровых нагрузок возникают в угловых зонах фасадов в местах крепления наружного слоя к элементам каркаса, а при перекосе значительные усилия растяжения приходятся на связи крепления внутреннего слоя к несущим конструкциям здания.

6. Соединительные связи должны назначаться таким образом, чтобы перемещения наружного и внутреннего слоев при ветровой нагрузке были практически одинаковые, в этом случае действующие усилия от ветра распределяются между слоями пропорционально их жесткости.

7. Независимо от результатов расчета количество гибких соединительных связей на углах и Z-образных участках стен, по периметру проемов и в местах вертикальных деформационных швов необходимо увеличить в два раза или шаг связей принять не более 300 мм.

Приведенные выше требования вошли в проект изменения № 1 к актуализированной редакции СП 15.13330.2012 – СНиП II-22–81*. Выполненные авторами расчеты фрагментов трехслойных стен длиной 4,4 м с одним окном и длиной 6 м с двумя окнами на пиковые ветровые нагрузки I ветрового района показали, что при принятой схеме соединительных связей несущие наружные стены тип 1–3 на рис. 1–3 могут применяться в каркасных жилых и общественных зданиях высотой до 100 м. При этом толщина облицовочного слоя в зависимости от вышеперечисленных в п. 4 факторов может назначаться 120, 190 или 250 мм.

Стена тип 1 (рис. 1) – трехслойная несущая с вентилируемым воздушным зазором толщиной 40 мм, внутренний слой из ячеисто-бетонных блоков толщиной 200 мм, плотностью 500–600 кг/м³, класс бетона В2,5 (М35) ГОСТ 31359–2007 и ГОСТ 31360–2007; средний слой из базальтовых минераловатных плит толщиной 150 мм, плотностью $\gamma=125$ кг/м³; наружный слой из лицевого кирпича марки М100 на растворе М75.

Стена тип 2 (рис. 2) – трехслойная несущая с вентилируемым воздушным зазором толщиной 40 мм, внутренний слой – кирпичная кладка из пустотелого или пустотелого кирпича толщиной 120 мм, марка кирпича М100, раствора – М75; средний слой из базальтовых минераловатных плит толщиной 170 мм, плотностью $\gamma=125$ кг/м³; наружный слой из керамического лицевого кирпича М100 на растворе М75.

Стена тип 3 (рис. 3) – трехслойная несущая с вентилируемым воздушным зазором толщиной 40 мм, вну-

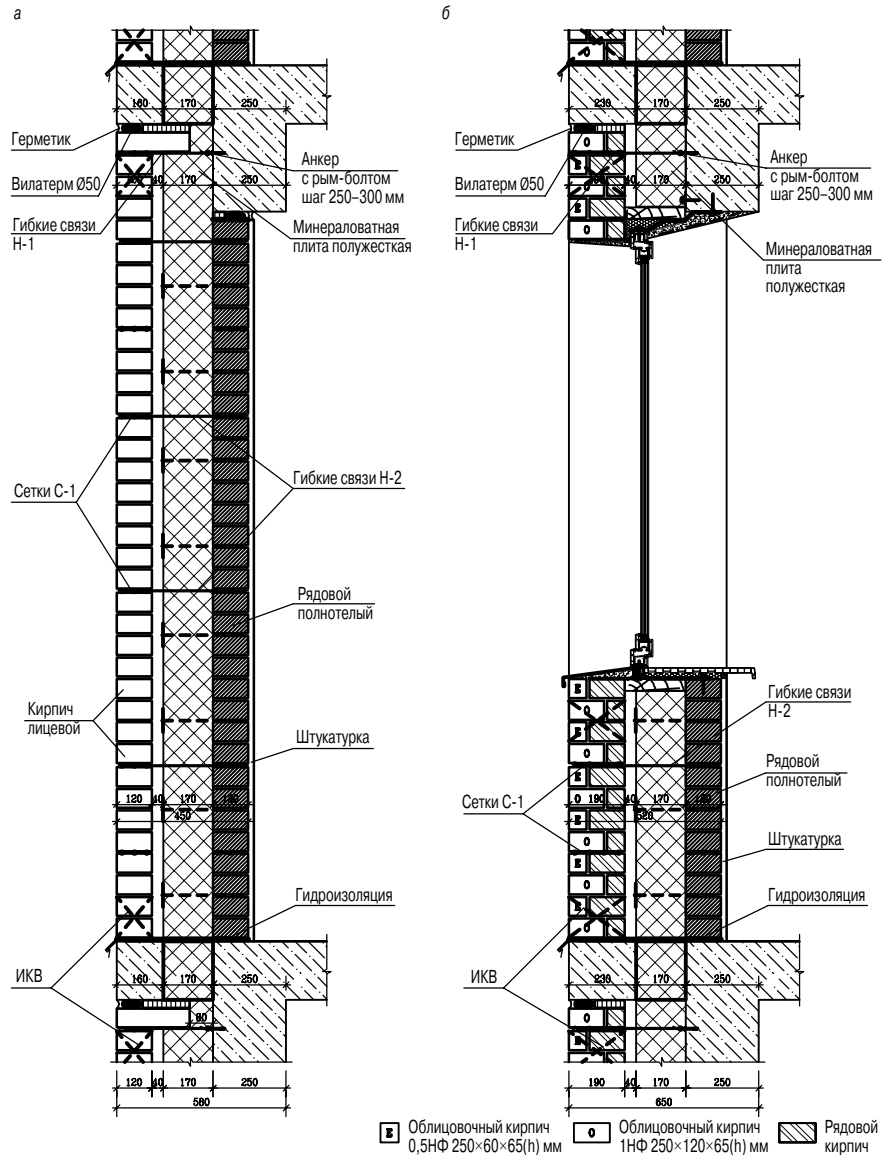


Рис. 2. Наружная стена тип 2 с внутренним слоем из кирпичной кладки, наружный слой толщиной: а – 120 мм; б – 190 мм

трений слой толщиной 120 мм из пустотелого рядового керамического камня КМ-Р-250×120×140 мм (2,1 НФ), плотностью в кладке 1600 кг/м³, марка камня М100, раствора – М75; средний слой из базальтовых минераловатных плит толщиной 170 мм, плотностью $\gamma=125$ кг/м³, наружный слой толщиной 120 мм может быть из кирпича или пустотелого лицевого керамического камня КМ-Л-250×120×140 мм (2,1 НФ) толщиной 190 и 250 мм – из лицевого кирпича в наружном и рядового кирпича во внутреннем рядах.

Соединение наружного и внутреннего слоев стен принято одиночными гибкими связями Ø5 мм из коррозионно-стойкой стали или базальтопластиковой арматуры, шаг связей 500×600 (h) мм. Связи должны быть надежно зафиксированы в швах кладки наружного и внутреннего слоев, для чего в уширенных швах ячеисто-бетонных блоков устанавливаются базальтовые сетки СБП-С. В угловых зонах, по периметру проемов, в местах вертикальных температурно-деформационных швов шаг связей по горизонтали принимается 250–300 мм.

Крепление слоев стен к несущим конструкциям в каркасных зданиях, как правило, должно приниматься: – *наружный слой* – к вертикальным несущим конструкциям (справа и слева фрагментов стен – к колон-

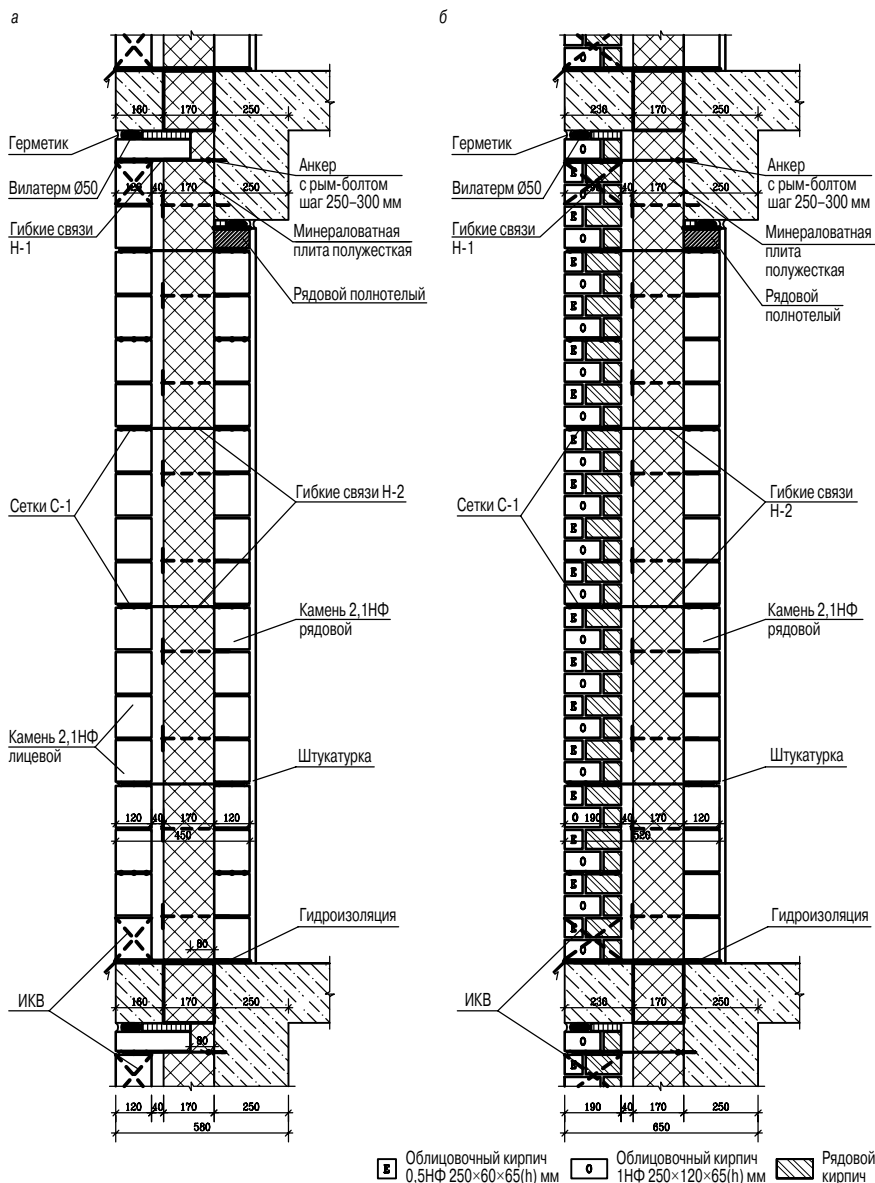


Рис. 3. Наружная стена тип 3 с внутренним слоем из керамических камней, наружный слой: а – из облицовочного камня 2,1 НФ толщиной 120 мм; б – из кирпичной кладки толщиной 190 мм

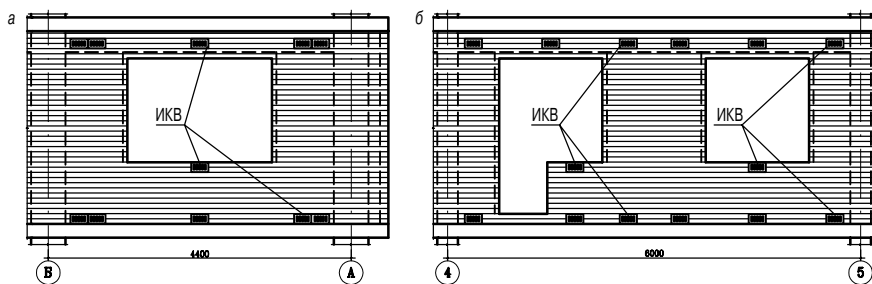


Рис. 4. Пример установки кирпичей ИКВ с горизонтальными (или наклонными) отверстиями для вентиляции наружных стен: а – фрагмент длиной 4,4 м (с одним проемом); б – фрагмент длиной 6 м (с двумя проемами)

нам или пилонам) и сверху – к горизонтальной продольной балке перекрытия с помощью петлеобразных гибких связей из коррозионно-стойкой арматуры $\varnothing 5$ мм и анкеров с рым-болтом;

– *внутренний слой* – к вертикальным несущим конструкциям (колоннам или пилонам) с помощью гибких связей из коррозионно-стойкой стали в виде перфорированных гнутых пластин ПЛ, устанавливаемых в четырех уровнях по высоте стены.

наружного слоя предусматривать специальные керамические кирпичи ИКВ с горизонтальными или наклонными вентиляционными отверстиями (рис. 5). При облицовочном слое толщиной 120 мм размеры кирпича ИКВ составляют $250 \times 120 \times 140$ (h) мм, марка кирпича по прочности М150, марка по морозостойкости F100, площадь вентиляционных отверстий в одном кирпиче 56 см^2 . Для большей прочности наружные стенки кирпича ИКВ приняты толщиной 35 мм, вну-

Расчеты фрагментов стен на ветровые нагрузки показали, что наибольшие растягивающие напряжения возникают в наружном слое стен при расположении фрагментов в угловых зонах здания. Во фрагментах стен с одним проемом, расположенных в узком шаге колонн (до 4,4 м), прочность кладки облицовочного слоя может обеспечиваться при толщине облицовочного слоя 120 мм в зданиях высотой до 100 м; во фрагментах длиной 6 м с двумя проемами толщина облицовочного слоя уже должна назначаться не менее 190 мм, а в зданиях высотой 75–100 м может быть и 250 мм. При проектировании конкретных зданий толщина облицовочного слоя трехслойных стен и прочность соединительных гибких связей проверяются расчетом в соответствии с пп. 2–5.

Принятый в конструкциях стен вентилируемый воздушный зазор на границе облицовочного слоя и утеплителя обеспечивает требуемый влажностный режим стен трехслойной конструкции. Площади вентиляционных отверстий в верхней и нижней зонах облицовочного слоя определяются из расчета оптимальной влагопередачи в стене. Необходимое количество воздуха, проходящего через воздушную прослойку, должно составлять как минимум $10 \text{ кг}/(\text{ч}\cdot\text{м})$, что может быть обеспечено при десяти вентиляционных отверстиях на 1 м^2 стены при площади одного отверстия 6 см^2 . Исходя из этого определена площадь вентиляционных отверстий в облицовочном слое кладки на каждый фрагмент стены. Например, в наружном слое фрагмента стены длиной 4,4 м (с одним проемом) необходимо принять десять вентиляционных отверстий с суммарной площадью отверстий 560 см^2 , а фрагмента стены длиной 6 м (с двумя проемами) – 12 отверстий с суммарной площадью 680 см^2 . Примеры расположения вентиляционных отверстий на фасаде приведены на рис. 4. Для зданий повышенной этажности с целью исключения ослабления кладки «пустошовками» (одно из решений вентиляции с помощью устройства пустых, не заполненных цементным раствором вертикальных швов кирпичной кладки), а также из эстетических соображений предлагается в кладке

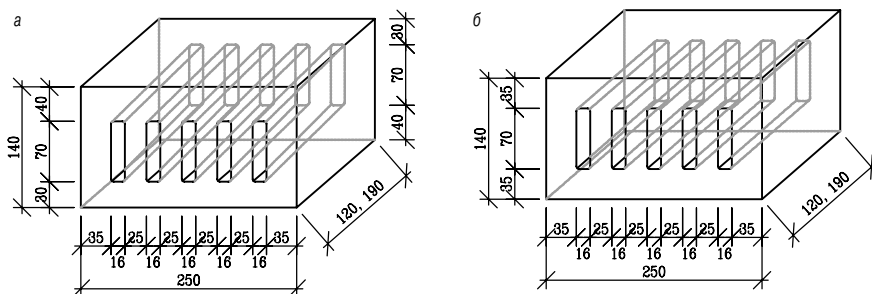


Рис. 5. Индивидуальные кирпичи вентиляционные марки ИКВ размером 250×120×140 мм и 250×190×140 мм: а – с наклонными пустотами; б – с горизонтальными пустотами

тренные – 25 мм. Отверстия предпочтительно устраивать с уклоном с целью исключения попадания внутрь наружной дождевой воды и влаги.

Рассмотренные технические решения трехслойных наружных стен с учетом выполнения перечисленных выше требований к расчету и проектированию позволят проектировать надежные и безопасные при эксплуатации наружные стены трехслойной конструкции в гражданском строительстве.

Список литературы

1. Ишук М.К. Причины дефектов наружных стен с лицевым слоем из кирпичной кладки. *Жилищное строительство*. 2008. № 3. С. 28–31.
2. Вознюк А.Б., Киреева Э.И. Фасады крупнопанельных зданий из мелкоштучных элементов. *Жилищное строительство*. 2011. № 3. С. 63–65.
3. Ишук М.К. Требования к многослойным стенам с гибкими связями. *Жилищное строительство*. 2008. № 5. С. 15–19.
4. Малахова А.Н. Дефекты наружных стен здания в многослойной кирпичной кладке. *Вестник МГСУ*. 2014. № 10. С. 87–94.
5. Обозов В.И., Давидюк А.А. Анализ повреждений кирпичной облицовки фасадов многоэтажных каркасных зданий. *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2010. № 3. С. 51–56.
6. Умнякова Н.П. Долговечность трехслойных стен с облицовкой из кирпича с высоким уровнем тепловой защиты. *Вестник МГСУ*. 2013. № 1. С. 94–100.
7. Киреева Э.И., Валь Е.Г. К вопросу расчета трехслойных ненесущих наружных стен с облицовкой кирпичом на ветровые нагрузки // *Жилищное строительство*. 2016. № 4. С. 40–43.

References

1. Ishchuk M.K. Causes of defects in the external walls with facing layer of masonry. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2008. No. 3, pp. 28–31. (In Russian).
2. Voznyuk A.B, Kireeva E.I. Facades of large-panel buildings made of small-piece elements. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2011. No. 3, pp. 63–65. (In Russian).
3. Ishchuk M.K. Requirements for multi-layer walls with flexible connections. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2008. No. 5, pp. 15–19. (In Russian).
4. Malakhova A.N. Defects in the outer walls of the building in a multi-layer masonry. *Vestnik MGSU*. 2014. No. 10, pp. 87–94. (In Russian).
5. Obozov V.I., Davidyuk A.A. Analysis of the damage of a brick facade of multi-storey frame buildings. *Seysmostoikoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzheniy*. 2010. No. 3, pp. 51–56. (In Russian).
6. Umnyakova N.P. The durability of sandwich walls with facing brick with a high level of thermal protection. *Vestnik MGSU*. 2013. No. 1, pp. 94–100. (In Russian).
7. Kireeva E.I., Val' E.G. To the problem of calculation of three layered non bearing external walls with brick facing for wind loads. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2016. No. 4, pp. 40–43. (In Russian).

СТРОИТЕЛЬСТВО

2016 ВЫСТАВКА-ФОРУМ

9-11 АВГУСТА

ЧЕЛЯБИНСК



1 ПЕРВОЕ
ВЫСТАВОЧНОЕ
ОБЪЕДИНЕНИЕ

ДС «Юность», Свердловский пр., 51
тел.: (351) 755-55-10, www.pvo74.ru



УДК 693.22

Г.И. ЯКОВЛЕВ¹, д-р техн. наук (gyakov@istu.ru), Г.Н. ПЕРВУШИН¹, д-р техн. наук;
 О. КИЗИЕВИЧ², доктор-инженер (olga.kizinievic@vgtu.lt); Ю.Н. ГИНЧИЦКАЯ¹, инженер,
 П.А. ТАЙБАХТИНА¹, студент

¹ Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова (426000, г. Ижевск, ул. Студенческая, 7)

² Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса (10223, Литовская Республика, г. Вильнюс, Саулетико, 11)

Влияние высолов в кирпичной кладке на разрушение отделочного полимерного покрытия

Рассматриваются причины возникновения высолов на фасадах кирпичных зданий и их влияние на деструктивные процессы в керамическом облицовочном кирпиче в процессе эксплуатации. Одной из причин образования высолов является повышенная влажность кирпича, возникающая при беспрепятственном воздействии атмосферной влаги на кладку в результате нарушений технологии возведения фасадных стен. Отсутствие вентиляционных зазоров в кирпичной кладке, а также между кладкой и утеплителем приводит к дополнительному увлажнению стен при их эксплуатации. Установлено, что процессы высолообразования в кирпиче инициируются составляющими кладочного раствора. Проведенный ИК-спектральный анализ показал, что основой высолов являются сульфат натрия и карбоната кальция, которые формируются, соответственно, из оксида натрия и кальция. При этом в соответствии с Техническими условиями на строительные растворы содержание оксида натрия ограничивается 0,6%.

Ключевые слова: высолы, керамический кирпич, сульфат натрия, карбонат кальция.

G.I. YAKOVLEV¹, Doctor of Sciences (Engineering) (gyakov@istu.ru), G.N. PERVUSHIN¹, Doctor of Sciences (Engineering);

O. KIZIEVICH², Doctor-Engineer (olga.kizinievic@vgtu.lt); Yu.N. GINCHITSKAYA¹, Engineer, P.A. TAIBAKHTINA¹, Student

¹ Kalashnikov Izhevsk State Technical University (7, Studencheskaya Street, Izhevsk, 426069, Russian Federation)

² Vilnius Gediminas Technical University (11, Saulėtekio al., LT-10223, Vilnius, Lithuania)

Influence of Efflorescence in Masonry on The Destruction of the Polymer Coating

This article discusses the causes of salt appearance on the brick building facades and their influence the destruction of the ceramic bricks polymer coating in the operation of buildings. One of the reasons for the formation of efflorescence is brick's humidity that occurs when unobstructed exposure of atmospheric moisture on masonry because of violations of construction technology of curtain walls. The absence of air gaps in the masonry, between brickwork and insulation, leads to additional moistening of walls at their operation. Discovered that mechanism of efflorescence is initiated by the mortar components. Infrared spectral analysis showed that the reason of efflorescence is sodium sulfate and calcium carbonate, which is formed from sodium oxide and calcium hydroxide. Thus, in accordance with the technical specifications for mortars sodium oxide content, for example, is limited to 0.6%.

Keywords: efflorescence, ceramic bricks, sodium sulfate, calcium carbonate.

В настоящее время большую актуальность приобретает проблема образования высолов на фасадах строящихся и эксплуатируемых зданиях. Высолы не только портят внешний облик здания, но и могут привести к шелушению кирпича и других материалов в конструкциях зданий и сооружений и, как следствие, к снижению их долговечности [1, 2]. Особое значение приобретают высолы, кристаллизующиеся в керамическом кирпиче, облицованном полимерными термопластичными красками. Вследствие перекристаллизации солей при изменении влажности окружающей среды происходит отторжение полимерного покрытия и его разрушение.

В работе были проведены исследования ограждающих стен здания жилого дома с облицовкой из керамического кирпича с полимерным покрытием.

Общий вид поврежденной кладки представлен на рис. 1, а. Отмечаются характерные повреждения в кирпичной кладке с полимерным покрытием. Результаты визуального обследования показали, что поверхность фасада имеет многочисленные отслоения отделочного слоя в наружной версте (рис. 1, в) вследствие отторжения полимерного покрытия кристаллизующимися солями с поверхности кирпича (рис. 1, б).

Высолы наиболее интенсивно формируются в процессе возведения здания в весенний период, сопровождающийся резким повышением влажности кирпича при изменении влажности окружающей среды. Первоначально в результате активной миграции влаги через ограждающую конструкцию на внешнюю поверхность кладки проникают растворимые компоненты в виде растворов. Вода из раствора испаряется, а соли кристаллизуются.



Рис. 1. Общий вид повреждений кирпичной кладки на фасаде здания: а – высолы с повреждением полимерного покрытия на кирпиче под молдингом; б – характерный вид шелушения полимерного покрытия; в – отслоения полимерного покрытия вследствие его отторжения кристаллизующимися солями

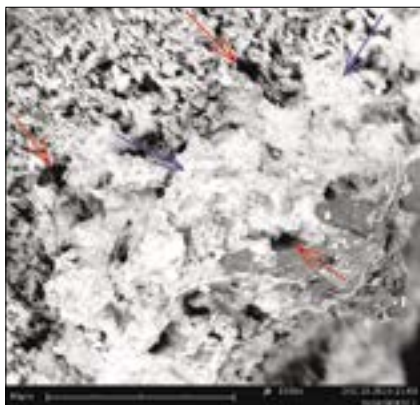


Рис. 2. Микроструктура поверхности кирпича с высолами при $\times 2500$ увеличении (красными стрелками показаны поры, синими стрелками отмечены кристаллизующиеся соли)



Рис. 3. Перекрытие вентиляционного зазора кладочным раствором

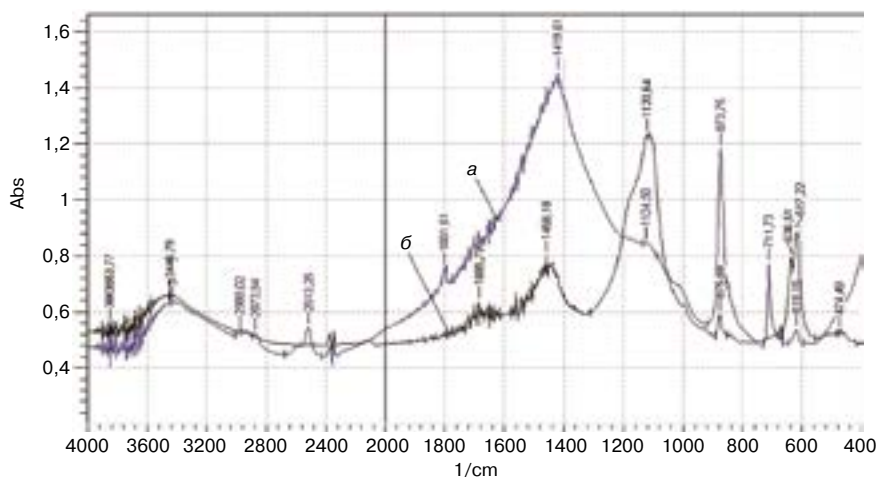


Рис. 4. ИК-спектры высолов с фасадной кирпичной кладки: а – высолы с кирпичной кладки с неокрашенным в массе кирпичом; б – высолы с кирпичной кладки с окрашенным в массе кирпичом

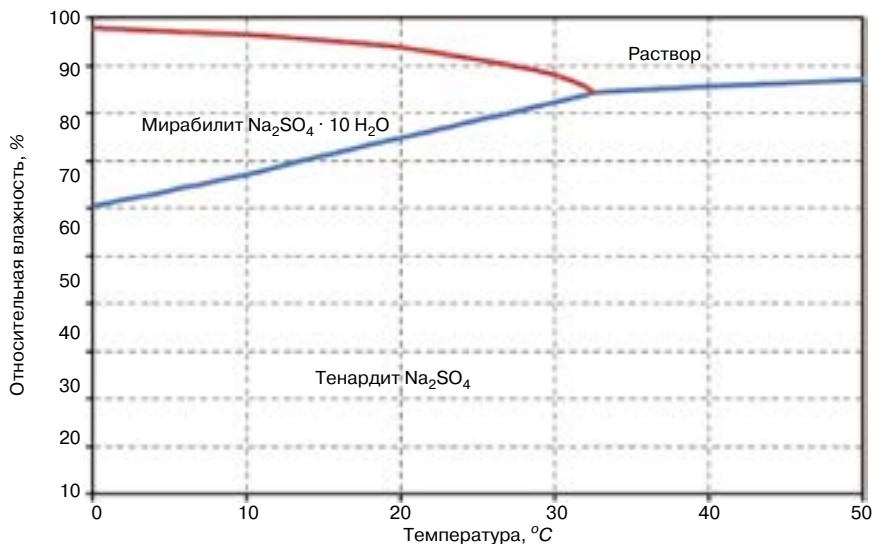


Рис. 5. Диаграмма состояния сульфата натрия в зависимости от температуры и влажности окружающей среды [7]

ются на поверхности кирпича (рис. 2), приводя к ухудшению внешнего вида здания и отторжению полимерного покрытия за счет кристаллизационного давления [3].

Наибольшую опасность представляют оксиды щелочных металлов – натрия и калия, присутствующие

как в глине, используемой при производстве кирпича, так и в составе кладочного раствора на основе портландцемента. При воздействии на них влаги оксиды переходят в щелочи, которые легко вступают в обменные реакции с образованием растворимых солей, таких как карбонаты, гидрокарбонаты, сульфаты натрия и калия. Все эти соли способны присоединять несколько молекул кристалловодной воды, при этом, как правило, объем некоторых солей может возрасти в несколько раз [4].

Ситуация осложнена тем, что в процессе производства работ по облицовке стен кирпичом часто допускаются нарушения, сопровождающиеся перекрытием вентиляционных зазоров кладочным раствором, ухудшающим вентиляцию теплоизоляции (рис. 3). Для исключения дополнительного увлажнения стен при их возведении и эксплуатации при аналогичных конструктивных решениях оставляются вентиляционные отверстия в виде незаполненных вертикальных швов в лицевой кладке стен, которые в ряде случаев проектировщиками упускаются из виду.

С целью выявления химического состава высолов был проведен отбор солей с кирпичной кладки на одном из зданий г. Ижевска, построенных по каркасной технологии. Для определения химического состава отобранной соли использовали ИК-Фурье спектрометр «Spektrum One». Анализ проводился в области частот $4000\text{--}650\text{ см}^{-1}$.

На ИК-спектре высолов зафиксированы линии поглощения $1120, 636, 617\text{ см}^{-1}$, характерные для сульфата натрия Na_2SO_4 (рис. 4, б).

Линии поглощения $1419, 873\text{ и }712\text{ см}^{-1}$ (рис. 4, а) соответствуют наличию в высолах карбоната кальция, образующегося при карбонизации гидроксида кальция, вымываемого из кладочного раствора. При этом необходимо отметить, что оба спектра содержат линии

поглощения, свидетельствующие о наличии наряду с основной солью небольших количеств карбоната кальция (1458 см^{-1}) и сульфата натрия (1124 см^{-1}). Пики в области частот 3446 см^{-1} показывают наличие кристаллогидратной воды в структуре сульфата натрия.

Раствор сульфата натрия проступает из кирпичной кладки и создает кристаллизационное давление на границе межфазного слоя между кирпичом и полимерным покрытием, отслаивая и разрушая его. Наибольшее давление создается при повышении влажности окружающей среды свыше 70% при температуре более 20°C (рис. 5) вследствие перекристаллизации безводного сульфата натрия Na_2SO_4 в 10-водный кристаллогидрат $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, при этом происходит увеличение его объема на 311% [5–7]. Процесс перекристаллизации способствует возникновению значительных давлений в керамике, что в последующем может привести к снижению прочности и морозостойкости кирпичной кладки [8].

Можно сделать вывод, что основой высолов является сульфат натрия, который формируется из оксида натрия, присутствующего в составе портландцемента кладочного раствора. Содержание оксида натрия в кладочном растворе не должно превышать 0,6% согласно ГОСТ 28013–98 «Растворы строительные. Общие технические условия». В то же время химический анализ кладочного раствора показал содержание оксидов натрия в пределах 1,74% и серы в пределах 0,14%.

Карбонат кальция формируется на поверхности кирпичной кладки из проступающего на поверхность кирпича гидроксида кальция, который, имея достаточно высокую растворимость (1,3 г/л), легко вымывается из кладочного раствора. Вследствие высокой активности гидроксид кальция подвергается карбонизации углекислым газом, присутствующим в воздухе, и кристаллизуется в виде высолов, практически не смываемых водой.

Следовательно, проведенные исследования показали, что высолообразование инициируется средой, в контакте с которой находится керамический кирпич, и воздействием окружающей среды (прежде всего влажностью). Вследствие достаточно высокой пористости керамического черепка растворимые соли начинают мигрировать через поры кирпича и выходят на его поверхность. Образование их связано с наличием избыточного количества оксида натрия в составе портландцемента, а также с отсутствием пуццолановых добавок, образующих нерастворимые соединения с гидроксидом кальция и предотвращающих его вынос на поверхность кирпичной кладки.

Таким образом, анализ солей, выступающих на поверхности кирпичной кладки в виде высолов, показал, что среди них преобладают карбонаты кальция и сульфаты натрия. Причина образования этих солей связана с вымыванием сульфатов натрия и гидроксидов кальция из кладочного цементного раствора слабоминерализованной водой, как правило в весенний период. Сульфаты натрия способны переходить в кристаллогидратную форму, значительно увеличиваясь при этом в объеме и разрушая структуру кирпича. В этом случае можно говорить о солевой коррозии, которая сопровождается как ухудшением внешнего вида зданий, так и снижением физико-механических свойств кирпичной кладки.

Список литературы

1. Яковлев Г.И., Гайлюс А. Солевая коррозия керамического кирпича // *Стекло и керамика*. 2005. № 10. С. 20–22.

2. Политаева А.И., Елисеева Н.И., Яковлев Г.И., Первушин Г.Н., Гавранек Иржи, Михайлова О.Ю. Роль микрокремнезема в структурообразовании цементной матрицы и формировании высолов в вибропрессованных изделиях // *Строительные материалы*. 2015. № 2. С. 49–55.
3. Ориентлихер Л.П., Логанина В.И. Защитно-декоративные покрытия бетонных и каменных стен: Справ. пособие. М.: Стройиздат, 1993. 120 с.
4. Инчик В.В. Солевая коррозия кирпичной кладки // *Строительные материалы*. 2001. № 8. С. 35–37.
5. Горшков В.С., Савельев В.Г., Абакумов А.В. Вяжущие, керамика и стеклокристаллические материалы: Структура и свойства: Справ. пособие. М.: Стройиздат, 1994. 584 с.
6. Flatt R.J. Salt damage in porous materials: how high supersaturations are generated. *Journal Crystal Growth*. 2002. Vol. 242 (3–4), pp. 435–454.
7. Bassuoni M.T., Rahman M.M. Response of concrete to accelerated physical salt attack exposure. *Cement and Concrete Research*. 2016. Vol. 79, pp. 395–408.
8. Maciulaitis R., Malaiskiene J. Statybynes keramikos charakteristiku ir technologiniu parametru reguliavimo galimybes: monografija. Vilnius: Technika 2012. 184 p.

References

1. Yakovlev G.I., Gailjus A. Salt corrosion of ceramic bricks. *Steklo i keramika*. 2005. No. 10, pp. 20–22. (In Russian).
2. Politaeva A.I., Eliseeva N.I., Yakovlev G.I., Pervushin G.N., Havranek Jii, Mikhailova O.Yu. Role of silica fume in formation of cement matrix structure and efflorescence in vibrocompressed products. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 2, pp. 49–55. (In Russian).
3. Orientlikher L.P., Loganina V.I. Zashchitno-dekorativnye pokrytiya betonnykh i kamennykh sten: Sprav. posobie [Protective and decorative coatings of concrete and stone walls: Ref. benefit]. Moscow: Stroyizdat. 1993. 120 p.
4. Inchik V.V. Salt corrosion brickwork. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2001. No. 8, pp. 35–37. (In Russian).
5. Gorshkov V.S., Savel'ev V.G., Abakumov A.V. Vyazhushchie, keramika i steklokristalicheskie materialy: Struktura i svoystva: Spravochnoe posobie [Cementing, ceramics and glass-crystalline materials: Structure and properties: A Reference Guide]. Moscow: Stroyizdat. 1994. 584 p.
6. Flatt R.J. Salt damage in porous materials: how high supersaturations are generated. *Journal Crystal Growth*. 2002. Vol. 242 (3–4), pp. 435–454.
7. Bassuoni M.T., Rahman M.M. Response of concrete to accelerated physical salt attack exposure. *Cement and Concrete Research*. 2016. Vol. 79, pp. 395–408.
8. Maciulaitis R., Malaiskiene J. Statybynes keramikos charakteristiku ir technologiniu parametru reguliavimo galimybes: monografija. Vilnius: Technika 2012. 184 p.

Подписка

на электронную версию

<http://rifsm.ru/page/5/>

В.В. НЕЛЮБОВА, канд. техн. наук (nelubova@list.ru), И.И. ПОДГОРНЫЙ, канд. техн. наук (mantra500@mail.ru), В.В. СТРОКОВА, д-р техн. наук (vvstrokova@gmail.com), Ю.В. ПАЛЬШИНА, инженер (yusta7@gmail.com)

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46)

Автоклавный газобетон с наноструктурированным модификатором алюмосиликатного состава*

Обоснована эффективность применения наноструктурированного модификатора алюмосиликатного состава на основе магматического кислого сырья – гранита. Показано увеличение физико-механических и эксплуатационных показателей модифицированных композитов, что обусловлено оптимизацией реологических характеристик смеси, интенсификацией структурообразования, а также формированием рационального состава разноразмерных новообразований в процессах фазообразования в гидротермальных условиях. Поровое пространство разработанных композитов отличается гетеропористой структурой с уплотненной межпоровой перегородкой, что обуславливает снижение плотности изделий при сохранении их прочности. Результаты исследований позволили предложить составы газобетона автоклавного твердения с использованием наноструктурированного модификатора, применяемого взамен цемента в составах формовочных смесей, позволяющие получать материалы теплоизоляционного и конструктивно-теплоизоляционного назначения с высокими изолирующими и прочностными характеристиками при сниженной себестоимости.

Ключевые слова: газобетон, автоклавная обработка, модификатор, алюмосиликатное сырье, гранит, микроструктура.

V.V. NELUBOVA, Candidate of Sciences (Engineering) (nelubova@list.ru), I.I. PODGORNIY, Candidate of Sciences (Engineering) (mantra500@mail.ru), V.V. STROKOVA, Doctor of Sciences (Engineering) (vvstrokova@gmail.com), Y.V. PALSHINA, Engineer (yusta7@gmail.com)
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (46, Kostyukova Street, Belgorod, 308012, Russian Federation)

Autoclave Gas Concrete with Nanostructured Aluminosilicate Modifier*

The efficiency of application of aluminosilicate modifier based on magmatic acid rock – granite is demonstrated. Enhancement of physical, mechanical and performance characteristics of modified composites associated with optimization of rheological properties of binding mixture, acceleration of structure formation process as well as formation of rational composition with heterosize new phases under hydrothermal conditions is shown. Pore space of the developed composites is characterized by heteroporous structure with impact inter-pore partition explaining the reducing of final product density when their strength is constant. Results of the study allow proposing autoclave gas concrete compositions with nanostructured modifier using for cement in molding mixtures. It allows production the heat-insulating and structural-heat-insulating materials with high isolation and strength at reduced cost.

Keywords: gas concrete, autoclave curing, modifier, aluminosilicate raw materials, granite, microstructure

На сегодняшний день силикатный автоклавный газобетон является одним из наиболее популярных стеновых строительных материалов в сфере индивидуального жилого строительства. Теплоизоляционно-конструкционный газобетон выгодно сочетает в себе необходимые показатели теплопроводности и достаточную прочность для возведения несущих конструкций зданий. Автоклавный газобетон прочно обосновался на рынке строительных материалов, с каждым годом прибавляя в темпах развития и увеличения объемов производства.

Тем не менее, согласно современной технологии получения газобетона, существует необходимость использования цемента в качестве основного структуроформирующего компонента в доавтоклавный период. Это приводит к увеличению себестоимости производства продукции. Работами коллектива доказана эффективность использования наноструктурированного модификатора для повышения эффективности производства материалов автоклавного твердения, однако рассмотрению подвергался модификатор силикатного состава, полученный на основе кварцевого песка [1–4]. Стоит отметить, что автоклавирование газобетона с различным содержанием цемента в его составе приводит к формированию условий для образования высокоосновных гидросиликатов кальция [5]. В частности, отмечается образование α - C_2SH . Кристаллизация в вязущей системе α - C_2SH -образований негативно влияет на прочностные свойства. Это обусловлено тем, что данные новообразования характеризуются ортосиликатной

(островной) структурой, в ней отсутствуют распространенные по всему объему кристалла высокоэнергетичные мостиковые связи Si–O–Si. В связи с этим задача частичной или полной замены цемента на менее дорогие эффективные добавки все еще актуальна.

С целью расширения сырьевой базы, а также утилизации отходов производств в последние годы для получения материалов автоклавного твердения активно используется сырье алюмосиликатного состава. В частности, по данным Национальной ассоциации автоклавного газобетона [6], около 10% существующих заводов используют высококальциевые золы-уноса, формирующиеся при сжигании угля на теплоэлектростанциях, в качестве активного компонента материалов автоклавного твердения. Это позволяет существенно экономить ресурсы, а также частично решить проблему утилизации отходов. Исследованиями ученых БГТУ им. В.Г. Шухова [7–12] доказана эффективность использования некондиционного, в том числе техногенного, сырья, содержащего в своем составе существенное количество глинистых минералов незавершенной степени минералообразования, для получения кирпича и газобетона автоклавного твердения.

Тем не менее интрузивные породы алюмосиликатного состава – граниты для получения автоклавных материалов до настоящего времени не использовались, что связано с незначительным содержанием кварцевой составляющей и отсутствием аморфной фазы, обеспечивающей высокую активность вещества в условиях гидротермальной обработки. Результаты, полученные в

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, а также в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова.

* This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, as well as in the framework of the Strategic Development Program BSTU named after V.G. Shukhov.

Содержание модификатора, %	Плотность, кг/м ³	Марка по плотности	Предел прочности при сжатии, МПа	Класс по прочности	Теплопроводность, Вт/(м×°С)	Теплопроводность по ГОСТ 31359–2007, Вт/(м×°С)
0	530	D500	4,16	B3,5	0,122	0,12
10	522	D500	5,12	B5	0,118	0,12
20	512	D500	4,84	B3,5	0,115	0,12
30	505	D500	4,58	B3,5	0,112	0,12
40	470	D450	4,35	B3,5	0,102	0,108
50	454	D450	4,08	B2,5	0,098	0,108
100	415	D400	3,8	B2,5	0,084	0,096

работе [13], свидетельствует о существенной интенсификации процессов фазо- и структурообразования формовочных смесей, используемых для получения материалов автоклавного твердения. В связи с этим целью настоящей работы являлось изучение эксплуатационных характеристик газобетона автоклавного твердения с использованием наноструктурированного модификатора, полученного на основе гранита.

Для оценки основных физико-механических характеристик образцов газобетона с использованием НМ его вводили в состав ячеисто-бетонной смеси взамен цемента в диапазоне 0–50% с шагом 10 и 100% (полное исключение цемента).

Отмечено (см. таблицу и рис. 1), что введение наноструктурированного модификатора приводит к некоторому снижению плотности массивов. Тем не менее при увеличении концентрации модификатора в системе до 30% от массы цемента марка по плотности остается прежней. Дальнейшее увеличение модификатора в составе газобетона приводит к снижению марки по плотности материала с D500 до D450 при сохранении класса по прочности. Снижение плотности материалов обусловлено изменением реологических характеристик ячеисто-бетонной смеси, а также интенсификацией процессов вспучивания и газовыделения в присутствии наноструктурированного модификатора. Все это приводит к формированию оптимальной пористой структуры, что и сказывается на плотности изделий.

Необходимо отметить, что полное исключение цемента из состава позволяет получать ячеистые изделия теплоизоляционного класса. При этом запас прочности таких изделий достаточно большой. В настоящее время полномасштабный производственный выпуск таких изделий практически невозможен, поскольку для получения низкоплотных материалов необходимо практически полное исключение цемента из состава сырьевых компонентов. Это практически невозможно, так как приводит к снижению прочности сырца газобетона, и, как след-

ствии, к недостаточной прочности готовых изделий. В случае введения наноструктурированного модификатора взамен цемента активный компонент добавки выступает в качестве структуроформирующего компонента в процессе выдержки массивов до автоклавной обработки, что исключает снижение сырьевой прочности материалов. При этом модификатор вступает во взаимодействие с гидроксидом кальция с формированием разноразмерных новообразований различного состава, что в совокупности способствует не только первоначальному упрочнению массивов, но и повышению его эксплуатационных характеристик в атмосферных условиях.

Введение наноструктурированного модификатора, полученного на основе гранита, способствует также росту прочности готовых изделий. Так, введение НМ в диапазоне 20–40% приводит к незначительному увеличению предела прочности при сжатии по сравнению с контрольным составом и находится в пределах 5–15%. При этом класс по прочности остается прежним – B3,5. Дальнейшее увеличение концентрации модификатора в системе способствует сокращению прочностных характеристик и снижению класса по прочности до B2,5. Тем не менее, согласно ГОСТ 31359–2007 «Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия», газобетон конструкционно-теплоизоляционного назначения должен удовлетворять следующим требованиям: плотность в диапазоне D450–D700 с классом по прочности не ниже B1,5; газобетон теплоизоляционного назначения – плотность не выше D400 с прочностью не ниже B0,35. Четкая регламентация и соответствие плотности изделия его прочности в данном нормативном документе отсутствует. Еще одним документом, регламентирующим свойства ячеистых изделий, является ГОСТ 25485–89 «Бетоны ячеистые. Технические условия», в котором приводится соответствие прочностных свойств материалов в зависимости от их плотности. Так, для конструкционно-теплоизоляционного бетона автоклавного твердения плотностью D500 прочность должна быть не ниже B2,5, для теплоизоляционного композита плотностью D400 – не ниже B1,5. Согласно полученным данным, газобетон автоклавного твердения с использованием наноструктурированного модификатора полностью удовлетворяет требованиям обоих ГОСТов. При этом материалы обладают существенным запасом прочности: с учетом требований ГОСТ 31359–2007 для плотности D500 – в 2,3 раза, для D400 – в 7 раз; с учетом требований ГОСТ 25485–89 для плотностей D500 и D400 – в 1,5 раза.

Рациональным с точки зрения физико-механических характеристик готовых изделий является 10% содержание наноструктурированного модификатора в системе. В данном случае прочность изделий практически не изменяется (марка по плотности остается прежней). При этом класс по прочности повышается до B5, что превышает образцы контрольного состава на 25%.

Согласно нормативным документам для газобетона автоклавного твердения должны быть определены показатели теплопроводности, значение которых напрямую зависит от плотности и пористости изделий.

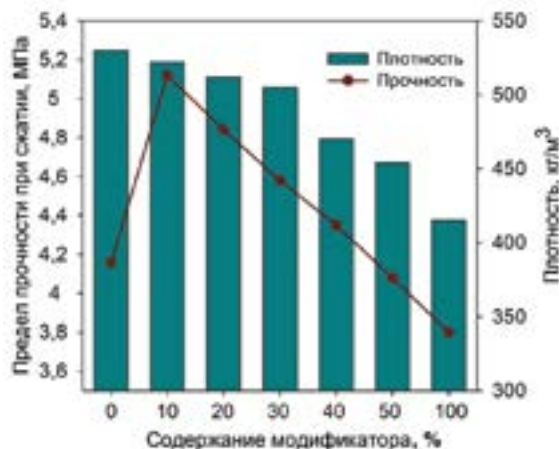


Рис. 1. Физико-механические свойства газобетона в зависимости от содержания модификатора

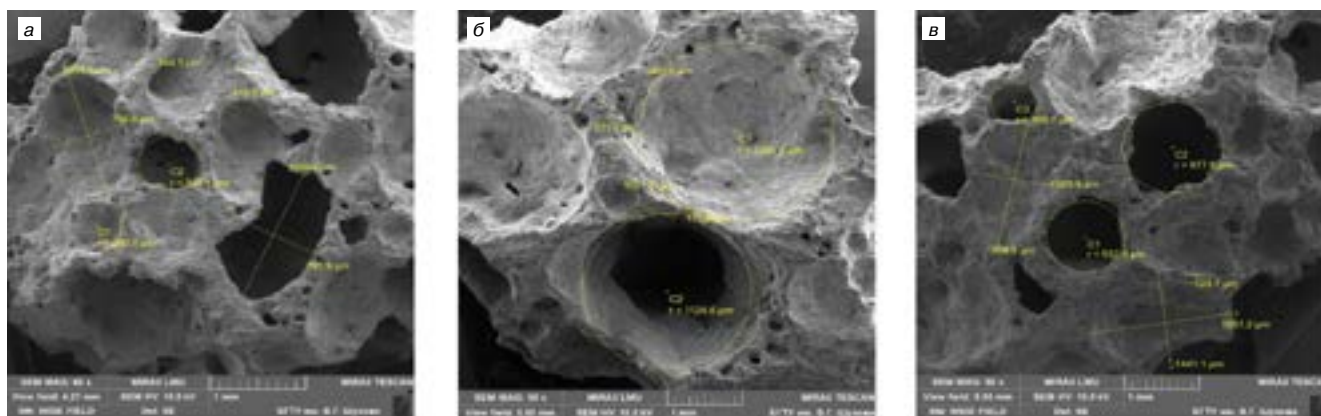


Рис. 2. Микроструктура газобетона в зависимости от концентрации модификатора (%): а – 0 (контрольный состав); б – 10; в – 100

Изучение теплопроводности готовых образцов производилось методом цилиндрического зонда.

Введение модификатора приводит к снижению теплопроводности изделий (см. таблицу), что связано с рационализацией поровой структуры массивов. Это обусловлено оптимизацией реотехнологических характеристик газобетона в доавтоклавный период за счет корректировки гранулометрического состава ячеисто-бетонной смеси и снижения ее плотности. Следствием является увеличение вязкости системы и облегчение процессов вспучивания смеси за счет минимизации потери газа в процессе взаимодействия алюминиевой пасты со щелочной средой смеси.

Анализ структурных особенностей разработанного газобетона свидетельствует о существенном влиянии модифицирующего компонента на качество поровой пространства композита. Так, образцы контрольного состава характеризуются порами неправильной формы различного размера (рис. 2, а). Межпоровая перегородка отличается рыхлой структурой, существенной толщиной (400–500 мкм) с большим количеством полостей и пустот.

Введение в систему наноструктурированного модификатора в количестве 10% от массы цемента приводит к формированию пор с более правильной геометрией, межпоровая перегородка существенных изменений не претерпела (рис. 2, б). Поры изолированы друг от друга, слияния не наблюдается. Их размер увеличивается наряду с возрастанием их количества на единицу площади. Увеличение диаметра пор приводит к уменьшению толщины межпоровой перегородки (до 300–400 мкм). В то же время это способствует уплотнению ее структуры и упрочнению по сравнению с контрольным составом, что препятствует формированию условий для слияния пор.

Полное исключение цемента из состава смеси способствует в первую очередь сокращению толщины меж-

поровой перегородки образцов в 2–3 раза по сравнению с образцами контрольного и экспериментальных составов с заменой цемента до 50%, что соответствует до 100–150 мкм (рис. 2, в). При этом образцы отличаются максимальным количеством пор на единицу площади порового пространства. Все это способствует снижению плотности изделий до минимальных значений.

Все указанные особенности обусловлены оптимизацией реологических характеристик ячеисто-бетонной смеси с обеспечением необходимых вязкопластических свойств, в первую очередь пластической прочности, и интенсификацией процессов газообразования за счет введения наноструктурированного модификатора. Это обеспечивает создание условий для направленного движения газовых включений в результате реакции газообразующего агента со щелочной средой массива, что впоследствии приводит к формированию необходимой макропористой структуры изделий. Результатом указанных процессов становится увеличение прочностных и изолирующих свойств газобетона при сокращении его плотности как в случае конструкционно-теплоизоляционного, так и теплоизоляционного назначения.

Таким образом, использование наноструктурированного модификатора на основе гранита способствует получению газобетона автоклавно-твердения различного назначения – теплоизоляционного и конструкционно-теплоизоляционного: плотностью 415–522 кг/м³; пределом прочности при сжатии 3,8–5,12 МПа; паропроницаемостью 0,207–0,265 мг/(м²·ч·Па); теплопроводностью 0,118–0,084 Вт/(м·°С). При этом все разработанные изделия полностью удовлетворяют требованиям всех существующих нормативных документов: марки по плотности D400–D500, классы по прочности B2,5–B5 и марки по морозостойкости F50–F100.

Список литературы

1. Нелюбова В.В., Череватова А.В., Строкова В.В., Гончарова Т.Ю. Особенности структурообразования окрашенных силикатных материалов в присутствии наноструктурированного вяжущего // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2010. № 3. С. 28–32.
2. Нелюбова В.В., Жерновский И.В., Строкова В.В., Безродных М.В. Силикатные материалы автоклавно-твердения с наноструктурированным модификатором в условиях высокотемпературных воздействий // *Строительные материалы*. 2012. № 9. С. 8–9.
3. Нелюбова В.В., Алтынник Н.И., Строкова В.В., Подгорный И.И. Реотехнологические свойства ячеисто-бетонной смеси с использованием наноструктурированного модификатора // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова*. 2014. № 2. С. 58–61.

References

1. Nelyubova V.V., Cherevatova A.V., Strokova V.V., Goncharova T.Yu. Features of structure formation in colored silicate materials with nanostructured binder. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*. 2010. No. 3, pp. 28–32. (In Russian).
2. Nelyubova V.V., Zhernovskiy I.V., Strokova V.V., Bezrodnykh M.V. Autoclave silicate materials with nanostructured modifier under high-temperature service. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 9, pp. 8–9. (In Russian).
3. Nelyubova V.V., Altyunnik N.I., Strokova V.V., Podgorniy I.I. Rheological properties of cellular concrete mixture with nanostructured modifier. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*. 2014. No. 2, pp. 58–61. (In Russian).
4. Nelyubova V.V., Strokova V.V., Altyunnik N.I. Cellular autoclave composites with nanostructured modifier.

4. Нелюбова В.В., Строкова В.В., Алтынник Н.И. Ячеистые композиты автоклавного твердения с использованием наноструктурированного модификатора // *Строительные материалы*. 2014. № 5. С. 44–47.
5. Строкова В.В., Нелюбова В.В., Алтынник Н.И., Жерновский И.В., Осадчий Е.Г. Фазаобразование в системе «цемент–известь–кремнезем» в гидротермальных условиях с использованием наноструктурированного модификатора // *Строительные материалы*. 2013. № 9. С. 30–33.
6. Вишнеvский А.А., Гринфельд Г.И., Куликова Н.О. Анализ рынка автоклавного газобетона России // *Строительные материалы*. 2013. № 6. С. 40–44.
7. Алфимова Н.И., Черкасов В.С. Перспективы использования отходов производства керамзита в строительном материаловедении // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2010. № 3. С. 21–24.
8. Алфимова Н.И., Шаповалов Н.Н. Материалы автоклавного твердения с использованием техногенного алюмосиликатного сырья // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 6–3. С. 525–529.
9. Строкова В.В., Алфимова Н.И., Черкасов В.С., Шаповалов Н.Н. Прессованные материалы автоклавного твердения с использованием отходов производства керамзита // *Строительные материалы*. 2012. № 3 С. 14–15.
10. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Силикатные материалы автоклавного твердения на основе алюмосиликатного сырья как фактор оптимизации системы «Человек – материал – среда обитания» // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2014. № 3. С. 27–33.
11. Володченко А.Н. Изучение продуктов взаимодействия магниевой глины с известью при автоклавной обработке // *Инновации в науке*. 2014. № 30-1. С. 89–95.
12. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Реологические свойства газобетонной смеси на основе нетрадиционного сырья // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2012. № 3. С. 45–48.
13. Жерновский И.В., Нелюбова В.В., Строкова В.В., Осадчий Е.Г. Фазаобразование вяжущих в системе «известь – гранитное НВ» в условиях автоклавного твердения // *Строительные материалы*. 2015. № 10. С. 49–53.
- Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 5, pp. 44–47. (In Russian).
5. Strokovaya V.V., Nelyubova V.V., Altynnik N.I., Zhernovskiy I.V., Osadchiy E.G. Phase formation in the system «cement – lime – silica» under hydrothermal conditions with using of nanostructured modifier. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 9, pp. 30–33. (In Russian).
6. Vishnevskiy A.A., Grinfel'd G.I., Kulikova N.O. Review of Russian market of autoclave gas concrete. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 6, pp. 40–44. (In Russian).
7. Alfimova N.I., Cherkasov V.S. Prospective of application of wastes from keramzit production in construction material science. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*. 2010. No. 3, pp. 21–24. (In Russian).
8. Alfimova N.I., Shapovalov N.N. Autoclave materials with industrial aluminosilicate raw materials. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2013. No. 6-3, pp. 525–529. (In Russian).
9. Strokovaya V.V., Alfimova N.I., Cherkasov V.S., Shapovalov N.N. Pressed autoclave materials with wastes from haydite production. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 3, pp. 14–15. (In Russian).
10. Volodchenko A.N., Lesovik V.S. Silicate autoclave materials on the base of aluminosilicate raw materials as optimization factor of the system «Human – material – environment». *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Stroitel'stvo*. 2014. No. 3, pp. 27–33. (In Russian).
11. Volodchenko A.N. Study of products of clay and lime interaction under autoclave curing. *Innovatsii v nauke*. 2014. No. 30-1, pp. 89–95. (In Russian).
12. Volodchenko A.N., Lesovik V.S. Rheological characteristics of gas concrete mixture on the base of non-conventional raw materials. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*. 2012. No. 3, pp. 45–48. (In Russian).
13. Zhernovskiy I.V., Nelyubova V.V., Strokovaya V.V., Osadchiy E.G. Phase formation of binders in the system «lime – granite nanostructured binder». *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 10, pp. 49–53. (In Russian).

Уважаемые коллеги!

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

Для этого необходимо прислать заявку в произвольной форме

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

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

Открыта **подписка на электронную версию** журнала:

<http://rifsm.ru/page/5/>



На почте подписку можно оформить:

По объединенному каталогу «Пресса России»

индекс **70886**



По каталогу агентства «Роспечать»

индекс **79809**

Оставайтесь
с нами!

Г.В. КУЗНЕЦОВА, инженер (kuznetzowa.gal@yandex.ru), Н.Н. МОРОЗОВА, канд. техн. наук, В.В. КЛОКОВ, студент, С.Р. ЗИГАНГАРАЕВА, студент

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

Силикатный кирпич и автоклавный газобетон с использованием отходов собственного производства*

Минералогический состав отходов кирпича и газобетона представлен гидросиликатами кальция, которые при кажущейся одинаковой природе существенно отличаются. В предлагаемых исследованиях приводятся результаты использования добавок из отходов газобетона и силикатного кирпича в технологии газобетона. В технологии производства кирпича можно утилизировать большие объемы отходов газобетона без ущерба для качества продукции и снизить расход сырьевых материалов на 5–10%.

Ключевые слова: автоклавный газобетон, силикатный кирпич, песок, сырцовая прочность, автоклавная прочность, ресурсосбережение.

G.V. KUZNETSOVA, Engineer (kuznetzowa.gal@yandex.ru); N.N. MOROZOVA, Candidate of Sciences (Engineering); V.V. KLOKOV, Student; S.R. ZIGANGARAEVA, Student
Kazan State University of Architecture and Engineering (1, Zelenaya Street, Kazan 420043, Russian Federation)

Silicate Brick and Autoclaved Gas Concrete with the Use of Waste of Own Production

The mineralogical composition of brick and gas concrete waste is presented by calcium hydro-silicates which are, while seemingly the same nature, substantially different. In the proposed studies, results of the use of additives produced from waste of gas concrete and silicate brick are given. The technology of brick production makes it possible to utilize large volumes of gas concrete waste without expense of quality of products and reduce the consumption of raw materials by 5–10%.

Keywords: autoclaved gas concrete, silicate brick, sand, green strength, autoclaved strength, resource saving.

По данным ООО «ГС-Эксперт», в России по состоянию на начало 2015 г. насчитывалось 93 силикатных завода [1]. Большинство заводов силикатного кирпича не только значительно расширили номенклатуру изделий из плотной силикатной массы, но и диверсифицировали производство за счет выпуска изделий из автоклавного газобетона.

В технологии автоклавного газобетона считается, что коэффициент заполнения автоклава для изделий, запариваемых без форм, должен достигать не менее 0,3–0,4, что и определяет комплектацию массивов на запарочной тележке. Технологии, предлагаемые в настоящее время, предполагают одинарное или двойное кантование массива. Первое позволяет увеличить коэффициент заполнения автоклава, но создает задачу ликвидации подрезного слоя после упаковки массива. При двойном кантовании эта задача решается, но усложняется производство и снижается коэффициент заполнения автоклава. К тому же современная технология с двойным кантованием и возвратом массива в вертикальное положение имеет свои особенности.

Отходы не являются обязательными при производстве любого продукта. Наличие отходов характеризует несовершенство технологии, ее незавершенность [2]. Такая незавершенность заключается, например, в образовании отходов газобетона за пределами цеха. Конечно, всегда можно найти пути для использования образовавшихся отходов. На ряде заводов отходы реализуются как добавка в виде крошки до 2 мм в бетонную смесь, в сухие строительные смеси, утеплитель и др.

Замена револьверных прессов на гидравлические значительно повысила качество кирпича, но производство декоративного фасонного кирпича и ручная его упаковка имеет свою статистику по отходам. Возрастающие объемы цветного, декоративного, и в

частности колотого кирпича, дают параллельно и прирост отходов. Так, при обколке стороны кирпича 120 мм и остатке рабочей стороны в 100 мм в отход уходит около 8%, что составляет 0,4 кг от кирпича массой 5 кг. Отходы неокрашенного кирпича можно переработать на участке приготовления вяжущего как добавку, но не более 10%. Отходы цветного кирпича – красного, коричневого, серого, черного и др. зачастую остаются невостребованными. Их нельзя использовать как добавку в вяжущее при помоле, хотя в цветном кирпиче те же гидросиликаты кальция.

Исходя из вышеизложенного на территории одного завода могут образовываться два вида отходов, и, что важно, они оба являются гидросиликатами кальция. Но если их сравнивать по физическим свойствам, то один является поризованным, а другой плотным материалом. Минералогический состав отходов кирпича и газобетона при кажущейся одинаковой природе будет несколько отличаться. Отход газобетона содержит гидроалюминаты кальция, которые связаны с цементом ($C_3A \leq 8\%$) и с газообразователем.

Известно, что гидросиликаты кальция могут служить центрами кристаллизации. При умелом их применении можно повысить прочность конечных материалов и/или увеличивать оборачиваемость автоклавов. Однако П.И. Боженков отмечал [3], что при температуре ниже 100°C трехкальциевый алюминат легко переходит в четырехкальциевый, что вызывает понижение прочности, а при 200°C устойчивы только смеси высокоосновных гидроалюминатов.

Вопрос повышения прочности поризованного материала, и в частности ячеистого бетона, всегда был актуальным.

Модуль крупности песков, используемых в производстве силикатного кирпича, составляет 0,7–1,5 [4].

* 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.

Таблица 1

Наименование материала	Истинная плотность, кг/м ³	Удельная поверхность по воздухопроницаемости, м ² /кг
Молотый силикатный кирпич (с/к)	2570	703–690
Молотый газобетон (г/б)	2474	990–1020

Расход песка при этом находится в интервале от 2,4 до 2,2 м³ на 1 тыс. шт. кирпича. Добыча природных песков часто приводит к нарушению экологии регионов [5]. Предприятия, построенные на окраинах городов, со временем оказываются в жилом массиве. Доставка песка становится проблемой. Использование мелких песков требует применения укрупняющих добавок, которыми могут стать отходы газобетона.

Анализ показывает, что пески из отсеков дробления характеризуются достаточно постоянным гранулометрическим составом, не зависящим от типа исходной породы: модуль крупности 2,9–3,4, содержание зерен крупнее 10 и 5 мм, полный остаток на сите 0,63 мм в пределах требований ГОСТ 8736–93 «Песок для строительных работ. Технические условия».

В связи с этим проведены исследования по установлению возможности применения отхода газобетона в производстве силикатного кирпича, а отходов кирпича в производстве ячеистого бетона автоклавного твердения.

Известно, что для обеспечения повышенной устойчивости поризованной массы на стадиях формования изделий и набора структурной прочности, а также для создания большого объема цементирующих новообразований при твердении в технологии ячеистых бетонов используют тонкодисперсные композиции [6].

Добавки из отходов газобетона и кирпича были подготовлены путем дробления в щековой дробилке и из-

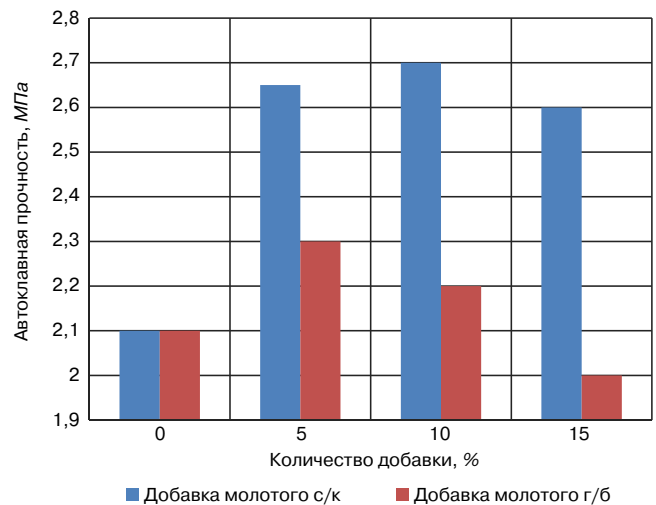


Рис. 1. Влияние добавок молотых гидросиликатов на автоклавную прочность

мельчения на дисковом истирателе ИДА-175. Характеристики порошков приведены в табл. 1.

Для изготовления образцов газобетона плотностью D600 применяли шлакопортландцемент ШПЦ 400 (ГОСТ 10178–85, ГОСТ 30515–2013) ООО «Магнитогорский цементно-огнеупорный завод», известь строительную порошкообразную с содержанием активных СаО+MgO 70,1% со сроками гашения 5–6 мин, песок для строительных работ, измельченный до удельной поверхности 300 м²/кг, пудру алюминиевую и сульфатол. Ячеисто-бетонную смесь готовили по литейной технологии на смешанном вяжущем с отношением кремнеземистого компонента к вяжущему по массе 1,5.

Добавки из отходов вводили как самостоятельные компоненты с молотым песком. В производстве газобетона необходима определенная температура смеси для процесса газообразования. Поэтому в исследованиях использовали воду затворения с температурой 40°C и за-

Таблица 2

Наименование показателя	Номера сит						M _{кр}	Насыпная плотность, кг/м ³
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	≤ 0,16		
Поризованный песок								
Частные остатки, %	20	12	18	19	14	17	2,54	400
Полные остатки, %	20	32	50	69	83	100		
Кварцевый песок								
Частные остатки, %	–	–	–	20,2	70,5	9,3	1,12	1510
Полные остатки, %	0	0	0,4	21,2	90,7	100		

Таблица 3

Состав смеси из песков с M _{кр} 2,54:1,12	Полные остатки, %, на ситах с размером, мм							M _{кр}
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	≤0,16		
0+100	0	0	1,0	21,2	90,7	100	1,12	
10+90	0	3	6	26	90	100	1,25	
20+80	3	7	13	30	89	100	1,42	
30+70	5	8	14	35	88	100	1,5	
40+60	6	13	22	42	87	100	1,7	
50+50	10	16	27	43	87	100	1,83	
Требование по ОСТ, %	0–15	0–20	5–60	10–80	30–100	70–0		

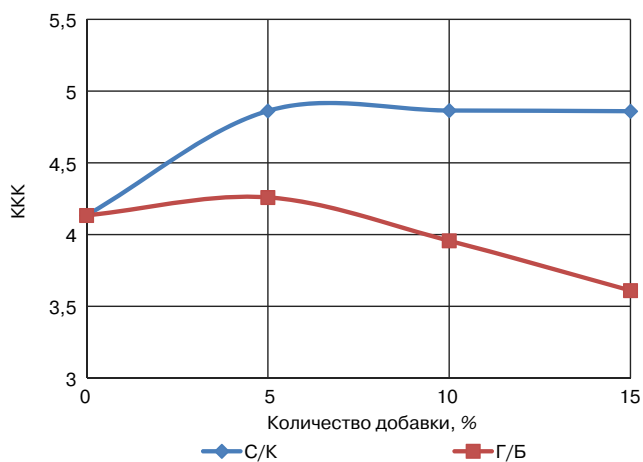


Рис. 2. Изменение коэффициента конструктивного качества от количества добавки

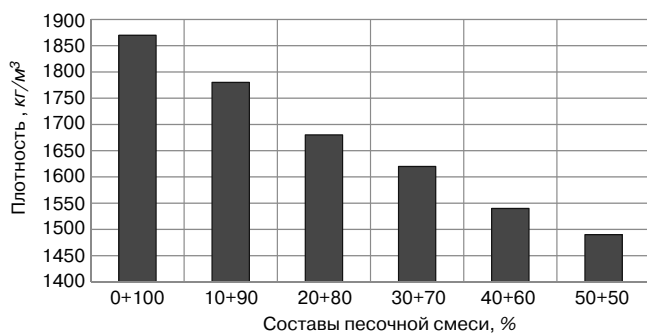


Рис. 4. Влияние добавки поризованного песка в составе песочной смеси на плотность прессованного образца

ливали образцы-кубы размером 10×10×10 см [7]. После одних суток нормального твердения формы раскрывали и образцы подвергали автоклавной обработке при давлении 1,2 МПа, после чего испытывали на сжатие и с учетом влажности рассчитывали прочность. Полученные таким образом результаты представлены на рис. 1.

Как видно из полученных результатов, добавки гидросиликатов кальция увеличивают прочность при сжатии на 10–28%. Гидросиликаты, полученные из кирпича, при равных режимах запаривания показали прочность на 15% выше, чем добавка из газобетона. Увеличение количества добавки из молотого кирпича более 10%, а для газобетона более 5% приводит к снижению прочности. Анализ данных по коэффициенту конструктивного количества (рис. 2) показал, что наиболее эффективное количество добавок – 5%, а для силикатного кирпича, с точки зрения его утилизации, можно применять и более 5%.

Проведены исследования возможности утилизации отходов газобетона в производстве силикатного кирпича. Для этого из подрезного слоя газобетона был приготовлен путем дробления песок. Характеристики полученного поризованного песка и кварцевого песка приведены в табл. 2.

Поризованный песок, как показывают результаты, имеет непрерывный гранулометрический состав. Существенным недостатком дробления, особенно материалов малой прочности, является высокое содержание в них пылевидной фракции (менее 0,16 мм), от 7 до 15% [5]. В нашем случае это составило 17%. П.И. Боженов предлагал рассматривать очень мелкие (зерна менее 0,15 мм) как составляющую теста [3].

В кварцевом песке каркасообразующей фракцией при прессовании будет зерно размером 0,16 мм, так как его теоретический расход будет соответствовать объему изготавливаемого изделия с учетом раздвижки зерен,

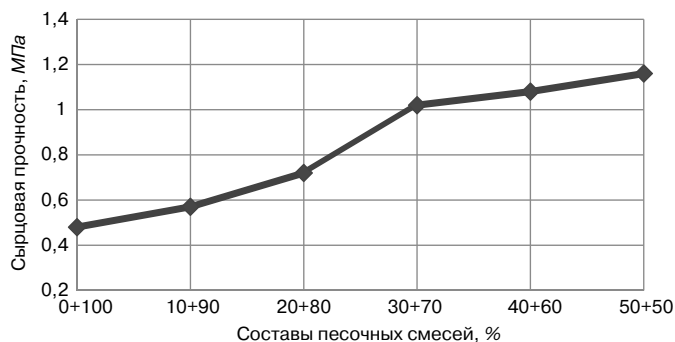


Рис. 3. Влияние добавки поризованного песка в составе песочной смеси на сырьцовую прочность прессованного образца

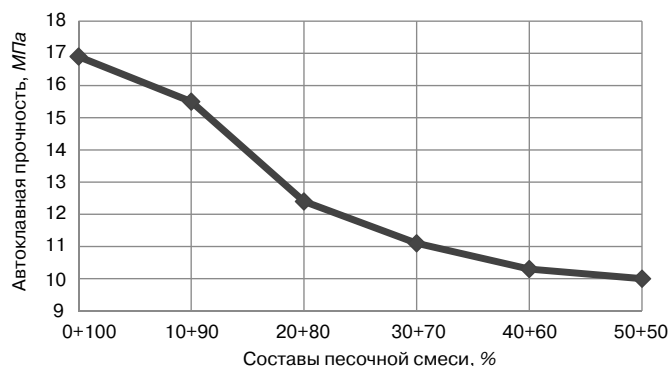


Рис. 5. Влияние добавки поризованного песка в составе песочной смеси на автоклавную прочность образца

что требует укрупняющей добавки. Существовавший ранее ОСТ 21-1–80 «Песок для производства изделий автоклавного твердения» предлагал для силикатного кирпича песок с диапазоном полных остатков. ГОСТ 8736–93 такого диапазона не предусматривает, поскольку этот диапазон является спецификой силикатчиков. Диапазон полных остатков для песка остается актуальным и сегодня.

Исследования влияния добавки поризованного песка из газобетона на прочность проводили на образцах-цилиндрах, изготовленных методом прессования по традиционной технологии с использованием известково-кремнеземистого вяжущего. Для изготовления прессованных образцов применяли известь кальциевую быстротвердеющую и вяжущее оптимального соотношения извести и молотого песка И:К = 1:1 [8] с содержанием активных СаО+MgO 32%.

После выполнения расчетов по гранулометрическому составу песка с добавкой поризованного песка были определены составы песочных смесей (табл. 3). Составы представлены с учетом требований верхних и нижних границ песка для автоклавных изделий.

Как видно из данных таблицы 3, увеличение количества добавки поризованного песка приводит к росту модуля крупности зерновой смеси на 63%.

На полученных составах изготовлены формовочные смеси и спрессованы образцы-цилиндры 60×60 мм с усилием прессования 20 МПа. Для образцов определена сырьцовая прочность и плотность. Результаты представлены на рис. 3 и 4. Во всех случаях образцы имеют достаточную сырьцовую прочность, обеспечиваемую непрерывным гранулометрическим составом. Прирост сырьцовой прочности более чем в 2 раза показал состав с 30% поризованного песка; последующее увеличение укрупняющей добавки из поризованного песка дает незначительные изменения (10–16%).

При сопоставлении сырьцовой прочности и плотности образцов установлено, что укрупняющая добавка из

поризованного песка снижает массу изделия на 5% в силу разности насыпного веса песков.

Для оценки автоклавной прочности образцы были запарены в промышленном автоклаве при давлении 0,9 МПа. Полученные результаты приведены на рис. 4.

Как видно из результатов, поризованный песок во всех составах снижает автоклавную прочность. При осмотре структуры образцов установлено наличие в теле поризованных вкраплений размером до 2,5 мм. Данный факт свидетельствует о том, что при прессовании зерно поризованного песка остается целым в структуре кирпича. В интервале до 30%, где наблюдается двойное увеличение сырцово-прочности, снижение автоклавной прочности составило до 11 МПа (59%). Поэтому в таких количествах замена природного песка на поризованный неравнозначна. Поризованный песок как менее прочный материал переносит свои свойства на изделие и приводит к снижению автоклавной прочности. В данном случае была использована замена на 50%, состоящая из размера зерен 0,63–2,5 мм, которые превышают размер зерен кварцевого песка. Введение 10% добавки снижает автоклавную прочность на 8%, а введение 5% добавки – лишь на 4%.

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- использование добавки гидросиликата кальция из молотого силикатного кирпича в ячеисто-бетонной смеси позволяет утилизировать отход, заменяя часть песка;

- оптимальное количество добавки гидросиликата кальция из молотого силикатного кирпича в ячеисто-бетонную смесь составляет не более 5%;

- добавка гидросиликата кальция из молотого силикатного кирпича в ячеисто-бетонную смесь увеличивает автоклавную прочность на 26–28%;

- добавка гидросиликата кальция из молотого кирпича в ячеисто-бетонную смесь более эффективна, чем из молотого газобетона;

- использование отходов газобетона в качестве укрупняющей добавки в виде поризованного песка в кварцевый песок позволит утилизировать отход газобетона;

- поризованный песок в составе песочной смеси, как укрупняющая добавка повышает сырцовую прочность прессованных силикатных изделий на 18–48%;

- поризованный песок в составе песочной смеси, как укрупняющей добавки снижает массу изделия на 5–20%;
- допустимая замена кварцевого песка на отход газобетона в производстве силикатного кирпича с маркой прочности М100–М150 составляет 5–30%;

- утилизация отхода газобетона в количестве 5% при производстве силикатного кирпича составит 0,1–0,11 м³ или 70 кг на 1 тыс. шт. при расходе песка 2–2,2 м³, при суточном выпуске кирпича 200 тыс. шт. отхода газобетона потребуется до 20 м³;

- применение поризованного песка из отходов газобетона можно рекомендовать для производства блоков среднего размера с прочностью 10–15 МПа;

- утилизация отходов собственного производства позволит снизить расход сырьевых материалов на 5–10% и уменьшить транспортные перевозки.

Список литературы

1. Семенов А.А. Рынок силикатных стеновых материалов и вопросы сырьевого обеспечения отрасли // *Строительные материалы*. 2015. № 12. С. 40–43.
2. Кузнецова Г.В., Морозова Н.Н., Хозин В.Г. Подрезной слой и гидрофобизатор в производстве газобетона // *Строительные материалы*. 2015. № 8. С. 8–9.

3. Боженов П.И. Технология автоклавных материалов. Л.: Стройиздат. 1978. 368 с.
4. Кузнецова Г.В., Морозова Н.Н. Проблемы замены традиционной технологии силикатного кирпича с приготовлением известково-кремнеземистого вяжущего на прямую технологию // *Строительные материалы*. 2013. № 9. С. 14–17.
5. Кузнецова Г.В. Известковое вяжущее для стеновых силикатных изделий из отсеков дробления горных пород // *Строительные материалы*. 2014. № 12. С. 34–37.
6. Сажнев Н.П., Сажнев Н.Н., Сажнева Н.Н., Голубев Н.М. Производство ячеисто-бетонных изделий. Теория и практика. Минск: Стринко. 2010. 464 с.
7. Морозова Н.Н., Кузнецова Г.В., Голосов А.К. Влияние цементов разных производителей на свойства ячеисто-бетонной смеси автоклавного газобетона // *Строительные материалы*. 2014. № 5. С. 49–51.
8. Кузнецова Г.В. Оптимизация расчетов составов известково-песчаной смеси для формования силикатного кирпича // *Строительные материалы*. 2010. № 9. С. 20–24.

References

1. Semenov A.A. Silicate Wall Materials Market and Problems of Providing Industry with Raw Materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 12, pp. 40–43. (In Russian).
2. Kuznetsova G.V., Morozova N.N., Khozin V.G. Facing Layer and Hydrophobizator in Manufacture of Aerated Concrete. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 8, pp. 8–10. (In Russian).
3. Bozhenov P.I. Tekhnologiya avtoklavnykh materialov [Technology of autoclave materials]. Leningrad: Stroizdat. 1978. 368 p.
4. Kuznetsova G.V., Morozova N.N. Problems of Replacement of Traditional Technology of Silicate Brick with Preparation of a Lime-Siliceous Binder by Direct Technology. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 9, pp. 14–17. (In Russian).
5. Kuznetsova G.V. A Lime Binder for Wall Silicate Products from Chippings of Rock Crushing. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 12, pp. 34–37. (In Russian).
6. Sazhnev N.P., Sazhnev N.N., Sazhneva N.N., Golubev N.M. Proizvodstvo yacheistobetonnykh izdelii. Teoriya i praktika [Production Aerated Concrete of products. Theory and practice]. Minsk: Strinko. 2010. 464 p.
7. Morozova N.N., Kuznetsova G.V., Golosov A.K. 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. 49–51. (In Russian).
8. Kuznetsova G.V. Optimization of Calculations of Lime-Sand Mix Compositions for Moulding of Silicate Brick. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 9, pp. 20–24. (In Russian).

Подписка
на электронную версию
<http://rifsm.ru/page/5/>

Оптимизация производства АГБ при внедрении специализированных газообразователей марок Газобето

В современных условиях в отрасли производства стеновых материалов с каждым годом ужесточаются требования к сырьевым компонентам. Не является исключением и такой важный в формировании структуры газобетона компонент, как газообразователь. На современном рынке пудры ПАП как вид самого простого газообразователя завершают свой жизненный цикл, уступая место **специализированным газообразователям (СГО)**, характеристики которых полностью соответствуют требованиям производителей газобетона. Что касается остальных потребителей ПАП (производство лакокрасочной продукции, металлургия, производство огнеупоров), то для них пудра еще раньше потеряла актуальность и активно вытесняется более современными материалами. Нередки ситуации, когда именно пудра становится причиной высокого процента брака, но по заключению лаборатории сама пудра остается качественной, причем независимые лаборатории встают на сторону производителя ПАП. В этом нет противоречия, так как продукт должен соответствовать целевому назначению, а ПАП в своих паспортных характеристиках **не содержат параметров, по которым их можно отнести к газообразователям**. Также необходимо указать на постоянное присутствие на рынке «серых» пудр. Количество контрафакта за последние 10 лет значительно снизилось (сейчас не более 5%), при этом у потребителей небольших объемов, чаще всего это производители неавтоклавного газобетона, риск получить некачественную пудру значительно выше.

К наиболее известным **специализированным газообразователям** российского производства относятся марки **Газобето**, разработанные и выпускаемые предприятием НСК-ТЕК. Данные продукты представляют собой тонкоизмельченный алюминиевый порошок серебристо-серого цвета. Частицы алюминия после обработки специальными органическими добавками образуют конгломераты, которые имеют незначительную прочность и легко разрушаются при взаимодействии с водой. В то же время этой прочности достаточно, чтобы скрепить в гранулы мельчайшие частицы и значительно снизить пыление при работе с газообразователем. Следует отметить высо-

кую активность Газобето, что в свою очередь значительно (на 25–30% по сравнению с зарубежными аналогами СГО) сокращает расход газообразователя. В сертификат качества Газобето включены необходимые для заводских технологов характеристики: кинетика газовыделения, гранулометрический состав, содержание активного алюминия, смачиваемость. Периодически проводится контроль гранулометрического состава с использованием гистограмм распределения частиц (рис. 1). На основании этих показателей формируются статистические таблицы, которые позволяют оценить стабильность и качество продуктов Газобето во времени. Срок хранения готовой продукции составляет 1 год, но следует обратить внимание, что исследование свойств Газобето по истечении гарантийного срока (18 мес) показало: при соблюдении требований к хранению продукта происходит лишь незначительное снижение активности (не более 3%).

По совокупности технических характеристик продукты Газобето являются наиболее адаптивными к особенностям различных (не всегда высококачественных) 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 (350–700 кг/м³) и изготовлены для производителей газобетона с учетом основных требований к газообразователям.

Газобетолит и Газобето+500 применяются для производства блоков плотностью D500–D600. Время приготовления суспензии 30–40 мин при концентрации от 1/5–1/20. Время роста массива составляет в среднем, соответственно 10–12 мин по ударной и до 40 мин по литьевой технологии, при этом конечная фаза газовыделения сопровождается мелкими, кратковременными выхлопами практически без просадки (до 0,5 см). Средний расход газообразователя для D500 составляет 0,49 кг/м³, для D600 – 0,39 кг/м³. Дополнительно проводились испытания по производству на Газобето+500 блоков с маркой по плотности D450, при этом средняя плотность по партии составила 430 кг/м³.

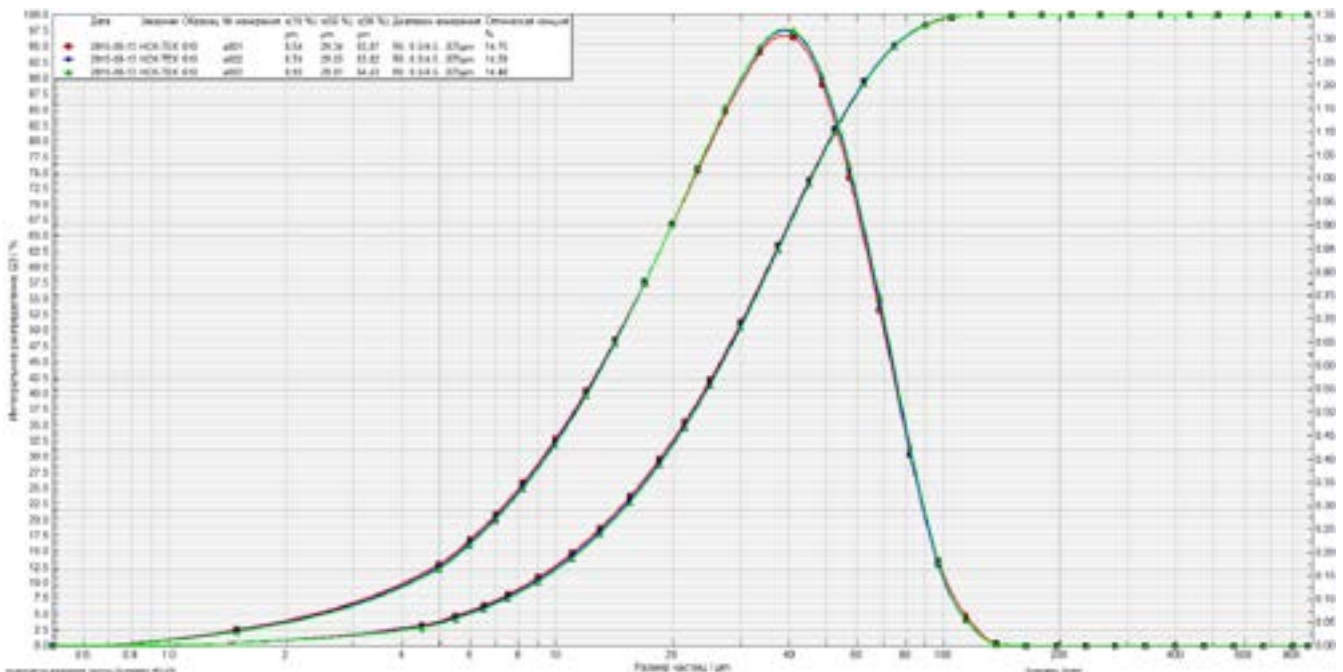


Рис. 1. Гистограмма распределения частиц

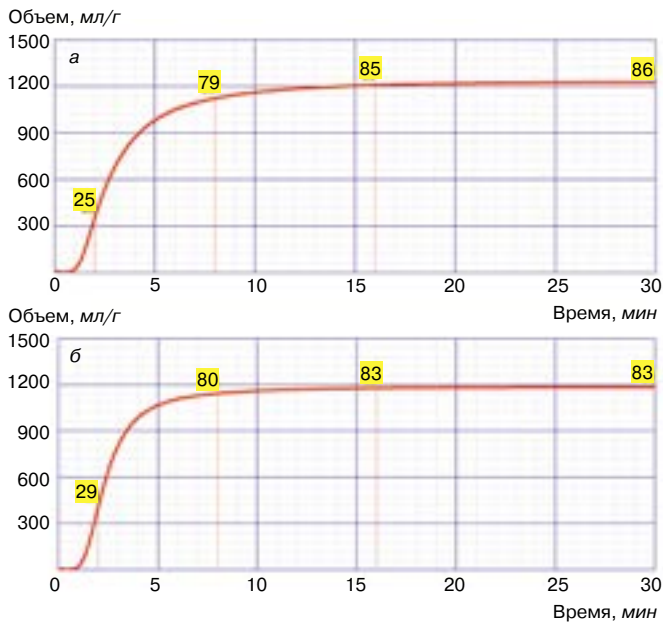


Рис. 2. Графики выделения водорода газообразователей: а – Газобетопласт; б – ГазобетопЛЮС

Как только на рынке намечился рост выпуска газобетона плотностью D400, НСК-ТЕК оперативно отреагировало, выпустив торговые марки Газобетолоукс и Газобето+400. Расход газообразователя на приготовление газобетона марки D400 составляет в среднем $0,55 \text{ кг/м}^3$. Процесс формирования массива зависит от технологии (ударная или литевая) и характеризуется небольшой просадкой (до 2 см) при кратковременных и спокойных выхлопах в конце фазы газовыделения. После автоклавирования газобетон имеет равномерную мелкопористую структуру с классом по прочности В2–2,5.

В 2012–2013 гг. по инициативе ПСО «ТЕПЛИТ» (Свердловская обл.) проведена 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.

С 2014 по 2015 гг. линейку Газобето дополнили новые продукты – Газобетопласт и ГазобетоПЛЮС, которые не только успешно прошли производственные испытания, но уже нашли широкое применение среди крупных производителей газобетона. Эти газообразователи оптимизированы с учетом стремления заводов сократить издержки обращения и снизить себестоимость без ущерба для качества выпускаемой продукции. Газобетопласт в силу своих особенностей и гранулометрического состава предназначен для выпуска газобетона плотностью 500 кг/м^3 , ГазобетоПЛЮС – для производства плотностей $400\text{--}500 \text{ кг/м}^3$. Выпуск данных марок газообразователей осуществлен благодаря внедрению новых технологических решений, придающих продуктам характеристики, стабилизирующие процесс выделения водорода (рис. 2).

Учитывая экономическую ситуацию, производители газобетона вынуждены экономить на сырье и зачастую выбирают компоненты, использование которых приводит к изменениям в годами выработанные рецептуры. Регулярная работа над повышением качества газообразователей и расширением марок продукции, а также тесная связь с технологическими службами заводов-потребителей позволяют оперативно реагировать на возникновение новых требований к тем или иным параметрам, тем самым придавая гибкость и повышая адаптивность продуктов Газобето к имеющейся сырьевой базе. Так, в конце 2015 г. начата работа над пластифицирующей добавкой, входящей в состав пасты Газобетолит с целью оказания влияния на реологические свойства ячеисто-бетонной смеси, чтобы исключить появление внутренних дефектов в газобетоне повышенной плотности ($600\text{--}700 \text{ кг/м}^3$). Положительные результаты промежуточных испытаний дают высокие шансы на успешное завершение проводимой работы.

Таким образом, предлагаемая нами линейка продуктов позволяет максимально точно соответствовать потребностям практически любого производителя АГБ. Использование Газобето позволяет оптимизировать технологию производства и снизить затраты предприятия. Клиентоориентированность и нацеленность на решение сложных технологических задач позволяют группе компаний НСК сохранять свои позиции в текущей экономической ситуации.

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 $500\text{--}700 \text{ кг/м}^3$
Газобетолоукс, ГазобетоПЛЮС, Газобето+400 - для $350\text{--}450 \text{ кг/м}^3$
- 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

Модификаторы бетона: история вопроса и новейшие разработки



На протяжении долгих лет человечество модифицировало бетонные смеси, для изменения их физико-реологических свойств.

Еще со времен Древнего Рима сохранились памятники архитектуры, для строительства которых применялись модификаторы бетона. В качестве модификаторов римляне, например, использовали натуральные составляющие, такие как кровь животных, яйца и т. д.

В начале XX в. на помощь бетонщикам пришла химия. И одними из первых разработок, которые были внедрены в производство бетонов, являлись лигносульфонаты. Применялись они для увеличения подвижности и снижения водоцементного соотношения.

В скором времени потенциала лигносульфонатов стало не хватать. Увеличение темпов строительства, усложнение конструкций стали предъявлять новые требования к химии бетонов. Настал золотой век нафталинсульфонатов. Однако простые пластификаторы востребованы стали позже, при появлении более высокотехнологичных продуктов.

Нафталинсульфонаты обладали более сильной способностью к водоредуцированию и пластификации, и появилась новая категория продуктов – суперпластификаторы.

К концу XX в. появились поликарбоксилаты. Началось применение новых продуктов строительной химии. Они обладали неоспоримыми преимуществами – высокими показателями по водоредуцированию и пластификации, что позволяло получать бетонные смеси с высокой пластичностью и бетоны с повышенными прочностными и другими характеристиками. Тем не менее производители стали сталкиваться и с некоторыми трудностями. К заполнителям стали повышаться требования по качеству, возрастали требования к цементам, а также требовалось увеличение точности дозирования материалов. К началу 2008 г. во многих регионах нашей страны эти проблемы были решены, что позволило получать высококачественные бетоны и выходить на пониженные расходы цемента. Вместе с тем стали появляться самоуплотняющиеся бетоны.

Первая волна кризиса 2008 г. показала, что часто снижение качества заполнителей позволяет существенно снизить и себестоимость бетонных смесей. При этом невозможно обеспечить высокие качественные показатели докризисного периода. Рынок диктовал свои условия производителям бетонов, заставляя их идти на жесткие меры экономии. Вопрос заключался в возможности выживания производственных компаний и предприятий.

Тем не менее производители строительной химии сумели подстроиться к реалиям экономической ситуации и предложили решения на базе эфиров поликарбоксилатов в сочетании с лигносульфонатами. Данный вид добавок получил в обиходе название «микс». Применение миксов позволило существенно удешевить как сами добавки в бетон, так и снизить себестоимость бетонных смесей. Показатели по прочности, подвижности и водоредуцированию были ниже, чем у «чистых» поликарбоксилатов, однако заметно выше, чем у добавок на основе нафталинсульфонатов.

С 2009 по 2013 г. наступил период огромного многообразия добавок. Применение химии в бетоне стало восприниматься технологами производств не как некое чудо, а как реальный инструмент, позволяющий получать бетоны и бетонные смеси заданных заказчиками характеристик. В балансе у производителей появились не только каче-



ственные показатели, но и экономические. Каждый производитель стал выбирать материалы исходя из реалий строительного рынка. Добавки в бетон – это хорошее подспорье для обеспечения качества бетонных смесей. Однако во многих случаях применение высокотехнологичных добавок на основе эфиров поликарбоксилатов становится невозможным. Бетоны марки В40 и выше производятся редко, и держать под такие задачи отдельно песок, щебень, а иногда и цемент нецелесообразно. Но рынку требовался бетон с высокими качественными характеристиками по доступной цене. Появились новые задачи и для химической отрасли.

Компания BASF впервые предложила технологию смарт-динамического бетона. Концепция данной технологии базируется на получении бетонов, близких к самоуплотняющимся бетонам, на тех же материалах, которые применяются для обычных бетонов (day to day use). Таким образом, заводу не нужно переоборудоваться для того, чтобы поставлять СУБ, а достаточно применить технологию смарт-динамического бетона от концерна BASF, где ключевыми компонентами являются суперпластификатор серии MasterGlenium и специальный модификатор вязкости серии MasterMatrix.

Более того, технологии продолжили развиваться. Концерн BASF продолжил совершенствование инновационных разработок, направленных на уменьшение вязкости бетонной смеси.

Уменьшение вязкости бетонной смеси позволило бы:

- уменьшить давление в бетононасосе и, как следствие, снизить износ оборудования, дать возможность перекачивать бетонную смесь на большие расстояния;
- увеличить производительность бетонных узлов за счет быстрого перемешивания, увеличить оборот автобетоносмесителей, снизить логистические затраты;
- снизить трудозатраты на укладку, снизить шум, вибрацию, уменьшить сроки строительства, снизить количество брака и, как следствие, снизить затраты на ремонт конструкций.

Концерну BASF за последние несколько десятилетий удалось разработать новации в производстве бетонов. Специально под потребности бетонщиков было синтезировано новое химическое соединение. Добавка серии MasterPolyHeed на основе нового синтезированного вещества стала очередным этапом развития модификаторов бетона.

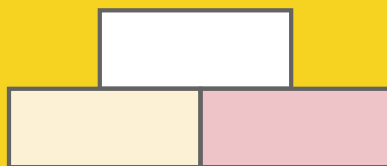
Добавки серии MasterPolyHeed способны выполнять поставленные перед ними задачи по пластификации и сохранности с применением местных сырьевых материалов, позволяют получать высокую прочность при применении низкоактивных цементов, а также позволяют применять мелкодисперсные наполнители для замещения части цемента (такие как зола-уноса или тонкомолотый шлак). Таким образом, качество заполнителей перестает стоять остро. Использование данных добавок позволяет получать самоуплотняющиеся бетоны без расслоения и водоотделения. При этом допускается применение как мелкодисперсных наполнителей, так и модификаторов вязкости бетонной смеси.

Одно из уникальных свойств данной серии продуктов – это возможность получения высокоподвижных бетонных смесей, обладающих низким пределом текучести и пластической вязкостью. Эти свойства добавок серии MasterPolyHeed позволяют по-новому взглянуть на производство бетонных работ.

Организатор конференции –
журнал

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ®**

СИЛИКАТЭКС



X Международная конференция «Развитие производства силикатного кирпича»

19–20 октября 2016

г. Липецк, отель «Меркюр Липецк центр»



В программе конференции:

- пленарное заседание
- посещение ОАО «Липецкий силикатный завод»



Генеральный спонсор:

LASCO UNIFORMTECHNIK
WERKZEUGMASCHINENFABRIK



Спонсоры конференции:



Оргкомитет:

Руководитель проекта – Юмашев Алексей Борисович Менеджер проекта – Горегляд Светлана Юрьевна

Телефон/факс: (499) 976-22-08, 976-20-36, (916) 123-98-29

silikatex@bk.ru mail@rifsm.ru www.silikatex.ru www.rifsm.ru

Адрес для корреспонденции: 127434, Москва, Дмитровское ш., д. 9, стр. 3,
редакция журнала «Строительные материалы»®

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: мелкоформатных 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.





Важное

указание по технике безопасности

Добровольное мероприятие по обеспечению техники безопасности: отзыв **шлифмашин серий PSS 2, PSS 20, PSS 190, PSS 200, PSS 250 и PSS 2000** — касается инструментов, выпущенных с июня по август 2007 г., а также инструментов, которые ремонтировались в период с июня 2007 г. по декабрь 2009 г. включительно.

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

Касается ли это Вашего инструмента, можно узнать

- на веб-сайте: www.sandercare.com или
- по телефону горячей линии (звонок бесплатный): **88003017433.**

Разумеется, замена инструментов указанных моделей будет для Вас **бесплатной.**

ООО «Роберт Бош»

Россия, 141400,
Московская область, г. Химки
Вашутинское шоссе, 24
Тел.: +7 495 560-9560
Факс: +7 495 560-9999



BOSCH

Разработано для жизни

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

АГЕНТСТВО «КВИНТЕТ»

BaltiMix
КАЛИНИНГРАД • 2016

приглашают принять участие

В 16-й международной конференции **BALTIMIX-2016**

г. Калининград

Отель «Radisson Kaliningrad»

16 – 18 августа 2016 года

ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА:

- Рынок ССС РФ: итоги полугодия и краткосрочные перспективы.
- Передовые технологии фасовки, паллетирования и упаковки сухих смесей.
- Техника и решения для механизации отделочных работ.
- Конкурентная ситуация на российском рынке ССС.
- Рынок наружных систем теплоизоляции.
- Внедрение высокотехнологичных решений на производствах ССС.
- Состояние российского рынка цемента, извести и микрокальцита.
- Использование специальных химических добавок для оптимизации рецептур ССС.
- Сухие строительные смеси специального назначения.
- ССС для реставрации, ремонта и санирования зданий.
- Эффективные транспортные решения для производства ССС.

КВИНТЕТ



По всем вопросам, связанным с участием в конференции, обращайтесь:
Мария Суслова (прием заявок на участие в конференции, реклама), msuslova@baltimix.ru
Евгений Беляев (прием на рассмотрение докладов), ebelyaev@baltimix.ru
Тел./факс: +7 (812) 703-10-19, 350-54-11

www.baltimix.ru



18–19 мая 2016 г., г. Минск, Республика Беларусь
IX Международная научно-практическая конференция

ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ

В программе конференции

- Современные тенденции и особенности создания предприятий по производству автоклавного ячеистого бетона с внедрением эффективного оборудования и технологий
- Опыт проектирования и возведения энергоэффективных домов с комплексным применением ячеистого бетона
- Опыт проектирования энергоэффективных зданий с комплексным применением ячеисто-бетонных изделий на примере рациональных решений института «Минскграждан-проект» с выездом на знаковые объекты белорусской столицы
- Совершенствование технологий производства, улучшение эксплуатационных свойств, обеспечение оптимальных параметров в процессе применения, в том числе конструкционно-теплоизоляционных изделий из ячеистого бетона низких плотностей
- Посещение крупнейшего в Республике Беларусь производства изделий из ячеистого бетона и силикатного кирпича ОАО «Минский КСИ» на оборудовании MASA GmbH (Германия)

ОРГКОМИТЕТ

220034, г. Минск, ул. Чапаева, 3, пом. 4/3

Тел.: +37517 336 00 46, 272 90 93; +37529 632 55 98, 336 09 62

E-mail: info@architec.by

www.ais.by, www.architec.by

Техническое консультирование – MASA GmbH (Германия).

Информационные партнеры: журнал «Строительные материалы»® (Москва, Россия), «Строительные материалы» (Киев, Украина), журнал «Архитектура и строительство» (Минск, Беларусь), архитектурно-строительный портал www.ais.by



VI СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ ВЫСТАВКА В КРЫМУ

21–23
ОКТАБРЯ



Место проведения:
ГК «ЯЛТА-ИНТУРИСТ»



ЭКСПОКРЫМ



+7 (978) 900 90 90

www.expocrimea.com

УДК 666.973.6

С.А. АНТИПИНА¹, канд. техн. наук; С.В. ЗМАНОВСКИЙ², канд. техн. наук, директор¹ Национальный исследовательский Томский политехнический университет (634050, г. Томск, пр-т Ленина, 30)² Филиал «Центр Инноваций» ООО «СУАЛ-ПМ» (666034, Иркутская обл., г. Шелехов, ул. Южная, 2)

Исследование влияния порошкового и гранулированного алюминиевого газообразователя на свойства ячеистого бетона

Исследованы фазовый состав и свойства ячеистого бетона, полученного при использовании порошкового и гранулированного газообразователя на основе алюминиевой пудры марок RA20–RA60. Гранулированный алюминиевый газообразователь имеет высокое содержание активного алюминия 88–90%. Гранулы обладают низкой степенью пыления и задержкой газовой выделению на первых минутах в сравнении с порошковым газообразователем. Ячеистый бетон, полученный с использованием гранул алюминиевой пудры, имеет повышенные значения предела прочности при сжатии на 6–10%.

Ключевые слова: ячеистый бетон, алюминиевая пудра, гранулированный газообразователь.

S.A. ANTIPINA¹, Candidate of Sciences (Engineering); S.V. ZMANOVSKIY², Candidate of Sciences (Engineering), Director¹ National Research Tomsk Polytechnic University (30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation)² Branch «Innovation Center» ООО «СУАЛ-ПМ» (2, Yuzhnaya Street, Shelekhov, 666034, Irkutsk region, Russian Federation)

Research in Influence of Powder and Granular Aluminum Gas-Forming Agent on Properties of Cellular Concrete

The phase composition and properties of cellular concrete produced with the use of a powder and granular gas-forming agent on the basis of aluminum powder of RA20–RA60 brands has been studied. The granular aluminum gas-forming agent has a high content of active aluminum, 88–90%. Granules possess a low degree of dusting and delay of gas emission in the first minutes in comparison with a powder gas-forming agent. Cellular concrete, produced with the use of granules of aluminum powder, has elevated, by 6–10%, values of compressive strength.

Keywords: cellular concrete, aluminum powder, granular gas-forming agent.

Основным потребителем алюминиевой пудры является строительная промышленность, которая использует ее как газообразующее вещество для изготовления ячеистых бетонов [1, 2].

При производстве ячеистого бетона (ЯБ) на стадии приготовления алюминиевой суспензии возникает проблема пыления алюминиевой пудры. Алюминиевая пудра образует в воздухе взвесь, опасную для организма человека, а при концентрации выше нижнего концентрационного предела (не менее 40 г/м³) пожаро- и взрывоопасна (температура воспламенения аэрозоля (взвесь в воздухе) 540°C, аэрогеля (насыпью) 320°C согласно ГОСТ 5494–95 «Алюминиевая пудра. Технические условия»).

Для снижения пыления пудры применяются алюминиевые пасты [3, 4] – смесь измельченных частиц алюминия и специальных добавок, обеспечивающих связанность частиц. При этом производители алюминиевых паст добавляют до 35% сольвента для снижения степени пыления при ее использовании. Сольвент не участвует в газообразовании и является балластом, что способствует увеличению расхода газообразователя при производстве ЯБ.

Для решения проблем, связанных с пылением и стабилизацией свойств алюминиевого газообразователя, интерес представляет полная или частичная их замена на гранулированный газообразователь.

На предприятии ООО «СУАЛ-ПМ» (г. Шелехов) в настоящее время налаживается выпуск гранулированно-

го газообразователя на основе гидрофильной алюминиевой пудры марок RA20–RA60.

Целью данной работы являлось исследование влияния газообразователя алюминиевой пудры марок RA20–RA60 (P-RA) и гранул алюминиевой пудры на ее основе (G-RA) на фазовый состав, структуру и свойства ячеистого бетона (ЯБ).

Характеристики порошкового и гранулированного алюминиевого газообразователя. Качество алюминиевой пудры и гранул на ее основе характеризуется двумя

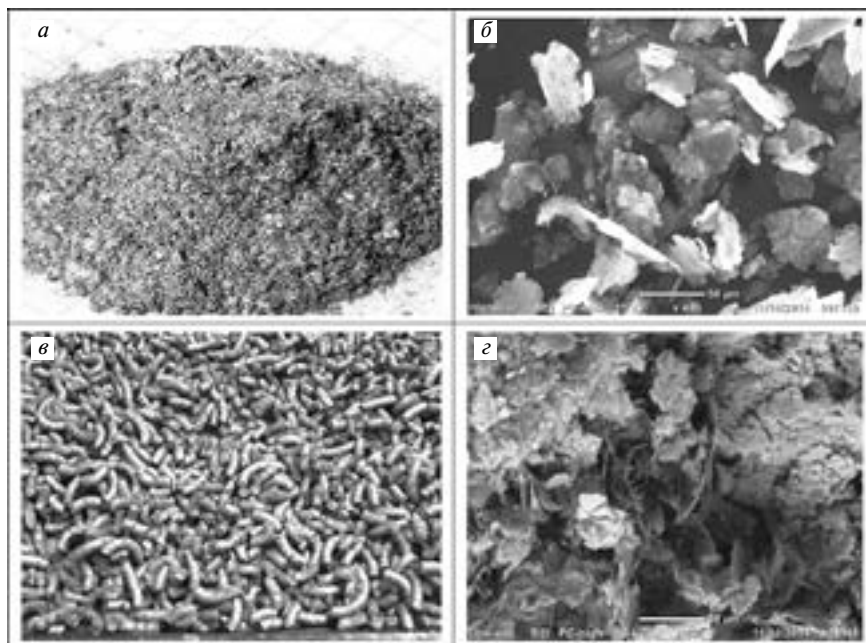


Рис. 1. Внешний вид и микроструктура алюминиевой пудры (а, б) и гранул на ее основе (в, г)

Таблица 1

Марка алюминиевого газообразователя	Содержание активного алюминия, %	Удельная поверхность, см ² /г	Насыпная плотность, кг/м ³
P-RA20	95	7250	170
P-RA30	96	5425	165
P-RA40	97	4050	135
P-RA50	98	4040	130
P-RA60	98	3675	110
G-RA20	88	-	365
G-RA30	88	-	360
G-RA40	89	-	290
G-RA50	89	-	280
G-RA60	90	-	270

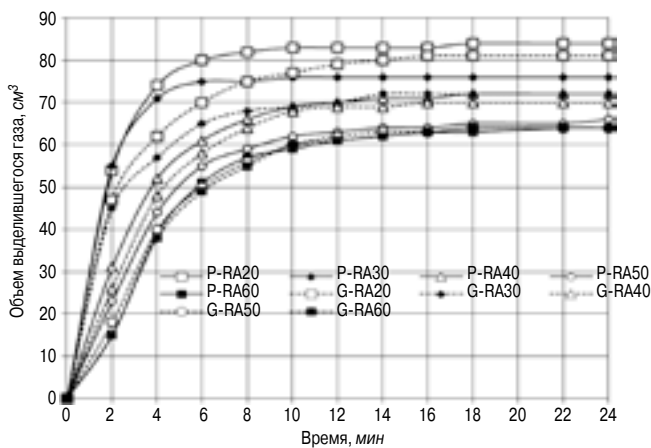


Рис. 2. Кинетика газообразования алюминиевой пудры и гранул на ее основе в растворе гидроксида кальция (2,5 мас. %)

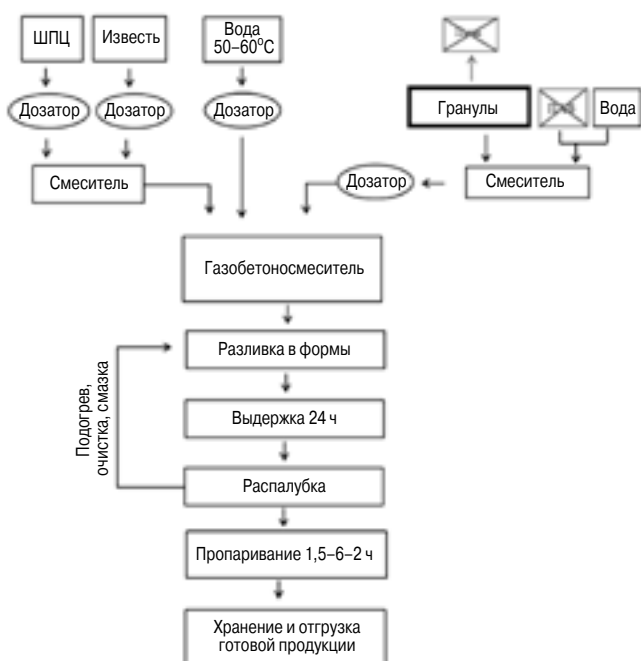


Рис. 3. Технологическая схема изготовления ячеистого бетона с использованием гранул алюминиевой пудры марок RA20–RA60

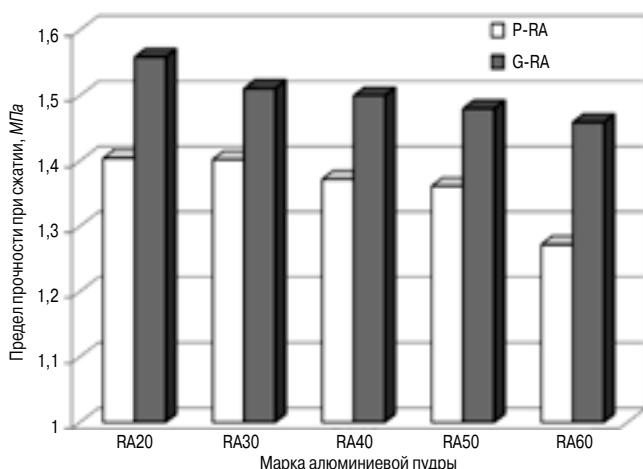


Рис. 4. Зависимость предела прочности при сжатии образцов ячеистого бетона от вида газообразователя

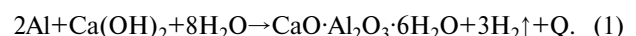
основными параметрами: содержанием металлического алюминия и величиной удельной поверхности. Исследование свойств P-RA20–60 и G-RA20–60 проводилось согласно стандартным методам испытаний: содержание активного алюминия определялось волюметрическим методом по объему выделившегося водорода при смешении алюминиевой пудры (гранул) с 5 мас. % водного раствора гидроксида натрия; удельная поверхность исследовалась адсорбционным методом по БЭТ (для P-RA); среднеповерхностный размер частиц для P-RA измерялся при помощи лазерного дифракционного микроанализатора размера частиц Analysette 22. Характеристики алюминиевой пудры марок RA20–RA60 и гранул на ее основе приведены в табл. 1. Как пудра, так и гранулы на ее основе имеют хорошую смачиваемость водой.

Анализ приведенных данных показывает, что содержание активного металлического алюминия в пудре достигает 98 мас. %, а у гранул на ее основе — 88–90 мас. %, что составляет снижение активного металла в гранулах на 8%. Алюминиевая пудра представляет собой продукт с удельной поверхностью до 7250 см²/г с высокой степенью пыления и низкой насыпной плотностью 110–170 кг/м³. Гранулы на основе алюминиевой пудры имеют цилиндрическую форму размером 5–8 мм с плотной упаковкой алюминиевых частиц между собой, что исключает пыление при ее использовании с насыпной плотностью до 270–365 кг/м³.

Микроструктура частиц алюминиевой пудры марок RA и гранул на ее основе исследовалась на растровом электронном микроскопе фирмы Jeol JSM 6500 F, внешний вид и структура пудры и гранул приведены на рис. 1.

Средняя толщина пластинчатых частиц алюминиевой пудры составляет 0,25 мкм, минимальный диаметр частиц ~20 мкм (RA20), максимальный — 60 мкм (RA60). Микроструктура частиц алюминиевой пудры марок RA30, RA40 и RA50 аналогична частицам, приведенным на рис. 1, б. Для них размер частиц составляет соответственно 30, 40 и 50 мкм по данным электронной микроскопии.

Алюминиевую пудру используют в качестве газообразователя при получении ячеистой структуры, которая формируется в результате протекания химической реакции между алюминиевой пудрой и водным раствором гидроксида кальция с выделением водорода (1) [5]:



Данная технологическая стадия, особенно при неавтоклавном производстве, является очень важной, предопределяющей формирование равномерной пори-

Таблица 2

Условные обозначения образцов газобетона	Расход сырьевых компонентов на 1 м ³			
	Шлако-портланд-цемент, кг	Оксид кальция, кг	Алюминиевая пудра/гранулы, кг	Вода, л
P-RA/G-RA	0,117	0,01172	0,00013	0,08125

Примечание. P-RA – образцы ЯБ с использованием алюминиевой пудры; G-RA – образцы ЯБ с использованием гранул алюминиевой пудры. Массовое содержание алюминиевой пудры и гранул одинаково без пересчета на равное содержание активного алюминия.

Таблица 3

Условные обозначения образцов ячеистого бетона	Объемная плотность, кг/м ³	Водопоглощение, мас. %	Открытая пористость, %	
Алюминиевая пудра	P-RA20	505	43	22
	P-RA30	505	44	22
	P-RA40	505	45	23
	P-RA50	505	47	24
	P-RA60	500	48	24
Алюминиевые гранулы	G-RA20	506	41	21
	G-RA30	505	43	22
	G-RA40	505	47	24
	G-RA50	506	48	25
	G-RA60	506	48	24

стой структуры, т. е. одной из основных функциональных характеристик теплоизоляционных материалов. Пористость ячеистых бетонов зависит главным образом от условий кинетики газообразования в смеси, чтобы наиболее интенсивный процесс газообразования совпал по времени с набором структурной прочности ячеисто-бетонных масс.

Кинетика газообразования алюминиевой пудры и гранул на ее основе определялась по стандартной методике при реакции 0,07 г пудры (гранул) с раствором гидроксида кальция 2,5 мас. %. Объем выделившегося водорода (см³) замерялся каждые 2 мин. Кинетика газообразования для алюминиевой пудры и гранул на ее основе в 2,5 мас. % растворе Ca(OH)₂ приведена на рис. 2.

Анализ графических зависимостей показывает, что скорость выделения водорода для гранул алюминиевой пудры меньше по сравнению с исходной алюминиевой пудрой в первые минуты протекания реакции. Затем скорость увеличивается и становится соизмеримой с исходной пудрой. Основная реакция газообразования гранул в растворе гидроксида кальция протекает за 16 мин, дальнейшее увеличение объема газа не превышает 1,5%.

Анализ проведенных исследований показывает, что по своим свойствам алюминиевые гранулы отвечают требованиям к газообразователю для производства ЯБ – высокие показатели содержания активного алюминия и кинетика газовыделения из известкового раствора. Достоинством гранул является их значительно низкая степень пыления и задержка газовыделения на первых минутах в сравнении с порошковым газообразователем.

Приготовление ячеистого бетона. Для изготовления ячеистого бетона марки 500 использовались шлакопортландцемент (ШПЦ) марки ЦЕМ II/A Ш 32,5Б,

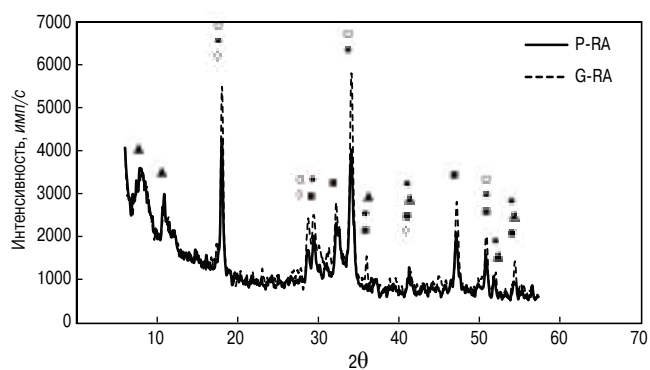


Рис. 5. Рентгенограмма ячеистого бетона на основе шлакопортланд-цемента и извести после пропаривания с использованием пудры и гранул марки RA40: ▲ – C₃AH₆; ■ – CSH(I); ◇ – CSH(II); □ – Ca(OH)₂; ● – эттрингит

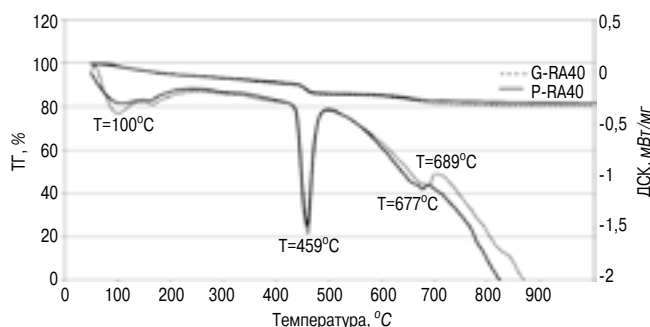


Рис. 6. Кривые дифференциально-термического анализа (ДТА) и потерь массы (ТГ) образцов ячеистого бетона с использованием пудры (P-RA40) и гранул на ее основе (GP-RA40)

воздушная известь 1-го сорта и газообразователь (P-RA и G-RA).

Навеска ШПЦ смешивалась с СаО в количестве 10% от массы цемента, затворялась заданным количеством воды (В/Т=0,65), затем добавлялась заранее приготовленная алюминиевая суспензия.

Алюминиевая суспензия готовилась при смешении пудры с водой до полного смачивания частиц алюминиевой пудры, а гранулы распускались в воде при интенсивном перемешивании в установке миксерного типа в течение 3 мин. Расход сырьевых компонентов рассчитывался по методике, основанной на законе объемного фазового состава [6], состав ячеистого бетона приведен в табл. 2.

Смесь тщательно перемешивалась до однородной массы и заливалась в заранее прогретые металлические формы размером 7×7×7 см при достижении температуры внутри массива 80–85°C [7, 8]. Образцы выдерживались в течение 24 ч, расформовывались и пропаривались при температуре 90°C по стандартному режиму 1,5–6–2 ч (нагрев – выдержка – охлаждение). Технологическая схема изготовления образцов ЯБ с использованием G-RA приведена на рис. 3. Использование гранул позволяет отказаться от дополнительной стадии введения ПАВ для приготовления суспензии.

Определение свойств готовых образцов ячеистого бетона. Образцы ячеистого бетона после тепловлажностной обработки подвергались испытаниям на основные строительно-технические свойства, результаты которых приведены в табл. 3.

Результаты проведенных исследований показывают, что предел прочности при сжатии образцов ячеистого бетона при использовании гранул алюминиевой пудры выше, чем при использовании пудры, на 6–10% (рис. 4). Это может быть достигнуто за счет равномерного распределения частиц гранулированного газообразователя

по ячеистому массиву, способствующему образованию равномерной мелкопористой структуры. Порошковый газообразователь в ячеистом массиве может распределяться в виде «дорожки» или всплывать на поверхность ячесито-бетонного массива, что приводит к некоторой дефектности структуры ячеистого бетона. Связка, которая является клеящим веществом алюминиевых частиц в гранулах, также может способствовать склеиванию гидратированных частиц цемента в ячеистом бетоне. Водопоглощение и открытая пористость образцов ячеистого бетона практически не меняются в зависимости от вида газообразователя.

Для исследования фазового состава образцов ЯБ с использованием P-RA и G-RA использовался рентгенофазовый анализ, который проводился при помощи дифрактометра ДРОН-3. Рентгенограммы образцов ЯБ с использованием P-RA и G-RA с плотностью 500 кг/м³ приведены на рис. 5.

По данным рентгенофазового анализа пропаренных образцов ЯБ с плотностью 500 кг/м³ с использованием порошкового и гранулированного газообразователя установлено наличие гидроалюминатов кальция C₃AH₆, низкоосновных гидросиликатов кальция типа CSH(I), CSH(II). Кроме того, в составе новообразований содержится этtringит и Ca(OH)₂. Интенсивность основных пиков у образцов ЯБ с использованием гранул более высокая, что связано с образованием большего количества гидратных соединений большей степени кристалличности.

Дифференциально-термический анализ образцов ячеистого бетона с использованием гранул RA показывает наличие трех эндоэффектов (рис. 6). Первый эндотермический эффект при температуре 100°C соответствует удалению адсорбционно-связанной воды. Вто-

рой эндотермический эффект наблюдается при температурах 440–475°C с максимумом 459°C, указывает на разложение Ca(OH)₂, а эндотермический эффект в интервале температуры 643–710°C с максимумом 677°C характеризует процесс дегидратации гидросиликатов кальция тоберморитовой группы CSH(I), CSH(II).

Таким образом, были получены и исследованы образцы ячеистого бетона марки 500 с использованием алюминиевой пудры (P-RA) и гранул на ее основе (GP-RA) в качестве газообразователя. Содержание активного алюминия в порошковом газообразователе 95–98%, в гранулах 88–90%. Алюминиевая пудра и гранулы обеспечивают высокую кинетику газовыделения с протеканием основной реакции за 16 мин. Полученные образцы ячеистого бетона с использованием порошкового газообразователя и гранул отвечают требованиям ГОСТ 25485–89 «Бетоны ячеистые. Технические условия» по соответствию объемной плотности и предела прочности при сжатии. Ячеистый бетон с использованием гранулированного газообразователя не уступает по свойствам ячеистому бетону, полученному на порошковом газообразователе, а в некоторых случаях наблюдается улучшение свойств по прочностным характеристикам.

Использование гранулированного газообразователя в технологии ячеистого бетона является новой, инновационной разработкой, способствующей устранению таких важных вредных показателей, как пыление RA и введение дополнительно ПАВ при использовании порошкового газообразователя типа ПАП-1 и ПАП-2.

При использовании гранулированных газообразователей увеличивается прочность на сжатие готового бетона на 6–10%.

Список литературы

1. Pehlivanli Z.O., Uzun I., Demir I. Mechanical and microstructural features of autoclaved aerated concrete reinforced with autoclaved polypropylene, carbon, basalt and glass fiber // *Construction and Building Materials*. 2015. Vol. 96, pp. 428–433.
2. Sanjayan J.G., Nazari A., Chen L., Nguyen G.H. Physical and mechanical properties of lightweight aerated geopolymer // *Construction and Building Materials*. 2015. Vol. 79, pp. 236–244.
3. Семериков И.С., Вишневицкий А.А., Запольская А.А. Сравнительная оценка новых газообразователей для производства автоклавного газобетона // *Строительные материалы*. 2010. № 1. С. 47–49.
4. Прохоров С.Б. Специализированные газообразователи для ячеистых бетонов автоклавного твердения // *Строительные материалы*. 2011. № 9. С. 48.
5. Пшеничный Г.Н. Стадийность твердения цемента: теоретический и практический аспекты. Германия: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. 388 с.
6. Лотов В.А. Изменение фазового состава в системе цемент–вода при гидратации и твердении // *Известия Томского политехнического университета*. 2012. Т. 321. № 3. С. 42–45.
7. Дворкин Л., Дворкин О. Специальные бетоны. М.: Инфра-Инженерия. 2012. 368 с.
8. Abdulkareem O.A., Mustafa Al Bakri, Kamarudin A.M., Khairul Nizar H., Saif A.A. Effects of elevated temperatures on the thermal behavior and mechanical performance of fly ash geopolymer paste, mortar and lightweight concrete // *Construction and Building Materials*. 2014. Vol. 50, pp. 377–387.

References

1. Pehlivanli Z.O., Uzun I., Demir I. Mechanical and microstructural features of autoclaved aerated concrete reinforced with autoclaved polypropylene, carbon, basalt and glass fiber. *Construction and Building Materials*. 2015. Vol. 96, pp. 428–433
2. Sanjayan J.G., Nazari A., Chen L., Nguyen G.H. Physical and mechanical properties of lightweight aerated geopolymer. *Construction and Building Materials*. 2015. Vol. 79, pp. 236–244.
3. Semerikov I.S., Vishnevskiy A.A., Zapol'skaya A.A. Comparative assessment of new gas developing agents for manufacture of autoclave gas concrete. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 1, pp. 47–49. (In Russian).
4. Prokhorov S.B. Specialized blowing for cellular concrete autoclaved. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 9, p. 48. (In Russian).
5. Pshenichnyi G.N. Stadiynost' tverdeniya tsementa: teoreticheskiy i prakticheskiy aspekty [Stages of cement hardening: theoretical and practical aspects]. Germany: LAP Lambert Academic Publishing. 2012. 388 p.
6. Lotov V.A. Changing the phase composition of cement–water during hydration and hardening. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*. 2012. Vol. 321. No. 3, pp. 42–45. (In Russian).
7. Dvorkin L., Dvorkin O. Spetsial'nye betony [Special concrete]. Moscow: Infra-Inzheneriya. 2012. 368 p.
8. Abdulkareem O.A., Mustafa Al Bakri, Kamarudin A.M., Khairul Nizar H., Saif A.A. Effects of elevated temperatures on the thermal behavior and mechanical performance of fly ash geopolymer paste, mortar and lightweight concrete. *Construction and Building Materials*. 2014. Vol. 50, pp. 377–387.

В.П. ВЫЛЕГЖАНИН¹, канд. техн. наук, директор (info@stroypalata.ru),
В.А. ПИНСКЕР¹, канд. техн. наук, научный руководитель;
Г.И. ГРИНФЕЛЬД², исполнительный директор (greenfeld@mail.ru)

¹ Центр ячеистых бетонов (191023, г. Санкт-Петербург, ул. Зодчего Росси, 1/3)

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

Теоретические и экспериментальные обоснования расчета усилий при вырыве анкеров из газобетона

Дается методика расчета усилий вырыва профилированных анкеров из газобетона с теоретическими и экспериментальными обоснованиями. Теоретически обосновывается, что рост предельной величины усилия выдергивания анкера близок к прямо пропорциональной зависимости от глубины его анкеровки. Предельное усилие выдергивания анкера из газобетона есть суммарное сопротивление сил, препятствующих этому, так как эпюра касательных напряжений близка к прямоугольной. Приведенные формулы расчета усилий выдергивания анкеров позволяют рассчитывать усилия вырыва анкеров из газобетона с учетом его марки по плотности и кубиковой прочности или класса В прочности при сжатии, характеристики их профиля (резьбы). При расчете усилий учитывается разрушение газобетона под выступами профиля анкера в виде смятия или среза, а также его уплотнение раздробленными частицами цементно-песчаного камня, образовавшимися в процессе вворачивания анкера. Сопоставляются усилия выдергивания анкеров, полученные расчетным и экспериментальным путем.

Ключевые слова: анкеры, газобетон, усилие выдергивания анкера, цементно-песчаный камень.

V.P. VYLEGZPANIN, Candidate of Sciences (Engineering) (info@stroypalata.ru), Director,

V.A. PINSKER, Candidate of Sciences (Engineering), Research Manager; G.I. GRINFELD, Executive Director (greenfeld@mail.ru)

¹ The Cellular Concrete Center (1/3, Zodchego Rossi Street, Saint-Petersburg, 191023, Russian Federation)

² National Association of Autoclaved Aerated Concrete Manufacturers (40, Oktyabr'skaya Embankment, 193091, Saint-Petersburg, Russian Federation)

Theoretical and Experimental Substantiations of Calculation of Forces for Pull-out of Anchors from Gas Concrete

Methods for calculation of forces required to pull-out profiled anchors from gas concrete are presented with theoretical and experimental substantiations. It is theoretically substantiated that the growth of limit value of the force required to pull-out an anchor is close to the directly proportional dependence on the depth of its anchoring. A limit force of anchor pull-out from gas concrete is the total resistance of forces preventing it because the shear stress diagram is close to the rectangular one. Presented formulae of calculation of forces required for anchor pull-out make it possible to calculate the forces of anchor pull-out from gas concrete with due regard for its density grade and cubic strength or the class B of compressive strength, characteristic of their profile (thread). When calculating forces, it is necessary to take into account the destruction of gas concrete under the profile picks in the form of shear or cutoff as well as its compaction by fractured particles of cement-sand stone formed in the process of screwing of the anchor. Forces of anchors pull-out obtained by calculation or experimentally are compared.

Keywords: anchors, gas concrete, force of anchor pull-out, cement-sand stone.

В настоящее время блоки из автоклавного газобетона широко применяются как в малоэтажном строительстве при возведении стен, так и в многоэтажных зданиях при заполнении железобетонных каркасов.

Широкое использование при монтаже и построечной сборке навесных фасадов, фасадной облицовки и других конструкций определяет актуальность вопроса о надежности их крепления с помощью анкеров к газобетонным стенам в зависимости от прочности, плотности газобетона.

С момента широкого применения изделий из автоклавного газобетона испытывались различные виды анкерных креплений с целью определения усилий их выдергивания.

Однако никаких теоретических обоснований и формул предложено не было. Проведенные испытания показали, что прочность на срез (перпендикулярно оси анкера), как правило, больше, чем на вырыв (выдергивание). Поэтому осевая прочность как слабое звено явилась предметом исследований, так как при использовании анкерных креплений для навесных фасадов последние подвергаются значительным усилиям от ветрового отсоса, доходя до 100 кгс/м², что и определяет необходимость разработки теоретических и практических аспектов прочности на вырыв анкеров из автоклавного газобетона.

Выбор физической модели, описывающей работу анкера при его выдергивании из газобетона, опирается на следующие закономерности, установленные в результате испытаний:

1. Рост предельной величины усилия выдергивания анкера N_a близок к прямо пропорциональной зависимости от глубины его анкеровки.

2. Предельное усилие выдергивания анкера из газобетона есть суммарное сопротивление сил, препятствующих этому.

Анализ показал, что указанным закономерностям наиболее полно удовлетворяет трехслойная модель связей между поверхностью заанкеренной части анкера и газобетоном. Согласно этой модели сдвиговая податливость по контактной поверхности анкера выше, чем по любой площадке внутри газобетонного массива, что не противоречит опытным данным.

Касательные напряжения сцепления τ_{cu} , возникающие по длине заанкеренной части анкера при его выдергивании, в рамках принятой модели численно равны силе сопротивления сдвигу, возникающей на единице площади контакта. Если предположить, что $\tau_{cu} = K \cdot \bar{\Delta}$, где $\bar{\Delta} = \bar{\Delta}(z)$ – продольное смещение анкера в сечении с координатой z (рис. 1); K – коэффициент жесткости связей, препятствующих сдвигу, то, решив соответствующее дифференциальное уравнение $\frac{d^2 \Delta_a}{dz^2} - \alpha^2 \Delta_a = 0$,

где $\alpha = \sqrt{\frac{4K}{E_a \cdot d}}$, E_a – модуль упругости материала анкера; d – диаметр анкера; согласно работе [1]:

$$\tau_{cu} = \frac{\alpha \cdot N_a \cdot ch \cdot [\alpha \cdot (l_a - z)]}{\pi \cdot d \cdot sh \cdot \alpha \cdot l_a} \quad (1)$$

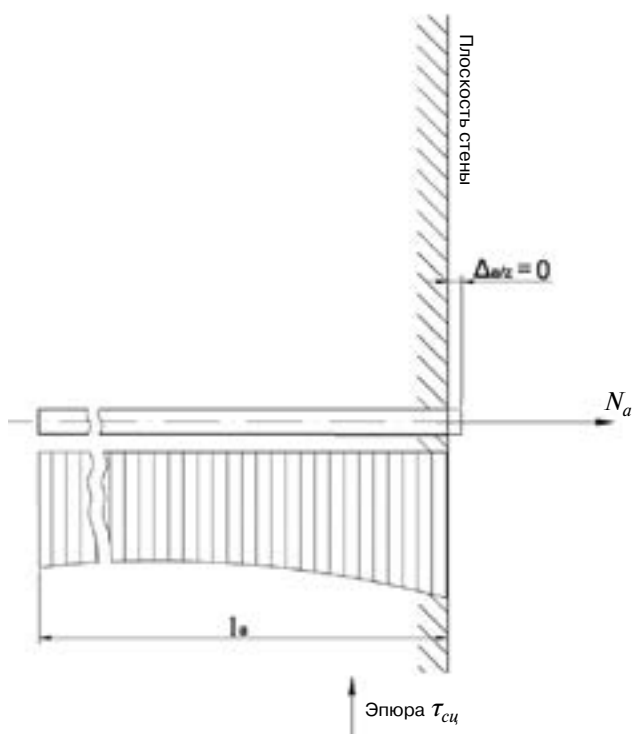


Рис. 1. Распределение касательных напряжений $\tau_{сш}$ по длине части анкера в газобетоне от действия продольной силы N_a

Выполненный по ф. (1) численный анализ изменения величин касательных напряжений по всей длине l_a в газобетоне стальных анкеров диаметром от 4 мм и более показал, что их величины меняются незначительно (рис. 1), т. е. эпюра касательных напряжений близка к прямоугольной.

Такой характер распределения касательных напряжений позволяет принять, что при расчете усилий N_a выдергивания анкера газобетонные выступы, образованные профилями анкера, по всей длине его заделки оказывают одинаковое сопротивление.

Сдвиговая податливость определяется для профилированного анкера прочностью и деформативностью газобетона, заполняющего впадины профиля ее поверхности.

В настоящей статье рассматриваются только профилированные анкеры. Прочность их сцепления с газобетоном выше, чем у анкеров с гладкой поверхностью.

При определении усилия, воспринимаемого выступом при смятии, исходим из результатов численного анализа напряженно-деформированного состояния газобетона, находящегося между выступами профиля анкера. Он показал [2], что линии главных напряжений (рис. 2), возникающих под выступами профиля, по своему характеру схожи с аналогичными линиями, возникающими под цилиндрическим плоским штампом при его вдавливании в хрупкий материал (рис. 2).

Эта аналогия прослеживается и в характере зависимостей между усилиями и смещениями $N_a-\Delta$ (рис. 3) при вдавливании штампа [3], вытягивании анкера [4].

Известно, что напряженное состояние бетона под вдавливаемым цилиндрическим штампом можно охарактеризовать как всестороннее сжатие [3]. Напряжения в материале под штампом достигают значений, соответствующих переходу бетона в пластическое состояние, соответствующее его смятию [4]. Это вызывает необратимые смещения штампа, относительная величина которых на порядок выше упругих [5], что позволяет не учитывать в расчетах последние.

С увеличением усилий выдергивания зона пластически деформируемого бетона под штампом увеличивает-

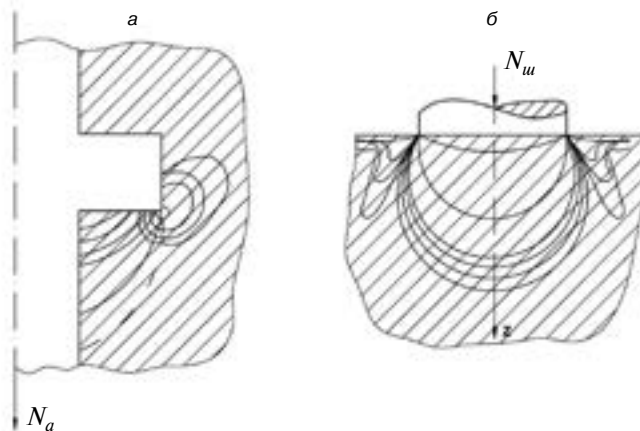


Рис. 2. Изолинии главных нормальных напряжений, возникающие: а – в бетоне под выступом профиля анкера; б – в хрупком материале под жестким плоским цилиндрическим штампом

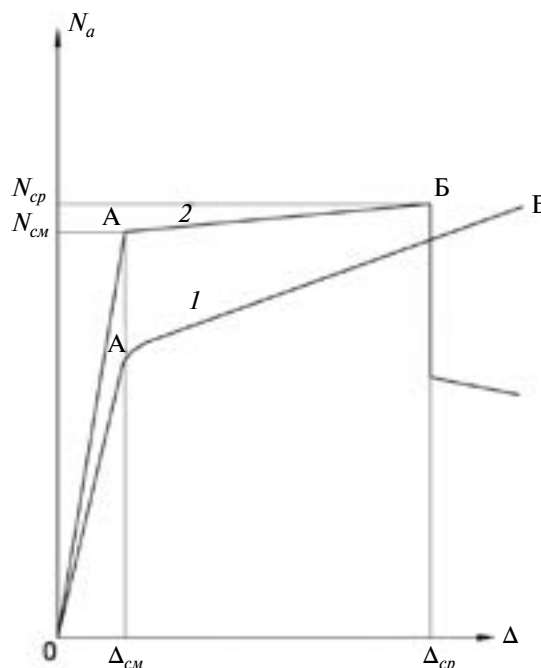


Рис. 3. Зависимости смещений от усилий при вдавливании цилиндрического штампа (кривая 1), выдергивании анкера (кривая 2).

ся и в итоге приобретает форму криволинейного сегмента (рис. 4), прилегающего к поверхности полусферы диаметром $d_c \approx d_{ш}$ – диаметру штампа с высотой, примерно равной $d_{ш}$ [2].

Усилие вдавливания штампа в бетон на этом этапе загрузки, как показали экспериментальные исследования [3], связано с его перемещениями прямолинейной зависимостью (рис. 3, кривая 1, участок 0–А). Дальнейшее возрастание усилия вдавливания приводит к резкому увеличению смещения штампа, излом этой кривой в точке А соответствует образованию радиальных микротрещин (рис. 4), или к дальнейшему разрастанию пластически деформируемой (сминаемой) зоны [4]. Под штампом бетон пластически деформируется, уплотняется (сминается) за счет необратимого вытеснения воздуха из микро- и макропор со сдвигом материала по периметру выступа профиля.

Из аналогии зависимостей $N_a-\Delta$ (рис. 3) и характера линий главных напряжений при вдавливании штампа и выдергивании анкера (рис. 2) следует, что газобетон под выступами его профиля тоже пластически деформируется при некотором значении усилия $N_a = N_{ср}$. Объем пластически деформируемого газобетона в про-

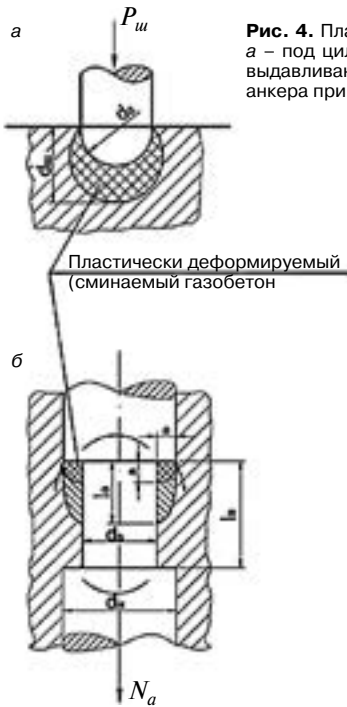


Рис. 4. Пластические деформации бетона: а – под цилиндрическим штампом при его выдавливании; б – под выступами профиля анкера при ее вытягивании

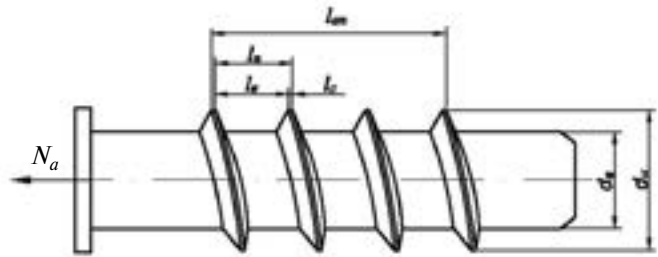


Рис. 5. Характерные размеры профиля анкера, используемые при расчете усилий его выдергивания

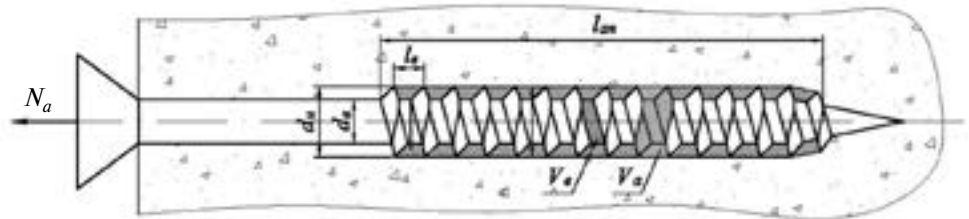


Рис. 6. Характерные размеры профиля бесканального анкера, используемые при расчете усилий его выдергивания

пессе вытягивания анкера формируется в виде части вытянутого сегмента эллипсоида, высота которого исходя из работы [1, 6] может быть принята примерно равной высоте профиля (рис. 4). За счет уплотнения сминаемого газобетона происходит смещение выступа профиля анкера. На кривой $N_a-\Delta$ (рис. 3) этот момент соответствует ее излому в точке А.

Анкеры, применяемые для крепления конструкций, изделий к газобетонным стенам, крепятся путем его вворачивания с помощью винтовой нарезанной на нем резьбы (винтового профиля).

Анкеры или их дюбеля, которые вворачиваются в газобетон в предварительно высверленный канал, относятся к канальным анкерам (рис. 5).

Анкеры, которые вворачиваются в газобетон без предварительного высверленного канала, относятся к бесканальным анкерам. К таким анкерам относятся шурупы, саморезы и т. д. (рис. 6).

В настоящей методике расчета усилий выдергивания из газобетона канальных и бесканальных анкеров используются следующие геометрические характеристики: d_n – наружный диаметр винтового профиля анкера; d_g – внутренний диаметр винтового профиля анкера; l_g – расстояние между выступами профиля анкера; l_m – длина профилированного участка анкера, ввернутого в газобетон; l_c – толщина (длина) резьбы по наружному диаметру анкера; l_n – шаг резьбы (профиля) анкера.

Величина усилия выдергивания определяется сопротивлением газобетонных выступов, расположенных по всей его заделке в газобетон, разрушению, которое характеризуется их смятием или срезом. Характер разрушения выступа зависит от его размеров – длины выступа l_g и высоты, равной $(d_n-d_g)/2$ (рис. 2). Длина выступа $l_g = l_{g\text{cp}}$, при которой происходит его срез, определяется из равенства усилия $N_{cm} = N_{cp}$, где N_{cm} , N_{cp} – усилия, воспринимаемые газобетоном при смятии или срезе соответственно.

Как показали исследования, напряжение R_{cm} , соответствующее смятию газобетона под выступом профиля анкера, находится в прямо пропорциональной зависимости от его кубиковой прочности при сжатии R .

$$R_{cm} = K_{cm} \cdot R, \text{ МПа}, \quad (2)$$

где: $K_{cm} = 1,7$ – коэффициент пропорциональности, характеризующий сопротивление газобетона смятию. Коэффициент K_{cm} получен при приведении к кубиковой прочности расчетного сопротивления смятию газобетона $R_{g.loc} = 1,2 R_g$, где R_g – расчетное сопротивление газобетона сжатию [7, 8].

При известной высоте выступа профиля анкера, равной $(d_n-d_g)/2$ (рис. 5), и величины R_{cm} определяется усилие смятия N_{cm} газобетона под этим выступом по формулам:

$$N_{cm} = 0,425\pi(d_n^2 - d_g^2) \cdot R, \text{ кгс}. \quad (3)$$

Предельное усилие сопротивления газобетонного выступа может определяться, кроме смятия газобетона, его срезом N_{cp} . Усилие среза выступа вычисляется по формуле:

$$N_{cp} = \pi \cdot d_n \cdot l_{g\text{cp}} \cdot R_{cp}, \text{ кгс}, \quad (4)$$

где: $l_{g\text{cp}}$ – длина срезаемого газобетонного выступа; R_{cp} – сопротивление газобетона срезу.

Согласно [7] расчетное сопротивление газобетона срезу $R_{sh} = 2R_{bt}$, где R_{bt} – расчетное сопротивление газобетона растяжению. Приведа R_{sh} и R_{bt} к средней кубиковой прочности газобетона при сжатии R или к его классу прочности на сжатие B , получим:

$$R_{cp} = 0,26R = 0,37B, \text{ МПа}. \quad (5)$$

Формула (4) для вычисления усилия среза выступа примет вид:

$$N_{cp} = 0,26\pi \cdot d_n \cdot l_{g\text{cp}} \cdot R = 0,37\pi \cdot d_n \cdot l_{g\text{cp}} \cdot B, \text{ кгс}, \quad (6)$$

Максимальная длина бетонного выступа $l_{g\text{cp}}^{\text{max}}$, при которой происходит его срез, определяется из равенства $N_{cp} = N_{cm}$. Подставив в это равенство (4) и (6), получим:

$$l_{g\text{cp}}^{\text{max}} = 1,63d_n \cdot \left(1 - \frac{d_g^2}{d_n^2}\right), \text{ см}. \quad (7)$$

При $l_g \leq l_{g\text{cp}}^{\text{max}}$, где l_g – длина срезаемого газобетонного выступа, газобетон срезается без его смятия, $l_{g\text{cp}} = l_g$; а при $l_g > l_{g\text{cp}}^{\text{max}}$ газобетон под выступом профиля вначале

Марка газобетона по плотности	Кубиковая прочность при сжатии газобетона R (при влажности 10%), МПа	Усилия выдергивания анкера Sormat KBT6		Усилия выдергивания анкера UK 6×70	
		Расчетное, кгс	Экспериментальное, кгс	Расчетное, кгс	Экспериментальное, кгс
D300	2,01	85,2	74,3	41,8	38,4
D400	2,81	117,2	107	69,7	63,9
D500	3,21	135	142	86,3	93,2
D600	5,87	221	237	180,5	185

сминается $l_{всп} = l_{всп}^{\max}$. Смятие газобетона сопровождается ростом необратимых смещений анкера относительно массива газобетона. Эти смещения будут возрастать, пока оставшаяся часть несмятого газобетонного выступа не достигнет значения $l_{всп}^{\max}$, после чего произойдет срез на несмятой части выступа. Усилие среза газобетонного выступа, вычисляемого по ф. (4), и будет определять максимальную величину усилия, воспринимаемого газобетонным выступом, образуемым профилем анкера.

Расчетное усилие $N_{ан}$ при срезе выступов, воспринимаемое частью анкера, ввернутого в газобетон $l_{ан}$, определяется по формуле:

$$N_{ан} = 0,08\pi \cdot d_n \cdot l_{всп} \cdot R_n \cdot k_p, \text{ кгс}, \quad (8)$$

где $n = \frac{l_{ан}}{l_г + l_с}$ – количество выступов профиля анкера, ввернутого в газобетон.

Коэффициент $k_p = \rho_y / \rho$ учитывает отношение возросшей плотности газобетона ρ_y в объеме V_a , расположенного между выступами профиля, приходящегося на участок анкера длиной l_n (шаг профиля) (рис. 5), $V_a = 0,25\pi \cdot l_г \cdot (d_n^2 - d_г^2)$. Плотность газобетона возрастает за счет заполнения его пор раздробленными частицами цементно-известково-песчаного камня (ЦИП-камня). Объем частиц раздробленного ЦИП-камня равен объему приходящегося на часть анкера длиной l_n (шаг профиля), диаметром $d_n, V_h = 0,25\pi \cdot l_n \cdot d_n^2$.

Плотность уплотненного газобетона в объеме находится из равенства $V_a \cdot \rho_y = \rho \cdot V_h$:

$$\rho_y = \rho \cdot \frac{V_h}{V_a} = \frac{\rho \cdot l_n}{l_г \cdot K_d}, \quad (9)$$

$$\text{где } K_d = 1 - \frac{d_г^2}{d_n^2}.$$

При заполнении всех пор газобетона в объеме V_a раздробленным камнем стенок пор объема V_h плотность в нем достигает максимального предельного значения ρ_m и находится из равенства:

$$V_a \cdot \frac{\rho_m}{\rho_k} = \left(1 - \frac{\rho_m}{\rho_k}\right) \cdot V_h;$$

$$\rho_m = \frac{\rho_k \cdot K_d}{\frac{l_n}{l_г} + K_d}, \quad (10)$$

где ρ_k – плотность ЦИП-камня.

$$\rho_k = \frac{\rho}{\frac{P_u}{\gamma_u} + \frac{P_n}{\gamma_n} + \frac{P_c}{\gamma_c}}, \text{ кг/м}^3, \quad (11)$$

где: P_u, P_n, P_c – вес цемента, извести, песка в сухом состоянии соответственно, используемых для изготовления 1 м³ газобетона плотностью ρ ; $\gamma_u, \gamma_n, \gamma_c$ – объемные веса цемента, извести, песка в сухом состоянии.

При достижении плотности ρ_m в объеме V_a под давлением, которая возникает при вворачивании анкера, раздробленный ЦИП камень уплотняется, разрушая оболочку пор объема V_a , что приводит к снижению прочности газобетона при выдергивании анкера (эффект проворачивания анкера). Следовательно, чтобы анкер не проворачивался, должно удовлетворяться условие $\rho_u < \rho_m$.

Формулы (9), (10) применимы для расчета бесканальных анкеров. При расчете канальных анкеров, для которых просверливается предварительно канал диаметром $d_n = d_г$:

$$\rho_u = \rho \cdot \frac{V_h}{V_a} = \rho \cdot \frac{l_h}{l_г}, \quad (12)$$

$$\rho_m = \frac{\rho_k}{\frac{l_h}{l_г} + 1}. \quad (13)$$

Результаты расчета усилий выдергивания анкеров из газобетона по приведенным формулам сопоставлялись с экспериментальными результатами. Испытания проводились в лаборатории завода «Аэрок-СПб». Испытывался пластмассовый анкер-дюбель Sormat K8T6 с распорным шурупом-саморезом 6×70.

Анкер имел резьбу (профиль) со следующими геометрическими параметрами (рис. 5): $d_n = 14,5$ мм; $d_г = 10$ мм; $l_г = 8$ мм; $l_n = 9$ мм; газобетон марки D300; $R = 2,01$ МПа = 20,1 кг/см².

Анкер канальный устанавливался в просверленный канал $d_к = 10$ мм.

Расчет усилия выдергивания анкера N_a .

1. По ф. (7) вычисляется предельная длина бетонного выступа (в см), при которой он срезается:

$$l_{всп}^{\max} = 1,63 \cdot 1,45 \cdot \left(1 - \frac{1}{1,45^2}\right) = 1,24 \text{ см. Так как } l_г = 0,8 < l_{всп}^{\max} = 1,24,$$

газобетонный выступ срезается.

2. Вычисляется увеличение плотности газобетона в

объеме V_a . Так как диаметр канала $d_к = d_г$, коэффициент

$$K_d = 1, \text{ по ф. (9) получим: } \rho_u = \rho \cdot \frac{l_n}{l_г} = 300 \cdot \frac{9}{8} = 337,5 \text{ кг/м}^3;$$

$$K_p = \frac{375,5}{300} = 1,12.$$

3. По ф. (10) вычисляется максимально предельная плотность газобетона ρ_m для анкера с такими геометрическими размерами при $\rho_k = 2940$ кг/м³:

$$\rho_m = \frac{2940 \cdot 1}{1,12 + 1} = 1387 \text{ кг/м}^3. \text{ Так как } \rho_u = 337,5 < \rho_m = 1387,$$

газобетонный выступ срезается.

4. По ф. (8) вычисляется усилие выдергивания N_a :

$$N_a = 0,26 \cdot 3,14 \cdot 1,45 \cdot 0,8 \cdot 20,1 \cdot \frac{3,6}{9} \cdot 1,12 = 85,2 \text{ кгс.}$$

Экспериментальное усилие $N_a^э = 74,3$ кгс.

В качестве бесканального анкера для испытаний использовался анкер-саморез УК с неполной резьбой 6×70 (рис. 6) с геометрическими параметрами: $d_u = 5,8$ мм, $d_e = 3,6$ мм, $l_e = l_n = 2,5$ мм; газобетон марки D500, $R = 3,54$ МПа.

Расчет усилия выдергивания выполнялся в той же последовательности, что и предыдущего анкера. Получены следующие результаты:

$$l_e = 0,25 < l_{e\text{ср}}^{\text{max}} = 0,58 \text{ см.}$$

При D500 $\rho_k = 2850$ кг/м³; $K_d = 0,615$; $\rho_u = 813$ кг/м³; $\rho_m = 1092$ кг/м³; $K_p = 1,63$; $\rho_u = 813 < \rho_m = 1042$ газобетонный выступ срезается:
 $N_a = 94,5$ кгс, $N_a^* = 100$ кгс.

В таблице приведены вычисленные и полученные экспериментальные усилия выдергивания анкеров для марок газобетона средней плотности D300, D400, D500, D600.

Значения, приведенные в таблице, доказывают, что предложенная расчетная зависимость прочности анкера – выдергивание хорошо аппроксимирует экспериментальные данные и может быть использована при проектировании.

Список литературы

1. Вылегжанин В.П. Определение деформаций элементов конструкций из сталефибробетона при растяжении и изгибе на различных стадиях загрузки. В кн.: Пространственные конструкции в гражданском строительстве. Л.: ЛенЗНИИЭП, 1982. С. 53–60.
2. Решетов Д.Н., Кирсанова В.Н. Касательная контактная податливость деталей // *Жесткость в машиностроении: Сб. науч. тр.* Брянск: БИТМ, 1971. С. 28–32.
3. Карпенко Н.И., Судаков Г.Н., Лейтес Е.С., Золотов А.Б. Напряженно-деформированное состояние бетона в зоне контакта с арматурой до и после образования контактных трещин. М.: НИИЖБ, 1979.
4. Шрейнер Л.А., Павлова Н.Н., Якушев В.П., Байдлюк Б.В. Применение метода вдавливания для установления сопротивляемости горных пород разрушению при бурении и качественной оценки пластичности горных пород // *Сб. статей: Экспериментальные исследования в области разработки глубоких нефтяных месторождений.* М.: 1964.
5. Холмянский М.М., Ерин Н.Н. Исследование механизма сцепления арматуры периодического профиля с бетоном при помощи испытаний бетона на местное смятие. В кн.: Анкеровка арматуры в бетоне. М.: Стройиздат, 1969.
6. Холмянский М.М. Контакт арматуры с бетоном. М.: Стройиздат, 1981.
7. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из ячеистых бетонов. М., 1986. (<http://aerobel.ru/upload/iblock/8f0/8f021f102cce1b1b6f6a2387f1279238.pdf>)
8. ГОСТ Р 53231–2008 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности». М.: Стандартинформ, 2009.

References

1. Vylegzhanin V.P. Opredelenie deformatsii elementov konstruktсии iz stalefibrobetona pri rastyazhenii i izgibe na razlichnykh stadiyakh zagruzheniya [Determination of deformation of structural elements of steel-fibro-concrete tensile and bending at different stages of load-

- ing. In book *Spatial design in civil engineering* Leningrad: LenZNIIEP. 1982, pp. 53–60.
2. Reshetov D.N., Kirsanova V.N Tangent contact details of the compliance. *The rigidity in mechanical engineering: Processing of scientific papers.* Bryansk: BITM. 1971, pp. 28–32. (In Russian).
3. Karpenko N.I., Sudakov G.N., Leites E.S., Zolotov A.B. Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie betona v zone kontakta s armaturoi do i posle obrazovaniya kontaktnykh treshchin [Stress-strain state of concrete in the zone of contact with the valve before and after the formation of the contact cracking]. Moscow: NIIZhB. 1979.
4. Shreiner L.A., Pavlova N.N., Yakushev V.P., Baidlyuk B.V. Application of the method to determine the indentation resistance to the destruction of rocks during drilling and qualitative assessment of the plasticity of rocks. *Collection of articles: Experimental studies on the development of deep oil fields.* Moscow. 1964. (In Russian).
5. Kholmyanskiy M.M., Erin N.N. Issledovanie mekhanizma stsepleniya armatury periodicheskogo profilya s betonom pri pomoshchi ispytaniy betona na mestnoe smyatie. V kn. Ankerovka armatury v betone [Research fittings periodic profile of the clutch mechanism with the concrete using a concrete test on local bearing. In book: Anchoring reinforcement in concrete]. Moscow: Stroyizdat. 1969.
6. Kholmyanskiy M.M. Kontakt armatury s betonom [Contact reinforcement with concrete]. Moscow: Stroyizdat. 1981.
7. Benefit for the design of concrete and reinforced concrete structures from cellular concrete. Moscow. 1986. (<http://aerobel.ru/upload/iblock/8f0/8f021f102cce1b1b6f6a2387f1279238.pdf>) (In Russian).
8. GOST R 53231–2008 Betony. Pravila kontrolya i otsenki prochnosti [Concrete. Rules for monitoring and evaluation of safety]. Moscow: Standartinform. 2009. (In Russian).



Химическая технология керамики

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

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

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

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



15 февраля 2016 г. на 85-м году жизни после тяжелой болезни ушел из жизни Юрий Дмитриевич Буянов, генеральный директор ФГУП Научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт по проблемам добычи, транспорта и переработки минерального сырья в промышленности строительных материалов «ВНИПИИстромсырье», доктор технических наук, Заслуженный строитель РФ, действительный член Академии горных наук.

Вся трудовая жизнь Юрия Дмитриевича была связана с единственной организацией. Поступив после окончания аспирантуры в 1958 г. в институт на должность младшего научного сотрудника, он прошел все ступени научной иерархии ученого. Юрий Дмитриевич Буянов является признанным ученым в области разработки месторождений минерального сырья для производства строительных материалов. Им написаны книги и многочисленные статьи по различным проблемам горного дела.

Памяти друга и соратника посвящают эту статью авторы.

УДК 622

Г.Р. БУТКЕВИЧ, канд. техн. наук (georgybutkevich@gmail.com), О.Е. ХАРО, канд. техн. наук

ФГУП ВНИПИИстромсырье (125080, Москва, А-80, Волоколамское ш., д. 1, оф. 311).

Проблемы конвейеризации горных работ

Описан мировой опыт применения конвейерного транспорта на карьерах нерудных строительных материалов, начиная с середины XX в. Проанализированы условия применения поточной и циклично-поточной технологий. Приведены характеристики различных видов оборудования, используемого в этих технологиях. Изложена методика расчета параметров бункеров-питателей.

Ключевые слова: нерудные строительные материалы, ленточный конвейер, поточная и циклично-поточная технологии, бункер-питатель, отвалообразователь.

G.R. BUTKEVICH, Candidate of Sciences (Engineering) (georgybutkevich@gmail.com), O.E. HARO, Candidate of Sciences (Engineering)
FGUP VNIPIIstromsryie (1, off. 311, Volokolamskoe Highway, A-80, 125080, Moscow, Russian Federation)

Problems of Conveyerisation of Mining Works

World experience of application of conveyor transport on pits of nonmetallic construction materials, since the middle of the 20th century is described. Conditions of application of line and cyclic and line technologies are analyzed. Characteristics of different types of the equipment used in these technologies are provided. The calculation method of parameters of bunker feeders is stated.

Keywords: nonmetallic construction materials, tape conveyor, line and cyclic and line technologies, bunker feeder.

Промышленность нерудных строительных материалов является одной из крупнейших горных отраслей. Объем производства нерудных строительных материалов (НСМ) в России составил в 2015 г. 382 млн м³ (89% по отношению к 2014 г.). Промышленность НСМ, как и любая отрасль, имеет особенности. Эти особенности присущи предприятиям данной отрасли во всем мире. К таким особенностям относятся:

- значительное количество предприятий (в США количество карьеров отрасли составляет около 11 тыс., в СССР насчитывалось около 10 тыс., а в России, по разным оценкам, 3–4 тыс.), что мешает проведению единой технической политики;
- сравнительно небольшая мощность большинства предприятий;
- обеспечение поставки на перерабатывающий комплекс горной массы стабильного состава по некоторым характеристикам, в частности, гранулометрическому составу.

Одна из проблем, свойственная всем горным отраслям, — выбор оптимальной технологии и оборудования для перемещения карьерных

грузов. Карьерный транспорт является самым дорогим и трудоемким процессом открытых горных работ. Поэтому его совершенствованием горняки занимаются десятки лет. К перспективным видам карьерного транспорта относят конвейерный [1, 2]. Его преимуществами по сравнению с рельсовым и автомобильным являются: меньшая трудоемкость; создание непрерывного потока перемещения горной массы; возможность устройства внутри этого потока промежуточного склада. Конвейерный транспорт признается более экологичным.

Задача публикации — обратить внимание инвесторов и руководителей предприятий НСМ на эффективность использования поточной и циклично-поточной технологий.

Массовое внедрение ленточных конвейеров на карьерах началось в XX в. В это время в Германии стали выпускать многоковшовые экскаваторы и разнообразные виды конвейеров, включая транспортно-отвальные мосты высокой производительности. Применение многоковшовых экскаваторов позволило создать не-

прерывный поток — поточную технологию, начиная с выемки породы в забое.

Однако на карьерах других стран многоковшовые экскаваторы почти не применялись. А при загрузке конвейеров одноковшовыми экскаваторами — оборудованием циклического действия — возникла необходимость преобразовать циклический процесс в непрерывный. Для этих целей ввели дополнительную машину. При разработке нескальных пород такой машиной стал бункер-питатель. Так сформировался новый процесс: подготовка горной массы к транспортировке, и начал формироваться один из вариантов технологии, получившей название циклично-поточная. Пока в забое работали экскаваторы с ковшами емкостью 1–2 м³, создавались легкие, как правило, переносные бункеры, оснащенные питателями, или без питателей. Часто бункеры-питатели изготавливали механические цеха карьеров. На карьерах мира широко распространились как поточные, так и циклично-поточные технологии. По оценкам ВНИПИИстромсырье, доля конвейер-

ерного транспорта в перемещении горной массы на карьерах НСМ СССР была достаточно высока и составляла около 10%, что сопоставимо с долей этого вида транспорта на угольных и железорудных карьерах.

Поскольку бункеры-питатели и другое оборудование отечественная машиностроительная промышленность не изготавливала, их производством занялись горные предприятия, а конвейеризация оставалась делом энтузиастов. Ленточные конвейеры успешно эксплуатировались на ряде песчано-гравийных карьеров тучковской группы (рис. 1) [3], карьере Дмитровского завода МЖБК, Люберецком карьероуправлении кварцевых песков и ряде других. Как характерный можно привести пример Армавирского карьера. На этом карьере циклично-поточная технология с применением самоходного бункера-питателя БПК-300-5/15 успешно использовалась при разработке песчано-гравийной смеси в течении ряда лет. Длина линии конвейеров достигала 2 км.

Приведем некоторые оригинальные решения последних лет.

На карьере компании «Женева Рок Продактс» (США), разрабатывающем месторождение кварцита нагорного типа, в мае 2014 г. смонтирована линия конвейеров. Конвейеры, установленные по склону горы зигзагом под углом наклона 18,7°, работают в рекуперативном режиме. Такой угол наклона выбран, чтобы избежать скатывания материала по ленте. Длина ставов 213, 244 и 320 м. Ширина ленты 1524 мм. Скорость движения ленты 2 м/с. Линия заканчивается радиальным штабелеукладчиком на пневмошинах, который формирует два склада над подземной галерей. Производительность карьера 3,5 тыс. т/ч. Стоимость системы 11 млн долл. США. Ожидается, что инвестиции окупятся через два года [4].

Компания «Сэнджер Сенд Грейвел» (США) при реконструкции карьера, разрабатывающего обводненное песчано-гравийное месторождение, приобрела шагающий драглайн с ковшем емкостью 19 м³ и стрелой длиной 67 м, который ранее 15 лет эксплуатировался на угольном карьере. Драглайн разрабатывает забой на глубину 23–30 м и укладывает добытую песчано-гравийную массу в штабель для обезвоживания. Из штабеля горную массу вынимает погрузчик и загружает ленточный конвейер длиной 1200 м [5].

Уникальный пример представляет собой технология разработки об-

водненного месторождения непрочных карбонатных пород компанией «Палм Бич Аггрейтс» (США). Разработку подводного забоя осуществляет драглайн, формирующий штабель, из которого обезвоженная горная масса вынимается мехлопатой с ковшем емкостью 19 м³. Мехлопата загружает комплекс производительностью 3 тыс. т/ч, состоящий из двух независимых машин на гусеничном ходу: приемного устройства и дробильного агрегата с роторной дробилкой. Дробильный агрегат перегружает горную массу на забойный конвейер длиной 600 м, установленный на понтонах. Последний загружает магистральный конвейер длиной 4,8 км [6].

Научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы, связанные с внедрением поточной и циклично-поточной технологии в промышленности нерудных строительных материалов, выполнялись в институте ВНИИжелезобетон, а затем ВНИПИИстромсырье, с начала 1960 гг. и продолжались в течении 30 лет.* Руководил работами Ю.Д. Буянов. Выполненные исследования показали, что использование конвейерного транспорта на предприятиях отрасли позволяет снизить эксплуатационные расходы карьера в пределах 20%.

В каждой отрасли горной промышленности внедрение конвейерного транспорта сопряжено с особенностями, которые благоприятствовали или препятствовали его внедрению. Для промышленности НСМ конвейеризация горных работ предполагала следующие направления.

При разработке нескальных пород:
– перемещение вскрышных пород в выработанное пространство

карьера с использованием отвалообразователей;

– перемещение вскрышных пород во внешние или внутренние отвалы системой конвейеров;

– транспортировка песчано-гравийной смеси на ДСЗ, в частности, с образованием промежуточного склада.

При разработке скальных пород перемещение горной массы на ДСЗ:

– из забоя системой конвейеров с использованием самоходных дробильных агрегатов;

– с применением комбинированного транспорта с использованием полу- или стационарных дробильных установок.

Для карьеров промышленности строительных материалов характерна сравнительно небольшая мощность вскрыши и полезного ископаемого. Поэтому на многих карьерах, добывающих нескальные полезные ископаемые, нарезается всего один добычной и один вскрышной уступ. Вскрышные породы представлены глинами, суглинки и т. п. породами. Отмеченные условия благоприятны для перемещения вскрышных пород в выработанное пространство карьера поперек фронта горных работ с использованием консольных отвалообразователей. Такое оборудование отечественная машиностроительная промышленность не изготавливала. Пионерами внедрения поточной технологии в СССР оказались карьеры системы черной металлургии, разрабатывавшие месторождения огнеупорных глин, которые организовали производство роторных экскаваторов и отвалообразователей с одной и двумя опорами силами собственных механических цехов. В 1960 гг. под руководством Ю.Д. Буянова были разработаны конструкции и внедрены

Таблица 1
Характеристика консольных отвалообразователей [1, 2]

Показатели	Тип		
	ОГ-30/300	ОГ-50/400*	ОШ-75/650
Производительность, м ³ /час по рыхлой породе	300	400	650
Длина отвальной консоли, м	30	50	76
Максимальная высота отсыпки отвала, м	–	14	25
Длина приемной консоли, м	9	16	17
Мощность двигателей, кВт	49,5	–	170
Масса, т	32	83	200
Тип хода	Гусеничный	Гусеничный	Шагающий
Удельное давление на грунт, кПа	120	130	50/180
Примечание: *проект, вариант на оригинальном шагающем ходу.			

* Институт ВНИПИИстромсырье образовался путем слияния двух коллективов, одним из которых являлась горная часть института ВНИИжелезобетон

Таблица 2

Характеристика бункеров-питателей [1–3]

Показатели	Тип				
	БПП-300	БП-410	БПК-450	БПВ-450	СМД-159
Производительность, м ³ /час	300	410	450	450	400
Высота загрузки, м	3,7	4,7	4,8	4,8	4,5-5
Тип питателя	Пластинчатый	Пластинчатый	Кареточный	Вибрационный	Кареточный
Ширина ленты питателя, мм	1000	1200	–	–	–
Угол наклона питателя, град.	10	18	–	–	–
Емкость загрузочной воронки, м ³	5	10	13	13	10,5
Поворотность верхнего строения, град.	340	Неповоротный*	360	360	+ 150 –
Длина разгрузочного конвейера, м	15	18	20	20	22
Ширина конвейерной ленты, мм	1000	1200	1200	1200	1200
Мощность двигателей, кВт	52,5	119	57	55	175
Масса, т	23,5	86	29	30	85
Ходовой механизм от экскаватора	Э-652	Э-2503	Э-1252	Э-1252	Кран КС-7163
Удельное давление на грунт, кПа	5	130	55	55	0,12 МПа
Емкость ковша экскаватора, на совместную работу с которым рассчитан, м ³	2,5–4	5	2,5–5	5	Э-2503–ЭКГ-5
Транспортируемые породы	Суглинки и глины	Суглинки и глины	Песок, песчано-гравийная смесь	Песок, песчано-гравийная смесь	Песок, песчано-гравийная смесь
Примечания. Обозначения БПП, БПК и БПВ – бункер с пластинчатым питателем, кареточным и вибрационным питателем. * – имеет поворотный разгрузочный конвейер.					

два отвалообразователя на карьерах НСМ (табл. 1).

Для Вяземского песчано-гравийного карьера, одного из крупнейших в стране, был спроектирован проектно-технологическим бюро института ВНИИжелезобетон отвалообразователь ОШ-75/500. Вскрышные породы, представленные тяжелыми глинами, разрабатывал роторный экскаватор ЗЭР-500. При внешнем сходстве одноименных горных пород их отдельные характеристики отличаются. Работа комплекса осложнялась не наблюдавшимся на других карьерах аномальным прилипанием глины к лентам конвейера и роликам. На ленте, после того, как она вышла за пределы разгрузочного барабана, оставалась налипшая глина, по оценкам, временами до 1/4, которая наматывалась на ролики, поддерживающие холостую ветвь ленты конвейера. Ролики не выдерживали нагрузки, выпадали. Проблему решили, заменив ролики с трубчатыми корпусами спиральными вдвое большего диаметра. Из-за прилипания материала происходил сбег ленты в поперечном направлении, что приводило к ее преждевременному износу. Проблема налипания и примерзания породы к конвейерной ленте является вечной и не решена до настоящего времени.

Новая технология позволила Вяземскому карьере в разы снизить затраты на вскрышные работы по сравнению с перевозкой вскрыши автотранспортом. Срок окупаемости капитальных вложений составил один год. Впоследствии, с ростом выпуска продукции, начал работать более мощный комплекс производительностью 1000 м³/ч. К этому времени началось серийное производство таких комплексов.

Опыт Вяземского карьера стал известен, и на новую технологию возник спрос. Поскольку отечественная промышленность не выпускала роторных экскаваторов сравнительно небольшой производительности, пришлось отказаться от поточной технологии и ориентироваться на циклично-поточную технологию с использованием в качестве выемочного оборудования одноковшовых экскаваторов. Были разработаны конструкции комплекса для наиболее распространенной на карьерах отрасли в тот период производительности до 250–300 м³/ч. Такую производительность могли обеспечить одноковшовые экскаваторы с ковшами емкостью 2–4 м³. В этом случае комплект оборудования включал, кроме одноковшового экскаватора и отвалообразователя, бункер-питатель. Проектно-технологическое бюро института ВНИИ-железобетон спро-

ектировало отвалообразователь с трубчато-вантовой стрелой. В качестве базы был выбран ходовой механизм и поворотная платформа экскаватора Э-505. Ориентация на базы существующих экскаваторов предусматривала возможность изготовления оборудования в механических цехах предприятий. Первый отвалообразователь изготовило Икшинское производственное предприятие института. Комплекс начал эксплуатироваться на вскрышных работах карьера Турдейского щебеночного завода системы МПС в Тульской области. Комплекс состоял из бункера-питателя БПП-5/15, линии конвейеров с шириной ленты 1000 мм и отвалообразователя ОГ-30/300 (табл. 1 и 2).

Создание бункера-питателя потребовало выполнения научно-исследовательских работ. Стендовые испытания показали, что при горизонтальном расположении пластинчатого питателя, когда разрабатываются глины, порода налипает на переднюю стенку приемной воронки, из-за чего горная масса не может выгружаться. Удалось установить, что питатель следует располагать с подъемом около 18°. Это позволяет отказаться от передней стенки бункера. Такая конструкция создала возможность равномерной выгрузки горной массы.



Рис. 1. Циклично-поточная технология на карьере № 3 Тучковского комбината строительных материалов, 1960 г. (фото Буткевича Г.Р.)

Труднее решалась проблема рыхления крупных кусков пластичных пород. Работы в этом направлении воплотились в циклично-поточной технологии на Бугураевском карьере в Ростовской обл., разрабатывающим месторождение известняков. Опытно-промышленная линия предназначалась для разработки вскрышных пород, представленных суглинками. Линия включала мехлопату ЭКГ-4,6, самоходный бункер-питатель БПП-300-5/15 (табл. 2, рис. 2), забойный конвейер и опорно-звеньевой отвалообразователь на рельсовом ходу. Технология доказала свою работоспособность даже в зимнее время.

Одним из основных видов минерального сырья для производства НСМ являются пески и песчано-гравийные породы. Количество карьеров, разрабатывающих раздельно-зернистые породы измеряется тысячами. На многих карьерах мира успешно эксплуатировали бункеры-питатели, предназначенные для загрузки экскаваторами с ковшами емкостью до 1–1,5 м³. Производительность возрастала и карьеры начали оснащаться экскаваторами большей мощности. Встала задача создания для них работоспособных бункеров-питателей. Горная масса содержит глыбы породы значительного размера, являющиеся негабаритными для конвейера. При разработке нескальных пород негабаритными являются валуны и крупные куски глины и суглинка. Когда производительность технологической линии была сравнительно небольшой, приемную воронку бункера-питателя перекрывали колосниковой решеткой и по мере накопления на ее



Рис. 2. Разработка вскрышных пород на Бугураевском карьере (фото Буткевича Г.Р.)

поверхности крупных валунов их сбрасывали вручную. Для механизации этого процесса находили различные решения. Например, на одном из зарубежных карьеров крупные куски породы сбрасывало устройство типа отвала бульдозера, перемещавшееся по поверхности решетки. Удачное решение нашел В.П. Булгаков, предложивший конструкцию простого привода для подъема колосниковой решетки (рис. 3).

Результаты исследования параметров бункеров-питателей сводятся к следующим положениям. В соответствии с горно-техническими условиями определяют целесообразность выполнения бункера-питателя самоходным или передвижным; в первом случае выбирают тип ходового механизма. Затем решают, нужно ли снабжать машину разгрузочным конвейером, определяют угол его подъема и наклона в вертикальной и поворота в горизонтальных плоскостях. Возможен вариант устройства с полноповоротным верхним строением. В зависимости от гранулометрического состава горной массы устанавливают необходимость применения колосниковой решетки для сбрасывания негабаритных для конвейера включений и выбирают тип решетки. Рассматривают целесообразность сбрасывать негабаритные включения в одну или две противоположные стороны. Серьезное внимание должно уделяться выбору углов наклона и формы стенок приемной воронки. От правильной оценки свойств пород, главным образом их способности к прилипанию и примерзанию, зависит работоспособность бункера-питателя. При разработке глин и суглинков наилучшие результаты получаются при использовании приемной воронки без передней стенки, т. е. в форме лотка. Для разрушения крупных кусков связанных пород применяется нож, устанавливаемый над питателем.

ВНИПИИстромсырье разработал методику определения оптимальных параметров бункеров-питателей, включая размеры приемной воронки в плане и ее высоту,



Рис. 3. Бункер-питатель конструкции В.П. Булгакова (фото Буткевича Г.Р.)

для мехлопат и драглайнов. В соответствии с положениями теории массового обслуживания внесена определенность в соотношении емкости ковша экскаватора и приемной воронки (1:3). Были разработаны конструкции для перемещения горных пород с различными характеристиками.

Разработанная методика использовалась при разработке конструкции бункера-питателя в соответствии с планом комплексных целевых программ, выполнявшихся в пятилетке 1981–1985 гг. В соответствии с одной из программ, силами института был спроектирован и изготовлен на Икшинском опытно-производственном предприятии института опытный образец. Местом внедрения оборудования, создаваемого по этой программе, было назначено Дагестанское карьероуправление, разрабатывающее месторождение песчано-гравийно-валунных пород, содержащее до 80% валунов. Опытная линия успешно эксплуатировалась. На основании выполненных работ был спроектирован ПО Волгоцеммаш и НПО ВНИИстрой-дормаш и изготовлен Волгоцем-машем опытно-промышленный образец бункера-питателя (табл. 2, рис. 4) [7]. В установленные программой жесткие сроки, в конце 1985 г., бункер-питатель был испытан. Однако серийное производство оборудования не было начато. Вскоре началась перестройка, и намеченная на следующую пятилетку программа внедрения прогрессивных технологий не была реализована из-за отсутствия финансирования.

Другое направление конвейеризации связано с использованием элементов поточной технологии при разработке скальных пород. В этом случае технология включает циклический этап – взрывная подготовка, погрузка и транспортировка горной массы с применением оборудования циклического действия (самосвалами, погрузчиками, колесными скреперами и т. п. оборудованием), и поточный – линию ленточных конвейеров.



Рис. 4. Бункер-питатель на Дагестанском карьероуправлении, 1985 г. (фото Буткевича Г.Р.)



Рис. 5. Самоходный дробильный агрегат на карьере Мраморная скала, США (фото Буткевича Г.Р.)



Рис. 6. Промежуточный склад на карьере Каламбус Лаймстоун, США (фото Буткевича Г.Р.)

Подготовка к транспортировке заключается в выделении из потока негабаритных кусков породы или их дроблении. В настоящее время используются разнообразные технологии, в которых дробление горной массы производится в самоходных агрегатах (рис. 5), полу- и стационарных установках различной производительности.

Горные породы неоднородны. Их характеристики в границах месторождения изменяются в широких пределах. Например, массив карбонатных пород сложен серией пластов, породы части которых имеют низкую прочность. Поэтому для предприятий, производящих щебень, ставилась дополнительная задача: исключить некондиционные включения из потока. Исследования института показали, что основная часть некондиционных включений сосредоточена в мелких фракциях горной массы. На основании этих исследований было принято решение выделять из потока фракцию -40 мм, а при неблагоприятных погодных условиях -70 мм. На Пятовском карьере, добывающим известняк, по инициативе И.Б. Шлаина и Н.Ф. Ладыгина была создана первая в отрасли линия циклично-поточной технологии. Она состояла из роторной дробилки С-790 с размером приемного отверстия 1400 мм, грохота и двух линий конвейеров. Одна линия с шириной ленты 1200 мм длиной 740 м служила для доставки промышленного продукта на ДСЗ. Вторая линия перемещала отходы переработки, состоявшие из мелких фракций горной массы, в отвал, расположенный в выработанном пространстве карьера. Эта линия состояла из трех ставов конвейеров и переносного отвалообразователя; ширина ленты конвейеров 800 мм. Производительность комплекса составляла 490 т/ч. Пятовский карьер стал примером. Такую технологию начали использовать в проектах строительства новых предприятий.

В период перестройки конвейерный транспорт при строительстве

новых карьеров не получил распространения. Однако он остается востребованным в мировой практике. Одна из причин, свойственная именно этому виду карьерного транспорта, - возможность создавать промежуточный склад промпродукта (рис. 6). Назначение такого склада заключается не только в том, чтобы сгладить колебания в поставке горной массы на ДСЗ в период простоев карьера или ДСЗ. Склад позволяет усреднять характеристики качества горной массы. Так, исследования А.З. Черстова показали, что изменение соотношения в песчано-гравийной смеси содержания песка и гравийно-валунных фракций приводит к изменению производительности перерабатывающего комплекса на десятки процентов.

За предыдущие 40–50 лет произошло существенное совершен-

ствование элементов конвейерного транспорта. Это прежде всего коснулось конструкции лент и использования износостойких материалов для обкладок ленты. Ленты из полиуретана отличаются повышенной износостойкостью и меньшей адгезией с глинистыми материалами. Испытывались методы лазерной обработки поверхности лент, что существенно снижало адгезию. К сожалению, исследования были прекращены в 1990 г. и не вышли на промышленное использование.

Тем не менее конвейеризация горных работ на предприятиях НСМ остается перспективным направлением повышения эффективности производства, и работы советских ученых, специалистов ВНИПИИстромсырье не потеряют актуальности еще долгие годы.

Список литературы

1. Буянов Ю.Д. Поточная и циклично-поточная технология на карьерах по добыче нерудных строительных материалов. М.: Стройиздат, 1973. 149 с.
2. Буянов Ю.Д., Буткевич Г.Р., Харо О.Е. Конвейерный транспорт на карьерах нерудных строительных материалов. М.: ВНИИЭСМ, 1970.
3. Буткевич Г.Р. Из истории конвейеризации горных работ // *Строительные материалы*. 2005. № 4. С. 10–11.
4. Pit & Quarry. 2015. June, pp. 56–59.
5. Pit & Quarry. 2015. July, pp. 24–41.
6. Буткевич Г.Р. Самоходные дробильно-грохотильные комплексы. Опыт и перспективы применения // *Строительные материалы*. 2012. № 1. С. 24–27.
7. Бункер-питатель самоходный СМД-159. М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1987.

References

1. Buyanov Yu.D. Potochnaya i tsiklichno-potochnaya tekhnologiya na kar'erakh po dobyche nerudnykh stroitel'nykh materialov [Flow and cyclic-flow technology in the quarries for the extraction of non-metallic building materials]. Moscow: Stroyizdat. 1973. 149 p.
2. Buyanov Yu.D., Butkevich G.R., Kharo O.E. Konveiernyi transport na kar'erakh nerudnykh stroitel'nykh materialov [Conveying the quarries of non-metallic building materials]. Moscow: VNIIESM. 1970.
3. Butkevich G.R. From the history of pipelining mining operations. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2005. No. 4, pp. 10–11. (In Russian).
4. Pit & Quarry. 2015. June, pp. 56–59.
5. Pit & Quarry. 2015. July, pp. 24–41.
6. Butkevich G.R. Self-propelled crushing-riddling complexes. Experience and prospects of application. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 1, pp. 24–27. (In Russian).
4. Bunker-pital' samokhodnyi SMD-159 [Hopper-feeder propelled SMD-159]. Moscow: TsNIITEstroimash. 1987.

А.Ф. БУРЬЯНОВ, д-р техн. наук (rga-service@mail.ru); В.В. КРИВЕНКО, инженер;
А.Д. ЖУКОВ, канд. техн. наук; К.С. МОИСЕЕНКО, канд. техн. наук, М.О. АСАМАТДИНОВ, инженер

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

Имитации мрамора

Имитации мрамора – это материалы, получаемые модификацией воздушных вяжущих (гипса и извести). Развитие технологии модифицированного гипса и извести происходит в направлении достижения конечной прочности изделий, сравнимой с натуральным камнем и повышения их водостойкости. Базой новых методов стали отечественные разработки, основанные на технологии искусственного водостойкого «камня» для фасадных работ. В частности, была создана группа материалов на основе гипса – полимергипсовые отделочные материалы. Эти материалы изготавливаются либо по литьевой, либо по прессовой технологии.

Ключевые слова: мрамор, структура, декоративность, гаж, оселковый мрамор, известь, гипс.

A.F. BUR'YANOV, Doctor of Sciences (Engineering), (rga-servis@mail.ru); V.V. KRIVENKO, Engineer; A.D. ZHUKOV, Candidate of Sciences (Engineering), K.S. MOISEENKO, Candidate of Sciences (Engineering), M.O. ASAMATDINOV, Engineer
Moscow state university of civil engineering (National Research University) (26, Yaroslavl'skoe Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

Marble Imitations

Imitations of marble are materials obtained by the modification of air binders (gypsum and lime). The development of technology of modified gypsum and lime is aimed at achieving the final strength of products comparable with natural stone and at improving their water resistance. Domestic developments on the basis of the technology of artificial water resistant «stone» for façade works became the base of new methods. For example, a group of materials on the basis of gypsum has been created – polymer-gypsum finishing materials. These materials are manufactured either by molding or by press technology.

Keywords: marble, structure, decorativeness, carbonic calcium gypsum, artificial marble, lime, gypsum.

Декоративность мрамора определяется прежде всего четырьмя его свойствами: цветом, рисунком, зернистостью и прозрачностью поверхностного слоя. Именно декоративность, а также высокие (для многих видов) прочностные характеристики материала стали причиной широкого использования в скульптуре, архитектуре и отделке с древнейших времен и до наших дней. К концу XVIII в. доступные месторождения мрамора стали иссякать, что предопределило расширенное использование его ближайших аналогов или материалов-заменителей, и в частности гажи и оселкового мрамора (штюка). Этот материал использовался, как правило, при внутренней отделке «элитных» для того времени помещений [1, 2].

В России техника штюка появилась в XVIII в. благодаря итальянским архитекторам, прежде всего А. Кваренги. С тех пор оселковый мрамор повсеместно используется в интерьерах российских и советских жилых и общественных зданий, при выполнении скульптурных и архитектурных форм.

Русский штюк характеризуют две особенности. Во-первых, он не привязан (за исключением раннего периода) к именам мастеров и, во-вторых, создание скульптурных форм не получило сколько-нибудь видимого развития. В СССР оселковый мрамор был официальным отделочным материалом: на него существовали СНиПы, а в ПТУ готовили штукатуров-мраморщиков. Этот период закончился с момента выхода постановления ЦК КПСС от 04.11.1955 г. «Об устранении излишеств в проектировании и строительстве», где оселковый мрамор был упомянут в числе дорогостоящих отделочных материалов.

Развитие технологий производства строительных материалов в XX в. позволило создать группу отделочных (облицовочных) материалов, по внешним характеристикам близким к природным мраморам или оселковому мрамору [3, 4]. Основой этих материалов стал гипс, модифицированный специальными добавками и содержащий красители, причем изделия формовались при значительных давлениях.

Гипс (от греч. *gypsos* — мел, известь) — минерал, водная сернокислая соль кальция $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Встречается преимущественно в виде сплошных зернистых (алебастр)

и волокнистых (селенит) масс, а также различных кристаллических групп (гипсовые цветы и пр.). Гипс выпадает при относительно небольшой солёности, при ее повышении вместо гипса начинает выпадать безводный сернокислый кальций — ангидрит, а затем соли. Вследствие этого гипс часто встречается совместно с ангидритом, реже с галитом и др. солями. Многие месторождения образовались при гидратации ангидрита. Основные месторождения гипса относятся к осадочному типу и широко распространены в отложениях различного возраста.

Гипсовое вяжущее можно получить из природного двухводного гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), называемого гипсовым камнем, природного ангидрида CaSO_4 и некоторых отходов промышленности (фосфогипса, сульфата кальция, образующегося при химической очистке дымовых газов от оксидов серы с использованием известняка). Известны также технологии получения термических ангидритов из двухводного гипса [5, 6]. В зависимости от температуры тепловой обработки сырья гипсовые вяжущие разделяют на две группы: низкообжиговые (до 250°C) и высокообжиговые — свыше 450°C. К низкообжиговым гипсовым вяжущим относятся строительный, высокопрочный и формовочный гипс.

Изделия из гипса, изготовленные стандартными методами, неводостойки: коэффициент размягчения колеблется в пределах 0,3–0,45 и зависит в основном от плотности изделий, обуславливающей пористость. Водостойкость и прочность связываются коэффициентом размягчения, равному отношению прочности образца в водонасыщенном и высушенном состоянии.

При обычном водогипсовом отношении 0,6–0,7 пористость составляет 45–55 % по объему. Поры большого (до 5 мм) размера сообщаются друг с другом, что обеспечивает быстрое поглощение влаги. Вода, удерживаемая физико-механическими силами, состоит из капиллярной и поровой влаги, а также адсорбционных пленок воды. Эту влагу можно удалить при небольших энергозатратах в процессе сушки при 60°C. Отчетливое повышение прочности наблюдается при влажности 2–3% по массе, а изделия с влажностью 1% в два-три

Таблица 1

В/Г	Средняя плотность, кг/м ³	Объем твердой фазы, V _т , м ³	Объем жидкой фазы V _ж , м ³	Размер грани, в, мкм	Площадь грани, в ² , мкм ²	Прирост объема твердой фазы, ΔV, м ³	Количество контактов, ΔN
0,8	1000	0,34	0,66	0,684	0,468	0,108	1,45
0,41	1500	0,48	0,52	0,785	0,615	0,162	2,43
0,32	1700	0,54	0,46	0,814	0,663	0,182	2,95
0,26	1850	0,59	0,41	0,85	0,704	0,199	3,5
0,23	1950	0,62	0,38	0,855	0,728	0,209	3,9
0,19	2100	0,67	0,32	0,875	0,766	0,226	4,72
0,15	2350	0,74	0,26	0,905	0,819	0,249	6,4

раза увеличивают прочность при сжатии в сравнении с влажными образцами. При низкой влажности намокание изделий имеет критическое значение: при влажности 1% по массе увеличение ее на 0,1% приводит к снижению прочности искусственного камня на 8%.

Однако уже в Древнем мире гипс умели делать прочным. Технологию прочных гипсовых полов стартует с VII в. до н. э. (раскопки в Израиле южнее озера Тибериас). При раскопках катакомб Парижа часто обнаруживают искусно выполненные высокопрочные саркофаги из гипса, наиболее древние из которых датируются эпохой Меровингов (VI в.). В Саксен-Анхальте обнаружены остатки полов XI в., прочность которых сравнима с бетоном. Для их изготовления использовали вяжущее очень тонкого помола, а водогипсовое отношение было не более 0,4, что позволило уменьшить пористость и увеличить плотность примерно до 2 г/см³. Другим секретом этих полов является использование наполнителя из гипсового камня, измельченного до круглых зерен, не заостренных и не пластинчатых.

С физической точки зрения прочность пространственных структур равна произведению числа контактов между частицами (N) на прочность каждого контакта (Pк):

$$P = N \cdot P_k$$

С практической точки зрения это означает, что чем больше кристаллов гипса образуется во время твердения (табл. 1), чем мельче они будут, чем плотнее будут контактировать, тем больше будет число контактов и, как следствие, тем выше будет конечная прочность.

Довольно наглядно это можно наблюдать на примере регенерации кристаллической структуры природного гипсового камня. При обжиге природного гипсового камня с образованием β-полугидрата и последующей его гидратацией происходит перекристаллизация, сопровождающаяся увеличением прочности в сравнении с исходным природным камнем. Это является следствием уменьшения размеров кристаллов и формирования новой пространственной структуры, в которой площадь кристаллизационных контактов больше, чем в природном камне.

$$\Delta V = 0,337 V_T; N = \frac{\Delta V}{b^2((1-b)/2)}$$

Низкая прочность искусственного камня — это следствие добавления большого количества воды, что приводит к большой пористости и неразвитой системе кристаллических контактов. При уменьшении воды затворения получается более прочный камень: плотный, сложенный из мелких кристаллов, с развитой площадью кристаллических контактов (табл. 1).

Однако снижение водогипсового отношения, уменьшение пористости и способствование увеличению межкристаллизационных контактов приводят также к увеличению объемного расширения твердой фазы искусственного камня, повышению внутрикристаллического давления и, как следствие, к микрорастрескиванию материала и снижению его прочности.

Величина кристаллизационного давления, возникающего в результате объемного расширения простран-

ственной структуры искусственного камня, в интервале плотности 1100–1900 г/см³ составляет 0,25–2,18 МПа. Это приводит к растрескиванию и снижению прочности до 49%. Для ликвидации объемного расширения нужно прилагать соответствующее усилие, равное внутрикристаллическому, либо проводить твердение в замкнутом объеме (табл. 2).

В последнем случае компенсация кристаллического давления происходит за счет прорастания кристаллов внутрь порового пространства. В таком сценарии критическим параметром прочности становится плотность искусственного камня. При увеличении плотности выше оптимальной происходит падение прочности. При достижении плотности 2460 г/см³ объем порового пространства критически уменьшается, гидратация достигает значения 52% и ее продолжение может происходить только при увеличении объема системы (табл. 3).

Исторически улучшение качества оселкового мрамора прошло несколько этапов. *Первый этап* был связан с разработкой и применением в архитектуре гипсовых вяжущих все более и более высокой сортности. Сравнение характеристик образцов оселкового мрамора домов Петербурга XVIII и XIX вв. показало постоянное увеличение прочностных характеристик [7, 8]. Это закономерное следствие развития технологии производства гипсового вяжущего, в частности применения термических ангидридов гипса типа белого цемента Кина [5]. Искусственный мрамор из гипсового вяжущего, изготовленный по классическим технологиям, обладает прочностью 1,2–1,6 МПа и средней плотностью 1100–1300 кг/м³.

М.П. Элинзон, получив задание разработать искусственный мрамор для отделки Дворца Советов, начал работу именно с создания технологии получения термического ангидрита — высокопрочного гипса ЛОР [1, 6]. В классической технологии возникала необходимость многоэтапной обработки. Технология изготовления искусственного мрамора состояла из следующих основных операций: очистка и промывка водой облицовываемой поверхности; нанесение грунта; накладывание на высохший грунт лицевого слоя гипсового оселкового мрамора; обработка для придания декоративности.

Этап, связанный с применением высокопрочных гипсов в виде ангидридов, продолжался до 70-х гг. XX в. В настоящее время α-полугидрат является основным в декоративно-прикладных работах.

Второй этап, решивший более сложную проблему, состоял в том, что изменилась композиция воды затворения вяжущего, которая была крайне не технологична. Получающийся камень был низкой прочности (из-за добавки замедлителя — мездрового клея и высокого водогипсового отношения), трескался, деформировался, с трудом поддавался обработке [9, 10]. Основы революционных изменений в этом направлении возникли при возрастающем использовании гипса в строительстве: возникла целая индустрия добавок в сухие смеси и воду затворения, которые делают гипсовое тесто предсказуемым и послушным, а изделия прочными. Этот этап на-

Таблица 2

Давление обжатия, МПа	Время выдержки в пресс-форме, мин							
	0		15		30		45	
	Прочность при сжатии, МПа							
	после расформовки	сухих	после расформовки	сухих	после расформовки	сухих	после расформовки	сухих
15	2,2	3,2	5,8	50	8,9	56	11,8	63
20	2,5	40	9	60	14	70	17,3	75
40	4,6	52	13	70	18,5	80	24	86

чался в 50-х гг. XX в. и продолжается до наших дней. Конечной целью этих разработок является получение гипсовых изделий повышенной прочности и эксплуатационных характеристик путем введения в систему принципиально новых замедлителей, пластификаторов, гидрофобизаторов, а также увеличения плотности материала с помощью различных механических приемов.

Таким образом, имеется возможность получать из гипсового вяжущего изделия, по физико-механическим характеристикам (прочности и водостойкости) превышающие природный гипсовый камень, и сопоставимые с камнями средней прочности, прежде всего с мрамором. Низкая же прочность декоративных изделий из гипса объясняется механическим перемещением строительных

Таблица 3

Средняя плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа	Степень гидратации вяжущего, %
1900	68,5	98,6
2020	82,3	99,2
2250	120	96,4
2460	102,8	81,9

приемов составления гипсового теста в область декоративно-прикладного искусства. При таком подходе задачи производства решаются только частично: изделия остаются непрочными.

Список литературы

- Кривенко В.В., Овчинский Д.В., Вайнштейн М.М., Бурьянов А.Ф., Гончаров Ю.А. Оселковый мрамор: древние традиции и современные технологии // *Строительные материалы*. 2008. № 8. С. 16–18.
- Бурьянов А.Ф., Кривенко В.В., Жуков А.Д. Мраморный мир // *Технологии интеллектуального строительства*. 2014. № 4. С. 54–59.
- Орешкин Д.В., Семенов В.С. Современные материалы и системы в строительстве – перспективное направление обучения студентов строительных специальностей // *Строительные материалы*. 2014. № 7. С. 92–94.
- Жуков А.Д., Коровяков В.Ф., Наумова Т.А., Асаматдинов М.О. Штукатурные смеси на основе глиногипса // *Научное обозрение*. 2015. № 10. С. 98–101.
- Коровяков В.Ф. Перспективы применения водостойких гипсовых вяжущих в современном строительстве // *Материалы Всероссийского семинара «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий»*. Москва. 2002. С. 51–56.
- Румянцев Б.М., Жуков А.Д. Принципы создания новых строительных материалов // *Интернет-Вестник ВолгГАСУ. Серия Политематическая*. 2012. Вып. 3. [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/RumyantsevZhukov-2012_3\(23\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/RumyantsevZhukov-2012_3(23).pdf). (дата обращения 06.04.2016).
- Соков В.Н., Бегляров А.Э., Жабин Д.В., Землянущнов Д.Ю. О возможностях создания эффективных теплоизоляционных материалов методом комплексного воздействия на активные подвижные массы гидротеплосилового поля // *Промышленное и гражданское строительство*. 2012. № 9. С. 17–19.
- Бессонов И.В. Гипсовые материалы нового поколения для отделки фасадов зданий // *Материалы Всероссийского семинара «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий»*. М.: РААСН. 2002. С. 82–87.
- Жуков А.Д., Орлова А.М., Наумова Т.А., Никушкина Т.П., Майорова А.А. Экологические аспекты формирования изоляционной оболочки зданий // *Научное обозрение*. 2015. № 7. С. 209–212.
- Бурьянов А.Ф., Кривенко В.В., Жуков А.Д. Физико-химическая природа декоративности мрамора // *Строительные материалы*. 2015. № 11. С. 78–81.

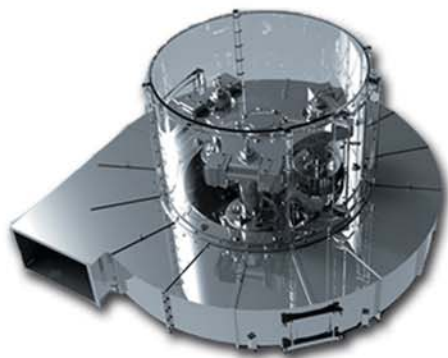
References

- Krivenko V.V., Ovchinskii D.V., Vainshtein M.M., Bur'yanov A.F., Goncharov Yu.A. Physical-Chemical Nature of Marble Decorativeness. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2008. No. 8, pp. 16–18. (In Russian).
- Bur'yanov A.F., Krivenko V.V., Zhukov A.D. Marble world. *Tekhnologii intellektual'nogo stroitel'stva*. 2014. No. 4, pp. 54–59. (In Russian).
- Oreshkin D.V., Semenov V.S. Modern Materials And Sitems In The Construction Are Perspective Direction Of Teaching Of Construction Specialties. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 7, pp. 92–94. (In Russian).
- Zhukov A.D., Korovyakov V.F., Naumova T.A., Asamatdinov M.O. Plaster mixes on the basis of clay gypsum. *Nauchnoe obozrenie*. 2015. No. 10, pp. 98–101. (In Russian).
- Korovyakov V.F. Prospects of application waterproof plaster knitting in modern construction. *Materials of the All-Russian seminar "Increase of production efficiency and use of plaster materials and products"*. Moscow. 2002, pp. 51–56. (In Russian).
- Rumyantsev B.M., Zhukov A.D. Principles of creation of new construction materials. *Internet-Vestnik VolgGASU. Seriya Politematicheskaya*. Iss. 3. [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/RumyantsevZhukov-2012_3\(23\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/RumyantsevZhukov-2012_3(23).pdf). (date of access 06.04.2016). (In Russian).
- Sokov V.N., Beglyarov A.E., Zhabin D.V., Zemlyanushnov D.Yu. About opportunities of creation of effective heat-insulating materials by method of complex impact on active mobile masses hydroheatforce field. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2012. No. 9, pp. 17–19. (In Russian).
- Bessonov I.V. Plaster materials of new generation for finishing of facades of buildings. *Materials of the All-Russian seminar "Increase of production efficiency and use of plaster materials and products"*. Moscow: RAASN. 2002, pp. 82–87. (In Russian).
- Zhukov A.D., Orlova A.M., Naumova T.A., Nikushkina T.P., Maiorova A.A. Ecological aspects of formation of an insulating cover of buildings. *Nauchnoe obozrenie*. 2015. No. 7, pp. 209–212. (In Russian).
- Bur'yanov A.F., Krivenko V.V., Zhukov A.D. Physical-Chemical Nature of Marble Decorativeness. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 11, pp. 78–81. (In Russian).



POITTEMILL

Метод сухой массоподготовки от компании POITTEMILL



Улучшение качества Вашей продукции и увеличение Вашей прибыли с помощью сухого тонкого помола глины при помощи роликовой мельницы POITTEMILL

- Гранулометрия (от 50 до 500µм)
- Подсушка сырья с природной влажностью 30% до 2%
- Точность параметров и постоянство гранулометрии, электронная настройка
- Полное устранение всех загрязняющих включений (карбонаты, пириты и т.д.)
- Компактная установка, занимает мало площади, может быть установлена на карьере и загружать молотую глину в биг-бэги и цементовозы
- Одна установка для достижения высокой эффективности производства
- Низкие эксплуатационные расходы

ОДНО РЕШЕНИЕ - ТРИ ПРЕИМУЩЕСТВА

изделия высочайшего качества

БОЛЕЕ ЛЕГКИЕ ИЗДЕЛИЯ при УВЕЛИЧЕНИИ ДРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК
с идентичными механическими характеристиками, более тонкие фасадные клинкерные плитки, более тонкие внутренние стенки блока.
ИДЕАЛЬНО РОВНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ готовых изделий

ПОЛНОЕ УСТРАНЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ в ГЛИНЕ

в готовых изделиях: ракушечника, карбоната кальция и т.д. Полное устранение отстрелов во время обжига благодаря тонкому помолу

УДВОЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ и ЦИКЛОВ МОРОЗОСТОЙКОСТИ

Убирает внутренние микротрещины, образующиеся из-за разных скоростей усадок глин в смеси, увеличивает морозостойкость в 2 раза из-за высокой плотности при обычной T° обжига

экономия энергии

СУШКА И ОБЖИГ

более быстрая сушка и обжиг из-за более легких и тонких изделий, слабая усадка и низкое влагопоглощение <2% при обычных T° обжига получаем клинкер лицевой или клинкерную плитку

РЕКУПЕРАЦИЯ ТЕПЛА ПЕЧИ

использование дополнительного источника тепла в маятниковой мельнице в целях снижения себестоимости сушильного процесса

НИЗКОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ

по сравнению с линией каскада классических вальцев (при одинаковом размере частиц)

Финансовая выгода

КОМПАКТНАЯ УСТАНОВКА

Меньше расходов на строительство здания для отделения массоподготовки, может работать на карьере

НИЗКИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСХОДЫ

техническое обслуживание ограничивается низким уровнем износа деталей помола (срок эксплуатации 1 год без замены и без отсановок производства для проточки валков, в зависимости от абразивности глины)

УМЕНЬШЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ДОБАВОК

эффективность добавок достигается благодаря идеальной смеси, полученной при помоле в маятниковой мельнице

ГЛИНА- КОНЕЧНЫЙ ПРОДУКТ для ПРОДАЖИ НА РЫНКЕ

Тонко перемолотая сухая глина – отличный продукт для реализации на рынке



Мы будем участвовать в конференции КЕРАМТЭКС

1-2 июня 2016 Челябинск
Гранд Отель «ВИДГОФ»



Россия, 123182 Москва,
ул. Маршала Василевского дом 13 корп.3 офис 1
тел: +7 499 136 28 34
www.poittemill.ru

Два сильных партнера в
технологии керамической
промышленности!



Вакуумные агрегаты Futura II
в комплекте с головкой пресса и мундштуком

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

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