

Учредитель журнала:
ООО Рекламно-издательская
фирма «Стройматериалы»

Журнал зарегистрирован
Министерством РФ по делам
печати, телерадиовещания
и средств массовой информации
ПИ №77-1989

Главный редактор
ЮМАШЕВА Е. И.

Редакционный совет:
РЕСИН В. И.

(председатель)
БАРИНОВА Л. С.
БУТКЕВИЧ Г. Р.
ВАЙСБЕРГ Л. А.
ВЕРЕЩАГИН В. И.
ГОНЧАРОВ Ю. А.
ГОРИН В. М.
ЖУРАВЛЕВ А. А.
КОЗИНА В. Л.
КРАСОВИЦКИЙ Ю. В.
КРИВЕНКО П. В.
ЛЕСОВИК В. С.
ОРЕШКИН Д. В.
ПИЧУГИН А. П.
ФЕДОСОВ С. В.
ФИЛИППОВ Е. В.
ХЕЛМИ Ш.
ХИХЛУХА Л. В.
ЧЕРНЫШОВ Е. М.
ШЛЕГЕЛЬ И. Ф.
ШТАКЕЛЬБЕРГ Д. И.

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

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

Керамические строительные материалы

Г.Я. ДУДЕНКОВА

Введение в действие ГОСТ 530–2012 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия» 4

Показано, что новая редакция ГОСТ 530–2012 существенно отличается от предыдущей 2008 г. Обоснованы основные нововведения, касающиеся качественных показателей и методов испытания керамической продукции. Сделан вывод, что разработка отдельного стандарта на метод определения расчетных значений теплотехнических характеристик керамических стеновых материалов остается актуальной.

В.С. СЕМЕНОВ, Т.А. РОЗОВСКАЯ

Оценка качества стеновых керамических материалов по российским и европейским стандартам 8

Рассмотрены основные технические требования, предъявляемые к стеновым керамическим материалам российскими (ГОСТ) и европейскими (EN) нормативными документами, проведен их сравнительный анализ. Показаны сходства и различия в нормировании показателей качества стеновой керамики в соответствии с российскими и европейскими стандартами.

Д.В. КРОЛЕВЕЦКИЙ

Расширение ассортимента сырьевых материалов компании СИБЕЛКО для керамического кирпича (Информация) 10

В.И. РЕЗНИК

Особенности использования беложгущихся глин в производстве кирпича: опыт Центра качества керамики ПГ «Кислотоупор» (Информация) 12

В. ГРУБАЧИЧ

Крупный инвестиционный проект ГК «МонАрх» – Жельский кирпичный завод (Информация) 17

А.В. ГАВРИЛОВ, Г.И. ГРИНФЕЛЬД

Краткий обзор истории, состояния и перспектив рынка клинкерного кирпича в России 20

Представлена этимология слова klinker (клинкер). Показано, что исторически клинкерный кирпич появился фактически как брак (пережог) при производстве обычного керамического кирпича, однако быстро нашел применение в строительстве ответственных сооружений, работающих в агрессивных средах, и для мощения дорог. Со временем в Европе его стали производить специально. В Советском Союзе клинкерный кирпич как отдельный вид строительных материалов для гражданского строительства не производился. Приведены данные о состоянии российского рынка клинкерного кирпича в настоящее время. Даны характеристики и области рационального применения клинкерного кирпича в России. Сделан вывод, что запуск линии по производству клинкерного кирпича в составе Никольского кирпичного завода Группы ЛСР с установленной мощностью, сопоставимой со всем объемом потребления клинкерного кирпича в России, существенно отразится на структуре рынка, поскольку обладает большим потенциалом к замещению импорта.

К 60-летию Анатолия Николаевича Ливады (Юбиляры отрасли) 23

А.А. МИНДУБАЕВ, М.Г. ГАБИДУЛЛИН, Р.З. РАХИМОВ, Р.М. ГИЛЬФАНОВ

Моделирование и оптимизация составов клинкерного кирпича на основе модифицированной легкоплавкой глины 26

Представлены результаты исследований по моделированию и оптимизации составов клинкерного кирпича по показателю его прочности, усадки, плотности, водопоглощения, условной цены шихты с помощью планируемого эксперимента, в котором варьировались процент содержания глин, вулканической добавки и температуры обжига. Определены технологические параметры для производства клинкерного кирпича с минимальными расходами на сырьевые материалы.

Гранулированное пеностекло – перспективы развития (Информация) 30

Saraccoli aral вальцы супертонкого помола. LF – серия машин (Информация) ... 34

Концепция устойчивого строительства e4 от компании Wienerberger (Информация) 36

Cismac: надежный партнер (Информация) 39

Г.Д. АШМАРИН, В.Г. ЛАСТОЧКИН, В.И. СИНЯНСКИЙ, В.В. ИЛЮХИН, В.В. КУРНОСОВ

Сокращение цикла термической обработки в технологии керамического кирпича компрессионного формования 42

Показано, что истощение традиционной сырьевой базы производства керамических стеновых материалов обуславливает вовлечение в производство кремнистых пород и широкого спектра техногенных отходов. Для переработки сырьевых композиций на основе кремнистых пород и различных отходов наиболее эффективна технология компрессионного формования, обеспечивающая высокое качество изделий. Представлен новый запатентованный тепловой агрегат – комбинированная сушилка-печь, позволяющая сократить расход топливных ресурсов на 25–30%, т. е. на 30–40 кг усл. топлива на 1 т изделий.

В.Д. КОТЛЯР, А.В. УСТИНОВ, В.Ю. КОВАЛЁВ, Ю.В. ТЕРЁХИНА, А.В. КОТЛЯР

Керамические камни компрессионного формования на основе опок и отходов углеобогащения 44

Представлены результаты исследований по получению керамических камней высокой эффективности на основе карбонатных опок и отходов углеобогащения. Приведены свойства данных материалов. Показаны свойства изделий в зависимости от соотношения компонентов и температуры обжига. Определены основные технологические закономерности.

А.Ю. СТОЛБОУШКИН, А.И. ИВАНОВ, А.А. ПЕРМЯКОВ, С.В. ДРУЖИНИН

A.YU. STOLBOUSHKIN, A.I. IVANOV, A.A. PERMYAKOV, S.V. DRUZHININ

**Петрографические исследования структуры керамического кирпича из отходов Коркинского угольного разреза
Petrographic study of the ceramic brick structure produced from the waste of korkinskiy coal open pit mine 49**

Приведены результаты комплексных петрографических исследований структуры керамического кирпича на основе отходов угледобычи, включающие изучение шлифов под поляризационным микроскопом, рентгенографический анализ, РЭМ и ИК-спектроскопию. Установлено, что высокие физико-механические свойства кирпича достигнуты за счет матричной структуры черепка, интенсивного образования стеклофазы на границе раздела сред керамического композита и снижения температуры процессов твердофазного спекания материала.

The complex petrographic research results of ceramic brick structure produced from the waste of coal mining, including study microsection on the polarizing microscope, X-ray analysis, SEM and ir-spectroscopy are provided. It is stated that the high physical-mechanical brick properties obtained due to the crock matrix structure, intensive formation of glass phase on the ceramic composite interphase boundary and temperature reduction of the process of material solid-phase sintering.

Австрийская компания PR Ceramic Engineering ведет кирпичные заводы успешным курсом (Информация) 55

Выставка YugBuild-2013 (Информация) 56

Г.И. СТОРОЖЕНКО, А.Ю. СТОЛБОУШКИН, М.П. МИШИН

G.I. STOROZHENKO, A.YU. STOLBOUSHKIN, M.P. MISHIN

**Перспективы отечественного производства керамического кирпича на основе отходов углеобогащения
Prospects of domestic production of ceramic brick on the base of coal washing waste 57**

Рассмотрен опыт работы кирпичного завода, где в качестве основного сырья использовались отходы обогащения угля Абашевской ЦОФ. Завод был остановлен по причине нестабильного вещественного состава отходов и морального старения технологических решений. Авторами предложена новая технология производства керамического кирпича на основе отходов, которая прошла промышленные испытания.

The experience of a brick factory, where the waste of coal enrichment from Abashevskaya CEF was used as the main raw material, is considered. The plant's work was stopped because of unstable material composition of the waste and moral ageing of technological solutions. The authors proposed a new technology of ceramic brick production on the basis of waste, which have passed the industrial tests.

Г.И. ЯКОВЛЕВ, М.С. ПОЛЯНСКИХ (МАЕВА), Р. МАЧЮЛАЙТИС, Я. КЕРЕНЕ,
Ю. МАЛАЙШКЕНЕ, О. КИЗИНЕВИЧ, А.В. ШАЙБАДУЛЛИНА, А.Ф. ГОРДИНА

Наномодифицирование керамических материалов строительного назначения 62

Исследовано влияние модифицирующей добавки многослойных углеродных нанотрубок на структуру и свойства строительной керамики. Установлено структурирующее влияние модифицирующей добавки на керамический сырец и обожженный продукт. Введение многослойных углеродных нанотрубок позволило повысить прочность высушенного сырца и обожженного керамического изделия, при этом достигнуто снижение температуры обжига керамики.

В.А. КЛЕВАКИН, Е.В. КЛЕВАКИНА

Инновационный способ кладки из керамического камня (Информация) 65

Ю.Т. ПЛАТОВ, Р.А. ПЛАТОВА

Инструментальная спецификация цветовых характеристик строительных материалов 66

В обзоре приведены основные термины и определения колориметрии, стандартные колориметрические системы и пространства, формулы цветового различия, основные колористические характеристики материалов, а также основные принципы приборной спецификации цвета и области ее применения для строительных материалов.

В.Г. ПЕТРЯКОВ

Энтропия в квалиметрии эксплуатационных свойств строительной керамики 73

Отмечается, что наиболее рациональным в квалиметрии эксплуатационных свойств продукции является алгоритм энтропийной функции оценки качества, поскольку наилучшее упорядочение эксплуатационных свойств, их равновесное состояние достигается при максимизации энтропии. На основе алгоритма энтропийной функции выполнено сравнение альтернативных вариантов эксплуатационных свойств керамического кирпича. Определено, что керамический кирпич, модифицированный суперпластификатором МБ-1 обладает совокупностью лучших эксплуатационных свойств, равно как и лучшим качеством.

Ячеистый бетон: наука и практика

Б.Н. ЗАТОНСКИЙ, В.И. ЖАГЛИН, А.М. ШАДСКИЙ, Г.А. АРЦЫБАШЕВ

Еще один современный цех по производству автоклавного ячеистого бетона 75

Описано создание цеха по производству блоков из ячеистого бетона автоклавного твердения по современной технологии на отечественном оборудовании и его отличительные особенности.

С.Б. БЕЛАНОВИЧ, Н.П. САЖНЕВ, С.Л. ГАЛКИН

Армированные ячеисто-бетонные изделия 77

Для снижения трудоемкости строительства и увеличения теплозащиты стен зданий ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» и ОАО «Смаргоньсиликатобетон» развернуты работы по освоению производства сборного железобетонного каркаса армированных изделий из автоклавного газобетона, в том числе и крупноразмерных ячеисто-бетонных панелей. Приведена технология производства крупноразмерных армированных элементов для изготовления панелей.

К. БОНЕМЕН, Г.В. РОМАНОВА

Wehrhahn делает ставку на эффективное ресурсосбережение: технологии и оборудование для производства силикатных строительных материалов (Информация) 83

Надежное оборудование WKB – высокое качество Вашей продукции (Информация) 86

А.А. БЕДАРЕВ, Е.И. ШМИТЬКО

Оптимизация структуры газосиликата с применением мультипараметрической модели 89

На основе экспериментальных исследований и теоретических данных разработана мультипараметрическая модель влияния технологических факторов на формирование структуры ячеистого бетона. Показана эффективность ее применения на примере оптимизации по критерию прочности.

С.Б. ПРОХОРОВ

Перспективы развития и особенности использования российских специализированных алюминиевых газообразователей 94

П.В. СМЕРНОВА, Л.В. МОРГУН, В.Н. МОРГУН

Теоретическое и экспериментальное обоснование возможности управления величиной усадочных деформаций в пенобетонах неавтоклавного твердения 96

Теоретически обосновано и экспериментально подтверждено, что величина усадочной деформативности пенобетонов регулируется скоростью массопереноса дисперсных частиц в период формирования кластерных агрегатов в структуре межпоровых перегородок.

Форум «Дни КНАУФ» – первый успех в России (Информация) 98

А.В. ВАСИЛЬЕВ, М.В. ЖУКОВСКИЙ, А.Д. ОНИЩЕНКО, А.А. ВИШНЕВСКИЙ

Строительные материалы как источник радона в зданиях, построенных по современным технологиям 104

Проведен анализ механизмов поступления радона в помещение. Установлен доминирующий механизм поступления радона в зданиях, построенных по современным технологиям. Проведен анализ радиационных характеристик строительных материалов. Выполнено математическое моделирование процессов поступления и накопления радона в помещении с учетом реальных характеристик. Проведены натурные измерения объемной активности радона в модельных зданиях при различных условиях эксплуатации и обследования на содержание радона в эксплуатируемых помещениях.

90 лет Марку Львовичу Нисневичу (Юбиляры отрасли) 108

Материалы и конструкции

А.А. ЛУКАШ, Е.С. ГРИШИНА

Дома из оцилиндрованных бревен: перспективы производства, недостатки и пути их устранения 109

В статье представлены достоинства и недостатки конструкций, используемых в малоэтажном домостроении, и предложены пути совершенствования производства деревянных домов.

А.Д. ЛОМАКИН

Защита клееных деревянных конструкций в заводских условиях 111

Описаны технологические операции по подготовке обрабатываемых поверхностей и нанесению защитных составов на клееные деревянные элементы. Отражены особенности защиты боковых поверхностей, торцов и верхних граней элементов. Приведены составы для защитной обработки и рекомендации по их применению.

Результаты научных исследований

А.Г. ПЕРЕХОЖЕНЦЕВ

Моделирование температурно-влажностных процессов в пористых строительных материалах. Часть 5. Определение коэффициентов влагонепроводности при совместном переносе жидкой и парообразной влаги по характеристикам их пористой структуры 116

Рассматривается методика расчета коэффициентов влагонепроводности при совместном переносе парообразной и жидкой влаги в пористых материалах по характеристикам их пористой структуры.

Новости 118

Г.Я. ДУДЕНКОВА, канд. техн. наук, директор ООО «ВНИИСТРОМ «Научный центр керамики», президент Ассоциации производителей керамических материалов (Москва)

Введение в действие ГОСТ 530–2012 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия»

С началом социально-экономических преобразований в России в 1990-х гг. началось стремительное старение нормативно-технической базы в промышленности строительных материалов. Это было обусловлено рядом причин, главные из которых – практическое прекращение работы по актуализации нормативно-технических документов, а также развитие промышленности строительных материалов в основном за счет модернизации и строительства новых предприятий на базе зарубежного технологического оборудования. В подотрасли штучных стеновых материалов существенное влияние на увеличение разрыва между требованиями устаревших стандартов и реальными свойствами расширяющегося ассортимента продукции сыграло резкое ужесточение требований к теплозащите ограждающих конструкций в 1995 г.

1 марта 2008 г. был введен в действие новый стандарт ГОСТ 530–2007 «Кирпич и камни керамические. Общие технические условия», который качественно отличался от редакции 1995 г., в первую очередь тем, что объединил в одном документе требования к лицевой и рядовой продукции [1].

В соответствии со ст. 16.1 ФЗ «О техническом регулировании» стандарты, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента, подлежат пересмотру (или) актуализации не реже чем один раз в пять лет. В области строительства таким законом является технический регламент «О безопасности зданий и сооружений». Особенностью строительных материалов и изделий является то, что они не являются конечной продукцией, предназначенной для потребителя, а проявляют свои свойства в зданиях и сооружениях, причем керамические материалы были и остаются в ряду основных материалов для возведения стен как наиболее долговечные, огнестойкие и эффективные, обеспечивающие надежность конструкций и комфортность проживания. Новая редакция стандарта ГОСТ 530–2012 разработана в соответствии с основными целями стандартизации, направленными на обеспечение конкурентоспособности и качества продукции, единства измерений по принципу максимального учета при разработке стандарта законных интересов различных сторон.

В последние пять лет произошло существенное развитие отрасли керамических стеновых материалов: построены и введены в эксплуатацию ООО «Кирпичный завод БРАЕР», ООО «Верхневолжский кирпичный завод», ООО «Тербунский гончар», технологические линии группы Тегех, ООО «Рябовский керамический завод», ООО «Гжельский кирпичный завод» и др. На них установлены автоматизированные линии европейского производства, внедрены современные технологии, позволяющие выпускать качественно новые виды продукции: клинкерные стеновые изделия, применяемые для

незащищенной кладки и одновременной облицовки стен в агрессивной среде (фундаменты, цоколи, подвалы, канализационные каналы и т. д.); теплоизоляционно-конструкционные керамические камни различных форматов, применение которых в сплошных кирпичных стенах удовлетворяет требованиям к повышенной теплозащите ограждающих конструкций при обеспечении механической, пожарной и экологической безопасности.

Основной задачей, решаемой при очередной актуализации стандарта ГОСТ 530, было установление технических требований к современной номенклатуре стеновых керамических материалов при адаптации и согласовании принципов и методик испытаний, принятых в зарубежных нормах, в первую очередь европейских.

Впервые в стандарт включены технические требования, правила приемки и методы испытаний клинкерного стенового кирпича, отличительными свойствами которого являются высокая механическая прочность (кирпич должен иметь марку по прочности не ниже М300), низкое водопоглощение (не более 6%), долговечность (марка по морозостойкости F75 и более), стойкость к агрессивным внешним воздействиям (кислотостойкость не менее 95%).

Как многие новые для российского рынка виды строительной продукции, клинкерный кирпич вначале полностью завозили из-за рубежа. После того как была доказана эффективность применения клинкерных керамических стеновых изделий и клинкерный кирпич занял определенный сегмент рынка, в основном при строительстве элитных коттеджей, российские предприятия начали производство клинкерной продукции.

Следующим шагом по продвижению клинкерной продукции на рынке является разработка норм проектирования сплошных кирпичных стен и многослойных стен с применением в качестве лицевого слоя кладки из клинкерного кирпича, а в качестве тела кладки – крупноформатных поризованных керамических камней. Такие кирпичные стены создают настолько комфортную среду обитания, что проектные решения с применением керамических стеновых материалов в перспективе планируется использовать в строительстве жилья в самых масштабных и амбициозных проектах, к которым можно отнести и планы по застройке территории Новой Москвы, другим развивающимся территориям.

Увеличение объема производства камней различных форматов и номенклатуры, появление на рынке камней с повышенными теплозащитными свойствами, включая камни со шлифованной опорной поверхностью, потребовало в ГОСТ 530–2012:

- введения класса средней плотности 0,7;
- регламентации номинальных размеров толщины нешлифованных и шлифованных камней (толщина изделий должна быть кратна толщине кирпича плюс 12 мм постельный шов);

- введения понятий рабочего размера (ширина) камня — размер изделия между гладкими вертикальными гранями (без выступов для пазогребневого соединения), формирующий толщину стены при кладке в один камень, и нерабочего размера (длина) камня — размер изделия между вертикальными гранями с выступами для пазогребневого соединения, формирующий при кладке длину стены;
- изменения допустимой толщины наружных стенок камня не менее 8 мм. Размеры и число выступов пазогребневого соединения не регламентируют.

Актуализированная редакция СНиП П-22-11 «Каменные и армокаменные конструкции» (СП 15.13330.2010) регламентирует применение кирпича пустотностью до 13% как полнотелого, поэтому *в новой редакции стандарта ГОСТ 530-2012 к полнотелому кирпичу относится кирпич, в котором отсутствуют пустоты, и кирпич с пустотностью 13%*. Поскольку полнотелый кирпич по теплотехническим свойствам является малоэффективным, размер пустот изделий с технологическими пустотами не регламентируют.

Расширение сырьевой базы для производства лицевого керамического кирпича разнообразной цветовой гаммы, возможность получения рельефной лицевой поверхности способом рустикации сделало реальным создание архитекторами выразительных фасадных решений. ГОСТ 530 не регламентирует цвет и вид лицевых граней, которые устанавливаются по согласованию между изготовителем и потребителем и оговариваются в документе на поставку. В европейских и других странах мира действует такое же положение и по отношению к отколом от известковых включений на лицевых изделиях.

Включение в редакцию стандарта 2007 г. требования о недопустимости отколов на лицевой поверхности способствовало существенному улучшению качества выпускаемого кирпича: предприятия инвестировали в техническое перевооружение, были установлены вальцы супертонкого помола с зазором между валками до 0,6 мм, в некоторых случаях предусматривалось замачивание готовой продукции. Однако ужесточение требований и повышение качества продукции привели к негативным последствиям. Известно немало случаев, когда высокопрочный кирпич, имевший на лицевых гранях единичные вспучивающиеся включения, не влияющие на эксплуатационные характеристики изделий, продавался заводом-изготовителем как рядовой, а перепродавался торговыми организациями как лицевой, то есть заводы теряли часть прибыли. С целью увеличения конкурентоспособности и расширения рынка лицевого кирпича *новая редакция ГОСТ 530-2012 допускает единичные известковые включения не более 3 мм общей площадью не более 0,2% площади лицевых граней*.

На лицевых изделиях не допускаются высолы, образующие растворимыми солями, содержащимися в глине. Традиционно их переводят в нерастворимые соединения путем введения добавок, например карбоната бария. В последнее время для предотвращения высолообразования все шире стали использовать гидрофобизирующие добавки, которые существенно снижают прочность сцепления с раствором при каменной кладке. Поэтому в ГОСТ 530-2012 *наряду с определением водопоглощения вводится показатель скорости начальной абсорбции воды*, основанный на экспериментальных данных, а также на положениях, принятых в европейских нормах. Эта характеристика показывает, какое количество воды за одну минуту поглощает 1 м² опорной поверхности кирпичной кладки. Скорость начальной абсорбции воды является важным показателем для определения условий применения керамических изделий, особенно лицевого кирпича и клинкерного стенового

кирпича, в каменных кладках (прочность сцепления с раствором), следовательно, и для обеспечения безопасности зданий и сооружений.

Скорость начальной абсорбции воды опорной поверхностью (постелью) изделий должна быть не менее 0,1 и не более 3 кг/(м²·мин) у лицевых изделий, без ограничения максимального значения — у рядовых изделий. По результатам проведенных исследований корреляционная связь между значениями водопоглощения и скорости начальной абсорбции воды не линейная, так как на скорость начальной абсорбции воды прежде всего влияет величина открытой канальной пористости кирпича, формат и пустотность изделия. При водопоглощении кирпича керамического одинарного 6-9% значение скорости начальной абсорбции воды находится в пределах 0,3-1 кг/(м²·мин); при водопоглощении кирпича 10-12% — 1,1-1,9 кг/(м²·мин). Максимально допустимое значение скорости начальной абсорбции воды характерно для кирпича на основе мергелистых глин с добавкой мела или трепела. Введение этого показателя в стандарт позволит разрабатывать и производить необходимую номенклатуру сухих смесей и строительных растворов для возведения прочных и эффективных кладок.

В стандарт введено также определение распространенного в отрасли керамических стеновых материалов показателя пустотности изделий, внесены изменения в метод определения прочности изделий.

Предел прочности при сжатии изделий определяют по ГОСТ 8462-85 «Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе» со следующими дополнениями: *подготовку опорных поверхностей изделий для арбитражных и приемосдаточных испытаний производят шлифованием*, для образцов из клинкерного кирпича применяют выравнивание цементным раствором, причем не имеет значения, каким устройством проведено шлифование: *главным условием является, чтобы отклонение от плоскостности опорных поверхностей испытываемых образцов не превышало 0,1 мм на каждые 100 мм длины*.

Остается проблемным определение теплотехнических свойств керамических стеновых изделий. В новой редакции стандарта, так же как в предыдущей, приведены теплотехнические характеристики сплошных (условных) кладок и метод определения теплопроводности фрагмента кладки. В настоящее время перед всеми производителями керамических стеновых изделий стоит общая задача разработки стандарта на метод определения расчетных значений теплотехнических характеристик выпускаемой продукции.

Новый межгосударственный стандарт **ГОСТ 530-2012** «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия», разработанный Ассоциацией производителей керамических материалов (АПКМ) и Научным центром керамики «ВНИИСТРОМ», **вводится в действие с 1 июля 2013 г.** К этому времени заводы должны быть готовы выпускать высококачественную продукцию по новому стандарту.

Ключевые слова: *ГОСТ 530-2012, кирпич керамический, клинкерный кирпич, поризованные блоки, методы испытаний, рабочий размер камня, нерабочий размер камня, известковые включения, скорость начальной абсорбции воды.*

Литература

1. Бегоулев С.А., Дуденкова Г.Я., Буланый А.С. Введен в действие новый ГОСТ 530-2007 «Кирпич и камни керамические. Общие технические условия» // Строительные материалы. 2008. № 4. С. 5-6.

В.С. СЕМЕНОВ, канд. техн. наук, Т.А. РОЗОВСКАЯ (tamara.roz@yandex.ru), инженер, Московский государственный строительный университет

Оценка качества стеновых керамических материалов по российским и европейским стандартам

В современном строительстве стеновые керамические материалы пользуются традиционно высоким спросом, несмотря на относительно высокую стоимость. Различные факторы, такие как государственная политика, направленная на гармонизацию российской и европейской нормативных баз в строительстве, вступление Российской Федерации в ВТО, наличие на рынке строительных материалов стеновой керамики, выпускаемой иностранными производителями и нормируемой в соответствии с европейской нормативной базой, определяют необходимость всестороннего анализа и сравнения основных показателей качества и методов испытания стеновых керамических материалов в соответствии с российскими (ГОСТ) и европейскими (EN) стандартами. В настоящее время такая работа выполняется в Московском государственном строительном университете.

Основным нормативным документом РФ, регламентирующим технические требования к стеновым керамическим материалам и методы их испытания, в настоящее время является ГОСТ 530–2007 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия» (с 01.07.2013 г. в действие вводится актуализированная версия стандарта – ГОСТ 530–2012). Европейский аналог данного стандарта – EN 771-1:2011 «Specification for masonry units. Part 1: Clay masonry units» (Требования к элементам каменной кладки. Часть 1. Кирпичи керами-

ческие). В предисловии к ГОСТ 530–2007 сказано, что он соответствует европейскому стандарту EN 771-1:2003 в части требований к средней плотности и теплотехническим характеристикам, однако в действительности проследить какое-либо соответствие крайне сложно. Более того, анализ указанных нормативных документов показывает, что технические требования к стеновым керамическим материалам, предъявляемые ГОСТ 530–2007 и EN 771-1:2011, существенно различаются, прослеживается совершенно разный подход к нормированию керамических кирпичей и камней.

Проведем сравнение указанных нормативных документов в части технических требований к керамическим кирпичам и камням по основным показателям качества.

Виды стеновых керамических материалов

В ГОСТ 530–2007 используются такие понятия, как керамический кирпич и камень (крупноформатное изделие). При этом устанавливается широкая номенклатура стеновых керамических изделий: кирпичи пустотелые и полнотелые, рядовые и лицевые, кирпич нормального формата, кирпич модульный, утолщенный, евро, керамические камни, крупноформатные камни с вертикальным и горизонтальным расположением пустот и т. д. В новой версии ГОСТ 530–2012 номенклатура изделий несколько изменена: отсутствуют понятия

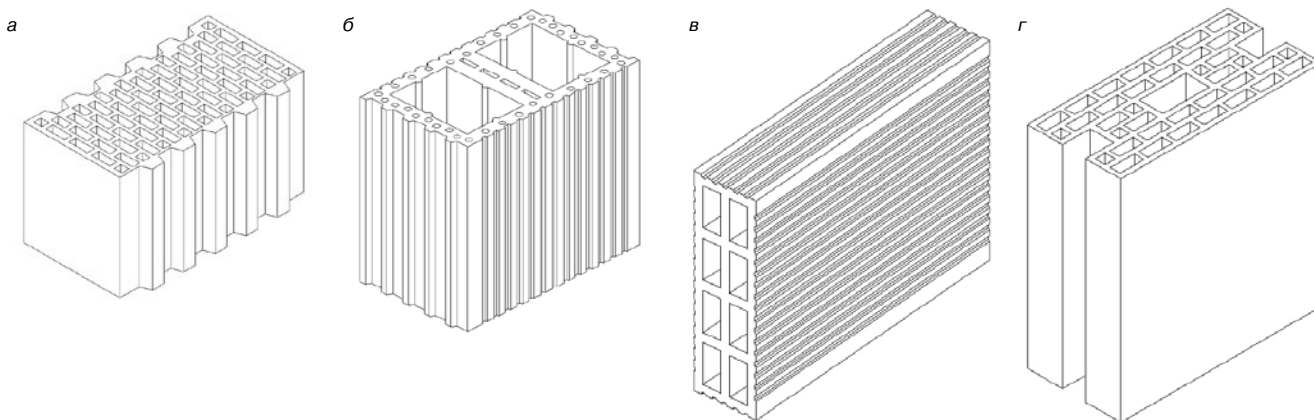


Рис. 1. Примеры кирпича LD (EN 771-1:2011): а – кирпич с вертикальными пустотами с пазогребневой системой; б – заполняемый кирпич; в – кирпич с горизонтальными пустотами с канавками для раствора; г – панельный кирпич

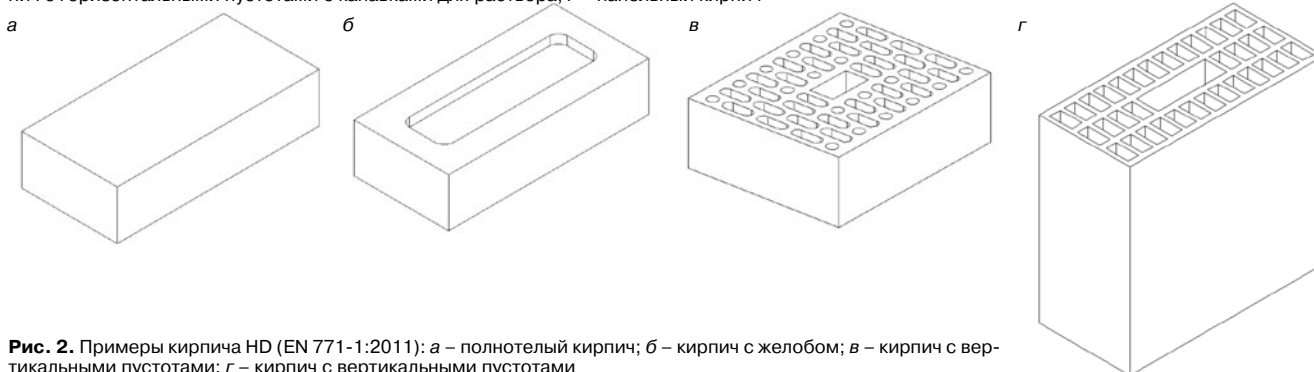


Рис. 2. Примеры кирпича HD (EN 771-1:2011): а – полнотелый кирпич; б – кирпич с желобом; в – кирпич с вертикальными пустотами; г – кирпич с вертикальными пустотами

Таблица 1

Класс кирпича	Предельное отклонение	Вид
T1	$\pm 0,4 \sqrt{\text{(номинальный размер)}}$, мм или 3 мм (по большему значению)	LD HD
T1+	$\pm 0,4 \sqrt{\text{(номинальный размер)}}$, мм или 3 мм для длины и ширины и $\pm 0,05 \sqrt{\text{(номинальный размер)}}$, мм или 1 мм, для высоты (по большему значению)	LD
T2	$\pm 0,25 \sqrt{\text{(номинальный размер)}}$, мм или 2 мм (по большему значению)	LD HD
T2+	$\pm 0,25 \sqrt{\text{(номинальный размер)}}$, мм или 2 мм для длины и ширины и $\pm 0,05 \sqrt{\text{(номинальный размер)}}$, мм или 1 мм, для высоты (по большему значению)	LD
Tm	Значение отклонения (мм) указывается производителем	LD HD

Таблица 2

Класс кирпича	Максимальный разброс	Вид
R1	$0,6 \sqrt{\text{(номинальный размер)}}$, мм	LD HD
R1+	$0,6 \sqrt{\text{(номинальный размер)}}$, мм для длины и ширины, и 1 мм для высоты	LD
R2	$0,3 \sqrt{\text{(номинальный размер)}}$, мм	LD HD
R2+	$0,3 \sqrt{\text{(номинальный размер)}}$, мм для длины и ширины и 1 мм для высоты	LD
Rm	Значение разброса, мм, указывается производителем	LD HD

модульный кирпич, кирпич Евро, утолщенный кирпич, камень крупноформатный, камень с горизонтальными пустотами. Введены такие понятия, как клинкерный кирпич, шлифованный камень, нешлифованный камень, камень с пазогребневой системой, камень доборный, кирпич с горизонтальными пустотами.

В стандарте EN 771-1:2011 все керамические кирпичи (отметим, что понятие «камень» отсутствует) разделены на две группы:

- кирпич LD – кирпич с плотностью брутто в сухом состоянии менее 1000 кг/м³ для применения в защищенной кладке;
- кирпич HD – все виды кирпича для применения в незащищенной кладке и кирпич с плотностью брутто в сухом состоянии более 1000 кг/м³ для применения в защищенной кладке.

Под защищенной подразумевается кладка, которая защищена от воздействия воды, например внутренняя верста или забутка в наружных стенах, кладка в оштукатуренных или облицованных наружных стенах, внутренние стены. Плотность кирпича брутто по стандарту EN 772-13:2000 «Methods of test for masonry units. Part 13: Determination of net and gross dry density of masonry units (except for natural stone)» (Методы испытаний строительных блоков. Часть 13. Определение объемной плотности (брутто и нетто) строительных блоков в сухом состоянии, за исключением блоков из природного камня) – это средняя плотность материала, т. е. отношение массы изделия к его объему брутто (с пустотами). В стандарте EN 772-13:2000 дано также определение плотности кирпича нетто, т. е. отношение массы кирпича к его объему нетто – без учета пустот, выемок, углублений.

В EN 771-1:2011 обозначены следующие виды кирпича LD и HD (не являются классификационными при-

знаками): кирпич с гидроизоляционным слоем, плоский кирпич, кирпич с вертикальными пустотами, кирпич с продольными пустотами, заполняемый кирпич, панельный кирпич. Классификация изделий на рядовые, лицевые, пустотелые и полнотелые в EN 771-1:2011 не предусматривается. Сведения о форме и исполнении кирпича могут указываться в условном обозначении в документации на продукцию. Примеры кирпича LD и HD показаны на рис. 1 и 2.

Размеры изделий и допускаемые отклонения от размеров

ГОСТ 530–2007 (ГОСТ 530–2012) устанавливает номинальные размеры изделий, допускаемые размеры пустот и стенок пустотелых изделий, допускаемые предельные отклонения от номинальных размеров по длине, ширине и толщине изделий, от перпендикулярности смежных граней и от плоскостности граней. То есть фактические отклонения размеров изделия не должны превышать значений, нормируемых ГОСТом. В стандарте оговорено, что допускается по согласованию изготовителя с потребителем изготовление изделий номинальных размеров, отличных от стандартных.

Стандарт EN 771-1:2011 не устанавливает номинальные размеры изделий, требования к допускам и предельные отклонения от размеров. Номенклатура изделий – отсутствует. Данный стандарт устанавливает классы изделий по значению предельных отклонений от номинальных размеров (табл. 1) и классы изделий по значению максимального разброса каждого размера (табл. 2). Производитель в документации на продукцию обязан указать номинальные размеры изделий и класс изделий по отклонению от размеров и по разбросу размеров.

Плоскостность и параллельность опорных поверхностей в стандарте EN 771-1:2011 не нормируется. Эти значения декларируются производителем. Отметим, что в ГОСТ 530–2007 (как и в ГОСТ 530–2012) понятие параллельности опорных поверхностей не применяется, используется понятие перпендикулярности смежных граней.

Дефекты внешнего вида изделий

ГОСТ 530–2007 (ГОСТ 530–2012) регламентирует вид, характер и количество допускаемых дефектов внешнего вида керамических изделий – отбитостей углов и ребер, посечек, трещин. Стандарт EN 771-1:2011 дефекты внешнего вида не рассматривает, оговаривая, что данный показатель является предметом договора между поставщиком и потребителем продукции.

Требования к средней плотности и теплотехническим характеристикам изделий

Согласно ГОСТ 530–2007 стеновые керамические изделия по показателю средней плотности подразделяются на пять классов, а в соответствии с актуализированной версией ГОСТ 530–2012 – на семь классов (табл. 3).

В соответствии со средней плотностью изделия подразделяются на пять групп по теплотехническим характеристикам, каждой из которых соответствуют определенные значения коэффициента теплопроводности кладки в сухом состоянии.

Стандарт EN 771-1:2011 среднюю плотность изделий не нормирует. Единственное требование в отношении плотности – средняя плотность кирпича LD должна составлять менее 1000 кг/м³. Плотности брутто и нетто указываются изготовителем. Кроме того, изготовитель может указывать минимальные и максимальные отдельные значения плотности нетто в сухом состоянии.

EN 771-1:2011 устанавливает три класса изделий с допускаемыми отклонениями по средней плотности (табл. 4). Изготовитель в документации на продукцию обязан указать плотность изделий брутто и нетто, а так-

Таблица 3

ГОСТ 530–2007		ГОСТ 530–2012		Группы изделий по теплотехническим характеристикам	Коэффициент теплопроводности кладки в сухом состоянии λ , Вт/(м·°С)
Класс средней плотности изделия	Средняя плотность, кг/м ³	Класс средней плотности изделия	Средняя плотность, кг/м ³		
0,8	До 800	0,7	До 700	Высокой эффективности	До 0,2
		0,8	710–800		
1	801–1000	1	810–1000	Повышенной эффективности	Св. 0,2 до 0,24
1,2	1001–1200	1,2	1010–1200	Эффективные	Св. 0,24 до 0,36
1,4	1201–1400	1,4	1210–1400	Условно-эффективные	Св. 0,36 до 0,46
2	Св. 1400	2	1410–2000	Малоеффективные (обыкновенные)	Св. 0,46
		2,4	2010–2400		

Таблица 4

Класс	Допускаемое отклонение
D1	10%
D2	5%
Dm	Значение отклонения указывается изготовителем и может отличаться от других классов

же класс изделий. Отметим, что в ГОСТ 530–2012 также введены допускаемые отклонения единичного значения средней плотности: +50 кг/м³ – для классов 0,7; 0,8; 1,0; +100 кг/м³ – для остальных классов.

Согласно стандарту EN 771-1:2011 сведения о теплотехнических показателях кирпича указываются изготовителем в случаях, когда это требуется для предусмотренных областей применения кирпича, а также для всех видов кирпича, применяемого в строительных конструкциях, к которым предъявляются теплотехнические требования.

Требования к прочности изделий

По ГОСТ 530–2007 (равно как и по ГОСТ 530–2012) прочность кирпича оценивается маркой по прочности, устанавливаемой на основании испытаний серии образцов. По прочности изделия (кроме крупноформатного камня и кирпича с горизонтальными пустотами) подразделяют на марки M100, M125, M150, M175, M200, M250, M300; крупноформатные камни – M35, M50, M75, M100, M125, M150, M175, M200, M250, M300; кирпич и камень с горизонтальными пустотами – M25, M35, M50, M75, M100. В редакции ГОСТ 530–2012: марки по прочности кирпича M100–M300, клинкерного кирпича M300–M1000, камня M25–M300, кирпича и камня с горизонтальными пустотами M25–M100.

В стандарте EN 771-1:2011 понятие марки кирпича по прочности отсутствует. Прочность изделий не нормируется. Однако вводятся два понятия:

- строительные блоки (кирпичи) категории I – строительные блоки с декларируемой прочностью при сжатии обеспеченностью 95%;
- строительные блоки (кирпичи) категории II – строительные блоки, которые не достигают уровня качества блоков категории I.

Производитель в документации на продукцию указывает категорию кирпича (I или II) и декларируемую прочность.

Требования к водопоглощению изделий

В соответствии с ГОСТ 530–2007 водопоглощение рядовых изделий должно быть не менее 6%, лицевых изделий – не менее 6% и не более 14%. Для изделий, изготовленных из трепелов и диатомитов, допускается водопоглощение не более 28%. В редакции ГОСТ 530–2012 водопоглощение должно быть не более 6% для клинкерного кирпича и не менее 6% для других изделий.

ГОСТ 530–2012 вводит требования к скорости начальной абсорбции воды опорной поверхностью изделий: не менее 0,1 кг/(м²·мин) и не более 3 кг/(м²·мин) – у лицевых изделий, без ограничения максимального значения для рядовых изделий. Данный показатель заимствован из EN 771-1:2011, а методика его определения – из EN 772-11:2011 «Methods of test for masonry units – Part 11: Determination of water absorption of aggregate concrete, autoclaved aerated concrete, manufactured stone and natural stone masonry units due to capillary action and the initial rate of water absorption of clay masonry units» (Методы испытаний строительных блоков. Часть 11. Определение капиллярного водопоглощения строительных блоков из бетона, автоклавного ячеистого бетона, блоков из искусственного и природного камня, а также начального водопоглощения керамического кирпича).

По EN 771-1:2011 требования к водопоглощению кирпича LD не устанавливаются. Для кирпича HD изготовитель указывает границы водопоглощения партии кирпича, предназначенного для применения в наружных конструкциях с незащищенными лицевыми поверхностями. Кроме того, изготовитель указывает начальное водопоглощение опорной поверхности изделий в случаях, когда это требуется для предусмотренной области их применения.

Требования к морозостойкости изделий

Согласно ГОСТ 530–2007 кирпич и камень керамические должны быть морозостойкими и в зависимости от марки по морозостойкости в насыщенном водой состоянии должны выдерживать без каких-либо видимых признаков повреждения или разрушений (растрескивание, шелушение, выкрашивание, отколы) не менее 25; 35; 50; 75 и 100 циклов переменного замораживания и оттаивания. Таким образом, установлены следующие марки по морозостойкости: F25, F35, F50, F75, F100 (по ГОСТ 530–2012 – дополнительно марки F200 и F300 для клинкерного кирпича). Марка по морозостойкости лицевых изделий должна быть не ниже F50 (по согласованию с потребителем допускается F35, клинкерного кирпича по ГОСТ 530–2012 – не ниже F75). Марка по морозостойкости изделий, используемых для возведения дымовых труб, цоколей и стен подвалов, должна быть не ниже F50. То есть по ГОСТ 530–2007, а также по ГОСТ 530–2012 имеет место количественная оценка морозостойкости – число циклов попеременного замораживания-оттаивания, выражаемое маркой по морозостойкости.

Согласно EN 771-1:2011, изготовителем указывается только класс морозостойкости кирпича с учетом применения кладки или ее элементов в неагрессивной, умеренно агрессивной и в сильноагрессивной среде (табл. 5). Для кирпича LD морозостойкость не нормируется.

Понятие марки по морозостойкости в EN 771-1:2011 не применяется. Предусматривается качественная оценка морозостойкости: кирпич соответствует классу F2, если

Таблица 5

Класс	Среда
F0	Неагрессивная среда. Кладка, которая не подвергается воздействию влаги и попеременному замораживанию-оттаиванию.
F1	Умеренно агрессивная среда. Кладка, которая подвергается воздействию влаги и попеременному замораживанию-оттаиванию, но не относится к сооружениям в сильноагрессивной среде
F2	Сильноагрессивная среда. Кладка, которая вследствие сильного воздействия дождей, грунтовых вод насыщена водой и при этом одновременно подвергается частому попеременному замораживанию-оттаиванию и не имеет эффективной защиты

выдерживает 100 циклов попеременного замораживания-оттаивания, в противном случае изделию присваивается класс F1. Класс по морозостойкости указывается производителем в документации на продукцию.

Наличие высолов и известковых включений

Согласно ГОСТ 530–2007 на лицевых изделиях не допускаются отколы, вызванные известковыми включениями; на рядовых изделиях допускаются отколы общей площадью не более 1 см². В новой редакции ГОСТ 530–2012 для лицевых изделий допускаются единичные включения глубиной не более 3 мм, общей площадью не более 0,2% площади лицевых граней, для рядовых – общей площадью не более 1% площади вертикальных граней. Наличие известковых включений определяется визуально после пропаривания изделий. В соответствии с ГОСТ 530–2007 на лицевых изделиях, а также на клинкерных по ГОСТ 530–2012 не допускаются высолы. Наличие высолов также определяется визуально после выдерживания образца в сосуде с водой в течение 7 сут. Описанные мето-

Таблица 6

Класс	Максимально допустимое содержание солей, мас. %	
	Na ⁺ + K ⁺	Mg ²⁺
S0	Не нормируется	Не нормируется
S1	0,17	0,08
S2	0,06	0,03

дики предусматривают качественную оценку соответствия изделий требованиям стандарта.

Стандартом EN 771-1:2011 необходимость определения наличия высолов и известковых включений не устанавливается. Однако определены три класса керамических изделий по содержанию активных растворимых солей: в зависимости от содержания в пробе растворимых ионов магния, натрия и калия (табл. 6).

В данном случае производится количественная оценка соответствия керамических изделий требованиям стандарта.

Таким образом, проанализировав основные показатели качества стеновых керамических материалов в соответствии с российскими и европейскими нормативными документами, установлено, что в части технических требований к керамическим стеновым материалам в этих стандартах имеются явные отличия: в плане классификации и видов изделий, требованиям к форме и размерам, дефектам, прочности, морозостойкости, средней плотности изделий и др. Существенные различия между ГОСТом и EN характерны также и в части методов испытаний стеновых керамических материалов.

Ключевые слова: кирпич керамический, камень керамический, стеновая керамика, кирпичная кладка, показатели качества кирпича, методы испытаний кирпича, нормирование кирпича, евростандарты.

Реклама

ТОРГОВЫЙ ДОМ



ИНТА-СТРОЙ

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

ОБОРУДОВАНИЕ «ИНТА-СТРОЙ» ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ШНЕКОВЫЕ ТРАНСПОРТЕРЫ



Назначение

- Транспортировка липких материалов в различных отраслях промышленности.

Преимущества:

- окатывание гранул;
- транспортирование под углом до 45°;
- фторопластовый корпус и футеровка;
- вынесенные подшипниковые опоры.

Основные характеристики:

- производительность, т/ч – 0,05 – 25.

МЫ ЗВЕНЬЯ ОДНОЙ ЦЕПИ

Д.В. КРОЛЕВЕЦКИЙ, канд. техн. наук, менеджер технической поддержки продаж (керамика), ООО «СИБЕЛКО РУС» (Москва)

Расширение ассортимента сырьевых материалов компании СИБЕЛКО для керамического кирпича



Завод по производству минеральных пигментов, Нидерланды

Компания **СИБЕЛКО** – мировой лидер по добыче и обогащению минерального сырья, в состав которой входят более 220 производственных предприятий в 40 странах, расположенных на 5 континентах, и в которой работает свыше 10 000 человек. Кварцевые пески, глины, каолины, полевые шпаты, минеральные наполнители и пигменты – основные сырьевые материалы, поставляемые на мировые рынки.

Группа СИБЕЛКО в России представлена несколькими компаниями:

- ООО «СИБЕЛКО» РУС – управляющая компания, которая координирует деятельность в России и занимается развитием;
- Раменский горно-обогатительный комбинат (Московская область) – добыча и производство кварцевого песка и кварцевой муки;
- Неболчинское карьероуправление (Новгородская область) – добыча и производство кварцевого песка;
- Торговый дом «Геркулес» (Москва, Санкт-Петербург, Ростов-на-Дону) – торгово-логистическая компания, занимающаяся импортом сырьевых материалов группы СИБЕЛКО и их таможенной очисткой.

Постоянно развиваясь, компания **СИБЕЛКО** расширяет ассортимент продукции для производителей керамического кирпича в России, в соответствии с потребностями клиентов.

Продукция компании представлена следующими сырьевыми материалами:

- Минеральные пигменты производства компании СИБЕЛКО Европа Минералс Плюс (Нидерланды). Официальным дистрибьютором по продаже минеральных пигментов для кирпича группы СИБЕЛКО в России является компания «Юнифлокс»;
- Строительные пески, обогащенные кварцевые пески и мука производства Раменского горно-обогатительного комбината и Неболчинского карьероуправления;
- Светложущиеся пластичные глины производства компании Глины Донбасса (СИБЕЛКО Украина);
- Глиняная мука производства компании СИБЕЛКО Великобритания;
- Пластичные глины производства Раменского горно-обогатительного комбината и Неболчинского карьероуправления (реализуемые проекты, запуск производства запланирован: РГОК – 2014 год, НКУ – 2015 год).

В настоящее время компания импортирует большинство продуктов, но второй шаг на ближайшие 5 лет – производство их в России, когда многие продукты будут локализованы.

Обновленная линейка продукции СИБЕЛКО напрямую связана с расширением применения сырьевых материалов в следующих направлениях.

1. Объемное окрашивание кирпича.

Минеральное сырье представлено пигментами, которые уже хорошо зарекомендовали себя на Российском рынке:

- *Mangalox* (диоксид марганца) для получения кирпича широкой темной цветовой палитры, от светло-коричневого до темно-коричневого («шоколадного») и черного цветов;
- *Portachrom* (хромит) для производства кирпича от светло-серого до темно-серого («графитового») цветов на основе светложущихся глин;
- *Portafer* (оксид железа) для получения кирпича от насыщенного темно-красного до красно-коричневого и черного цветов.

Для объемного окрашивания кирпича СИБЕЛКО предлагает пластичные глины:



Разработка месторождения «Чулковское», Московская область



Разработка месторождения «Кучеров Яр», Украина

Продукт	Описание	Страна производства	ПРИМЕНЕНИЕ														
			объемное окрашивание					декорирование поверхности			улучшение свойств шихты						
			Коричневый	Черный	Серый	Темно-красный	Бежевый	Желтый	Светлые оттенки	Темные оттенки	Наполнитель	Отощитель	Увеличение пластичности	Уменьшение чувствительности к сушке	Расширение интервала обжига		
Mangalox	Диоксид марганца	Нидерланды	•	•													
Portachrom	Хромит	Нидерланды			•												
Portafer	Оксид железа	Нидерланды		•		•											
Casiflux*	Волластонит	Нидерланды															
SilSa*	Строительный песок	Россия															
GranuSil*	Кварцевый песок	Россия															
CeraSil*	Кварцевая мука	Россия															
Vantage	Пластичная глина	Украина															
Opal*	Глиняная мука	Великобритания															
PlastTon**	Пластичная глина	Россия															

* - новые продукты, ** - планируемые



Неболчинское карьероуправление, Новгородская область

- *Vantage* (светложгущиеся глины) для производства кирпича широкой светлой цветовой палитры, в том числе различных оттенков желтого («солонного») цвета. Данные глины добываются на месторождении «Кучеров Яр», расположенном в Донбассе, усредняются и измельчаются на смесительно-складском комплексе до верхнего предела крупности не более 5–10 см в зависимости от марки глины и требований клиента;
- *PlastTon* (красножгущиеся глины) для получения кирпича от темно-красного до красно-коричневого цвета. Глины *PlastTon* будут производиться с 2014 года на Раменском горно-обогатительном комбинате и с 2015 года на Неболчинском карьероуправлении. Процесс производства заключается в фильтрации и обезвоживании глинистой составляющей кварцевого песка, выделяемой при его обогащении.

2. Декорирование поверхности кирпича, которое широко применяется в Европе для получения различных оттенков, орнаментов и фактуры на лицевых изделиях путем ручной или автоматической посыпки отформованного бруса пигментами, вызывает все больший интерес в России. Для данного применения компания СИБЕЛКО предлагает:

- Минеральные пигменты *Mangalox*, *Portachrom*, *Portafer*, уже отмеченные выше, для получения разнообразных темных оттенков;
- *Casiflux* (волластонит) для получения светлых оттенков. Также применяется для получения различных серых оттенков при совместном использовании с хромитом *Portachrom* и в качестве добавки в пигментную массу;
- *CeraSil* (кварцевая мука) для получения светлых оттенков, а также в качестве наполнителя в пигментной массе;
- *GranuSil* (кварцевый песок) рекомендуется для офактуривания поверхности, а также для применения в качестве наполнителя при получении грубодисперсной пигментной массы;
- *Opal* (глиняная мука) для получения широкой цветовой палитры от светлых до темных оттенков. Производится из обогащенных пластичных глин, добываемых на месторождениях Девона (Великобритания), путем измельчения до верхнего предела крупности не более 100 мкм.

В зависимости от состава пигментной массы, а также от «руки мастера» возможно получение совершенно различных видов поверхности кирпича. Как правило, содержание минеральных красителей в пигментной массе составляет от 2 до 20%, оставшуюся часть в массе составляет наполнитель – кварцевая мука или песок. При использовании глиняной муки ее содержание в пигментной массе составляет от 40 до 90%.

3. Для улучшения свойств шихты продукция компании СИБЕЛКО представлена строительными песками и пластичными глинами:

- *SilSa* (строительный песок) для применения в качестве отощителя. Пески добываются на месторождениях «Чулковское» (Московская обл.) и «Крапивненское» (Новгородская обл.), усредняются и очищаются от крупнозернистых и глинистых включений на обогатительных фабриках. Пески не содержат карбонатных включений и не требуют отсева крупных фракций при добавлении в шихту.
- *Vantage* и *PlastTon* (пластичные глины) уже отмеченные выше, рекомендуются в качестве добавки к местным глинам для увеличения пластичности и снижения чувствительности к сушке. Не содержат водорастворимых солей, а также карбонатных включений. Глины *Vantage* также отличаются широким интервалом спекания и оптимально подходят для производства клинкерного кирпича.

Процессы повышения эффективности, качества и развития технологии производства керамического кирпича требуют тесного сотрудничества между производителем и поставщиком сырьевых материалов. Расширяя ассортимент, предоставляя техническую поддержку и имея минеральные ресурсы в ключевых регионах производства кирпича, компания СИБЕЛКО обеспечит заказчика необходимыми сырьевыми материалами для решения любых производственных задач.

У нас есть знания, опыт, ресурсы и возможности, поэтому мы предлагаем развиваться вместе!



ООО «СИБЕЛКО РУС»
117198, Москва
Ленинский просп., 113/1
Тел.: + 7 495 662 31 74, факс: + 7 495 662 31 75
denis.krolevetsky@sibelco.com
www.sibelcorus.ru



Дистрибьютор по продуктам *Mangalox*,
Portachrom, *Portafer* и *Casiflux*
ООО «ЮНИФЛОКС»
142784, МО, Ленинский р-н
г. Московский, мкр-н. 1, 23Д, 402
Тел.: + 7 495 973 11 99, факс: + 7 495 729 52 93
taras@uniflox.ru

В.И. РЕЗНИК, руководитель Центра качества керамики (ref.zavod@kisloutoupor.com.ua), ПГ «Кислотоупор» (Донецк, Украина)

Особенности использования беложгущихся глин в производстве кирпича: опыт Центра качества керамики ПГ «Кислотоупор»

Качественный керамический кирпич – это результат комплексного подхода к сырью, оборудованию, персоналу и технологиям.

Разнообразие цветовой гаммы и типоразмеров кирпича является залогом конкурентоспособности и успешных продаж на рынке. Одной из возможностей расширения цветовой гаммы изделий является введение в рецепт светложгущихся глин, традиционно это глины Донецкого региона Украины. Все светложгущиеся глины, имеющие низкое содержание красящих оксидов, – огнеупорные или тугоплавкие. Первый опыт применения таких глин в технологии керамического кирпича показал, что после их ввода в массу часто возникают две проблемы: увеличивается брак из-за «отстрела» карбонатных включений, и появляются высолы различных цветов, от белых до коричневых. Поэтому производители керамического кирпича нуждаются не только в своевременных поставках качественного глинистого сырья, но и в грамотном технологическом сопровождении производства.

Центр качества керамики ПГ «Кислотоупор» второй год занимается проблемами негативного влияния карбонатных включений. Работа проводится совместно с кафедрой керамики, огнеупоров, стекла и эмалей НТУ Харьковского политехнического института, возглавляемой профессором, д-ром техн. наук М.И. Рыщенко. Результаты научно-исследовательской работы показывают, что применение беложгущихся глин Украины для производства керамического кирпича имеет ряд особенностей, знание которых позволяет избежать многих сложностей установочного этапа введения данного сырья в технологию.

Рассмотрим обычную схему ввода сырья. Завод использует для производства кирпича местное сырье, как правило, легкоплавкие суглинки и глины, имеющие относительно высокое содержание Fe_2O_3 , низкое содержание Al_2O_3 . При максимальной температуре обжига 980–1020°C удается получить цвет изделий

от красного до терракотового. Обычно участки массоподготовки и тепловые агрегаты рассчитаны на сырьевую базу завода. Практически все известные месторождения кирпичных глин имеют в качестве вредных примесей карбонатные включения (кальциты, доломиты и т. д.). Часто эти примеси, особенно доломиты, окварцованы и реакцию на HCl по остатку не дают. Это приводит к заблуждению, что карбонаты в местном сырье отсутствуют. Появление характерных дефектов лицевых поверхностей кирпича может произойти через несколько месяцев после выпуска. Часто при пропарке «отстрел» по карбонатным включениям практически отсутствует. Это связано с тем, что разложение двойной соли, а доломит является двойной солью, – процесс длительный, он не прекращается даже после обжига и может продолжаться значительное время. Если после обжига в кирпиче не сформированы закрытые поры или их количество гораздо меньше открытых, реакция на воду гарантирована – будет отстрел. При наличии доломитовых включений замачивание после обжига неэффективно.

Возникает вопрос: почему же «отстрел» по карбонатным включениям на базовом рецепте меньше, чем при вводе светложгущейся глины? Это связано с максимальной температурой обжига и длительностью выдержки. Если произвести расчет по огнеупорности шихты, становится очевидным, что шихта со светложгущейся глиной более огнеупорна и требует более длительного обжига и более высокой максимальной температуры. Все огнеупорные и тугоплавкие глины имеют свою скорость поглощения тепла, свои критические точки, но одно условие обязательно для всех: при обжиге шихтовых смесей на основе светложгущихся огнеупорных или тугоплавких глин обжиг необходимо вести при максимальной температуре 1050–1070°C и снижать скорость нагрева, т. е. формировать «полочки», при температуре 600 и 900–950°C, а время выдержки при максимальной температуре (в зависимости от огнеупорности шихты) должно составлять 4–8 ч.



Качественные характеристики глин ПГ «Кислотоупор»

Химический состав на прокаленное вещество	Марки глины		
	К-3	К-П	Курдюм-3
Al ₂ O ₃ , %	21,73	17,5	22–19
Fe ₂ O ₃ , %, не более	0,9	0,8	0,8
TiO ₂ , %, не более	1,1	1,07	1,6
CaO, %, не более	0,37	0,45	0,27
MgO, %	0,47	0,4	0,39
SiO ₂ , %	73,9	78	68,83
K ₂ O, %	1,26	0,94	2,25
Na ₂ O, %	0,32	0,26	0,45
ППП, %	6	7	5,5
Минералогический состав			
Каолинит	42,6	36,1	26,1
Гидрослюда	9,1	8	19,3
Смешанослойное образование	5,8	5,5	1,6
Кварц	33,1	40,9	41,5
Микроклин	0,9	0,9	1,9
Плагиоклаз	0,4	0,8	2,2
Обломочная слюда	5,9	5,5	7
Акцессорные минералы	2,2	2,3	0,4
Гранулометрический состав			
0,063–0,01	19,84	31,12	10,88
0,01–0,005	4,08	7,16	10,12
0,005–0,001	16,16	20,04	31,04
Менее 0,001	50,12	30,88	40,06

Однако не все руководители кирпичных заводов готовы снизить производительность для получения продукции светлых оттенков.

Можно еще много говорить об особенностях глин, об их совместимости, но несомненно одно: если на предприятии сразу не получают тот результат, на который рассчитывают, это не означает, что использовано неподходящее сырье, а скорее всего шихтовые смеси были недостаточно изучены и для их переработки и обжига не были подобраны оптимальные условия.

ПГ «Кислотоупор» все свое сырье сопровождает детальными рекомендациями как по подготовке шихты, так и по ведению технологического процесса с указанием максимальной температуры обжига, рекомендуемой скорости обжига, а также количества обжиговых ступеней («полочек») с указанием температуры и времени.

При разработке и подборе рецептур Центр качества керамики всегда придерживается принципа: **«Наш рецепт – это рецепт вашего успеха».**

Центр качества керамики выполняет следующие работы для предприятий керамической отрасли

1. Разведка, а также геолого-экономическая оценка месторождений глинистого сырья.
2. Разработка рецептуры керамических масс и глазурей для кирпича, черепицы, керамогранита, плитки для пола, плитки облицовочной, санитарно-строительных изделий, изоляторов (подгруппа 110, 110.1, 130), глазурей для фарфора.
3. Разработка технической документации оптимальной технологии внедрения глин в существующую технологию производства.
4. Выдача технологического регламента на производство.
5. Технологический аудит предприятия:
 - анализ брака и установление фактических потерь от брака;



- составление классификаторов брака и выдача рекомендаций по методам их устранения;
 - проверка и перерасчет теоретического и фактического рецептов по результатам входного контроля сырья;
 - фактические и необходимые точки контроля на производстве.
6. Определение минералогического состава сырьевых компонентов.
 7. Определение керамических свойств и характеристик глинистых материалов:
 - пластичность;
 - дисперсность;
 - гранулометрический состав;
 - коэффициент чувствительности к сушке;
 - разжижаемость;
 - интервал спекания;
 - определение фазового состава;
 - определение открытой и закрытой пористости, размера капиллярных пор;
 - определение линейной и объемной усадки.
 8. Физико-механические исследования сырьевых масс и/или готовой продукции с выдачей протоколов испытаний:
 - механическая прочность при сжатии;
 - статистический изгиб;
 - водопоглощение;
 - пористость;
 - кислотостойкость;
 - щелочестойкость;
 - морозостойкость;
 - термостойкость;
 - водопроницаемость;
 - объемная масса.
 9. Анализ свойств применяемых добавок.
 10. Определение обжиговых свойств масс:
 - интервал спекания;
 - максимальная температура обжига;
 - огневая усадка;
 - определение фазового состава;
 - определение закрытой и открытой пористости, размера капиллярных пор.
 11. Проведение опытно-промышленной партии с составлением двухстороннего отчета.
 12. Выдача технологического регламента и запуск разработанных рецептов в производство.

Центр качества керамики ПГ «Кислотоупор»

Тел./факс: +38.062.389.6003

info@kisloutopor.com.ua

www.kisloutopor.com.ua



ООО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ КЕРАМИКИ»

Представляем современную лабораторию исследования глинистого сырья, способную решать самые сложные технологические вопросы в производстве стеновой и кровельной керамики.

Лаборатория оснащена современным оборудованием, многочисленными стандартными и вновь разработанными методиками проведения испытаний.

Специалисты лаборатории имеют высокую квалификацию и ответственно относятся к своему делу.

Институт выполняет работы:

- ◆ Исследование глинистого сырья, разработка составов шихты и основных технологических параметров производства керамического лицевого кирпича, крупноформатных поризованных изделий, плитки «под кирпич» и черепицы, стенового и дорожного клинкера методами пластического и жесткого формования.
- ◆ Анализ технологии керамических изделий с использованием современных приборов и методов контроля технологических процессов (отделений подготовки, формовки, сушки и обжига) и разработка решений по повышению качества выпускаемой продукции и методов интенсификации работы предприятий.
- ◆ Разработка системы контроля технологического процесса, входного контроля сырья, системы контроля качества готовой продукции и др.
- ◆ Разработка производственной нормативно-технической документации: технологических регламентов, производственно-технических инструкций, технологических журналов и др., рекомендаций по организации лаборатории предприятия.
- ◆ Решение различных технологических задач:
 - составление рекомендаций по разработке карьера на основании анализа данных геологоразведки и результатов исследования глинистого сырья;
 - исследование глин и технологического оборудования с целью устранения дефектов формовки, сушки и обжига;
 - исследования глин для получения лицевого кирпича различных цветовых тонов;
 - исследование карбонатсодержащих глин с целью устранения отколов на кирпиче;
 - исследование техногенных отходов и природных добавок, разработка составов шихты с их использованием;
 - исследование образования высолов на поверхности кирпича и разработка предложений по их устранению;
 - разработка технологии обработки лицевого кирпича, плитки «под кирпич» и черепицы с целью увеличения долговечности и устранения высолов и грибка в процессе эксплуатации;
 - множество других технологических задач.

Для строительства новых заводов выполняем сопровождение проектов, включающее:

- ◆ Оказание помощи в выборе месторождения глинистого сырья, анализ данных геологоразведки выбранного месторождения, отбор представительных технологических проб и др.
- ◆ Испытание глинистого сырья на пригодность для изготовления кирпича, поризованных изделий, плитки «под кирпич» и черепицы, стенового и дорожного клинкера, разработка составов шихты и основных технологических параметров, прогнозирование основных физико-технических свойств изделий.
- ◆ Оказание помощи в разработке ассортимента выпускаемой продукции, составлении бизнес-плана, предпроектных предложений.
- ◆ Подготовка технического задания поставщику оборудования, подготовка и проведение тендера по выбору поставщика, техническая экспертиза коммерческих предложений по поставке оборудования (состав, назначение, технические характеристики и т.д.), рекомендации по комплектации оборудованием.
- ◆ Согласование и участие в проектировании технологической части проекта.
- ◆ Участие в пусконаладочных работах.
- ◆ Технологическое сопровождение предприятий после пуска.

В настоящее время институт реализует проекты:

- ◆ Разработка технологии сухой подготовки глин, содержащих крупные высокоактивные карбонатные включения с целью полного устранения отколов на кирпиче (в соответствии ГОСТ 530–2007), разработка оборудования и его поставка, проектирование технологической линии, пусконаладочные работы, технологическое сопровождение.
- ◆ Разработка технологии подготовки (измельчения) опилок, проектирование, разработка оборудования и его поставка, пусконаладочные работы, технологическое сопровождение;
- ◆ Разработка технологии подготовки отходов целлюлозно-бумажной промышленности (скопа), разработка оборудования и его поставка, пусконаладочные работы, технологическое сопровождение.

Сотрудничество с заводами по долгосрочным договорам, включающее:

- ◆ Консультации по технологии производства керамического кирпича, сырьевым материалам, ассортименту продукции, анализу причин недостаточного качества готовой продукции и др. для технолога предприятия, в том числе оперативно (по телефону, факсу или электронной почте).
- ◆ Поездки сотрудников на предприятие (первичное обследование проводится бесплатно).
- ◆ Дополнительные исследования глинистого сырья и добавок, подтверждение свойств сырья новых участков добычи, разработки новых видов продукции (цвет, фактура, пористость) и др.
- ◆ Разработка рекомендаций и методов улучшения качества продукции, а также снижения затрат на производство продукции в части рационального использования свойств глинистого сырья и возможностей оборудования.
- ◆ Вопросы технологии производства по согласованию между Заказчиком и Исполнителем.

За дополнительной информацией о содержании работ, сроках и стоимости их выполнения обращайтесь по электронной почте, факсу или по телефону.

140165, РФ, Московская область, Раменский район, п. Гжель, ОАО ГКЗ

Генеральный директор: Езерский Владимир Александрович

тел./ф.: +7(496) 465-88-13, моб.: 8 (916) 561-00-10

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



Подготовительная техника фирмы АЙРИХ со всеми решениями из одних рук



смешивание – сушка – гранулирование – тонкий помол

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

ООО «Айрих Машинентехник»
129343 Москва, ул. Уржумская 4, строение 2
Россия
тел: + 7 495 771 68 80
факс: + 7 495 771 68 79
эл.адрес: info@eirich.ru



EIRICH

The Pioneer in Material Processing

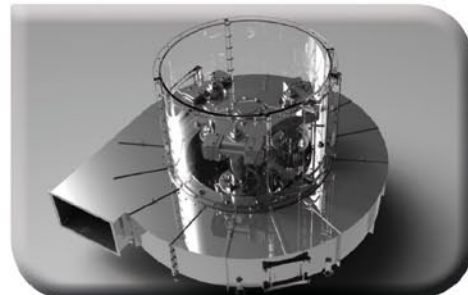


POITTEMILL

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

- Тонкий помол (менее 500µм)
- Сушка сырья до 35%
- Смешивание сырья и добавок
- Точная настройка максимального размера крупиц порошка
- Пневматические средства перемещения обработанного порошка
- Одна установка для достижения высокой эффективности
- Низкие эксплуатационные расходы



ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОЦЕССА

- **Одно оборудование для желаемой тонкости помола**

Необходима одна маятниковая мельница для получения очень тонкого результата помола вместо целого каскада цилиндрических валцов в классической массоподготовке с посредственным результатом

- **Упрощенное техническое обслуживание**

- **Простые и легкие настройки тонкости помола**

Благодаря динамическому сепаратору

- **Чистота и отсутствие пыли в цеху**

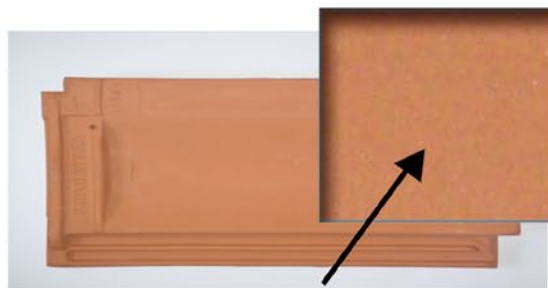
Благодаря процессу фильтрации и аэролитическому процессу разряжения

После классической подготовки



ВИДИМЫЕ гранулы извести

После сухого тонкого помола



ГЛАДКАЯ и ровная поверхность



123182, Москва, ул. Маршала Василевского,
дом 13, корп.3, офис 4.
Тел : +7(499) 550 50 11, +7(499) 550 50 12
www.salvena.fr, e-mail: blinova@salvena.fr



29 - 30 МАЯ 2013

В. ГРУБАЧИЧ, коммерческий директор, компания «Бедески» (BEDESCHI s.p.a, Италия)

Крупный инвестиционный проект ГК «МонАрх» – Гжельский кирпичный завод

В настоящее время группа компаний «МонАрх» является одной из крупнейших строительных компаний Московской области. Она специализируется на строительстве многоэтажных зданий, и за 17 лет выполнила сотни жилых и общественных проектов. Группа полностью независима от поставщиков строительных материалов, так как в ее состав входят предприятия по производству цемента, металла, кирпича и облицовочных материалов. В частности, производство кирпича выполняется на ОАО «Гжельский кирпичный завод», расположенном в п. Гжель Московской обл., который принадлежит компании с 2006 г.

В 2011 г. завершена полная технологическая модернизация завода, в результате которой начато производство девяти новых форматов кирпича, предназначенного для местного рынка. Инвестиции составили порядка 50 млн евро. Реконструкция предусматривала установку новой линии производительностью 60 млн шт. усл. кирпича в год.

Проект был полностью разработан компанией «Бедески» (BEDESCHI s.p.a.) из г. Лимена (Падуа, Италия), которая с момента своего основания в 1908 г. производит оборудование для кирпичной промышленности и до сих пор остается признанным мировым лидером в этой области. Компания «Бедески» поставила все оборудование линии: отделение массоподготовки, отделение формования, системы автоматизации сушилки и печи обжига, выполнила монтаж, запуск и приемно-сдаточные испытания. Современная технологическая линия с высоким уровнем автоматизации позволяет производить облицовочный кирпич, рядовой пустотелый и полнотелый кирпич, а также крупноформатные поризованные стеновые блоки.

Капиталовложения в модернизацию производства несут стратегический характер, учитывая рост строительной отрасли в России, который по оценкам экспер-

тов будет устойчиво расти в течение следующих трех-пяти лет. Также сложилась устойчивая тенденция изменения ассортимента стеновой продукции: все больше предприятий переходят на выпуск поризованных блоков крупных размеров.

Полная автоматизация

Для обеспечения автоматической работы всей системы линия была оснащена электрощитами, пультами управления, кнопочными пультами и прочими устройствами управления и контроля всех установленных механизмов и соответствующим программным обеспечением, при помощи которого можно задать все характеристики, необходимые для обеспечения качества изделий, общей производительности и снижения электропотребления оборудования.

Массоподготовка, шихтозапасник и формование

Производственный цикл начинается с подачи глины двумя ковшовыми погрузчиками (не входят в комплект поставки) в два ящичных дозирующих питателя модели CNL 6/1500, которые установлены в начале производственной линии. Ленточные конвейеры с резиновой лентой перемещают смесь на двухвальную дробилку типа RD, которая выполняет первичное дробление сырья. Затем материал поступает на валцы грубого помола



Боковой автоматический многоковшовый экскаватор BEL F



Экструдер модели BED 650 SLS с диаметром шнека 650 мм



Автоматическая линия загрузки сырых изделий на сушильные тележки и выгрузки сухих изделий

типа LPS, которые измельчают глину до фракции около 2,5 мм. Следующие за данной установкой вальцы тонкого помола типа LVP имеют зазор между валками 0,8 мм.

Для соответствия характеристик массы производственным требованиям к смеси добавляют отожающие добавки, которые ковшевым погрузчиком подаются в ящичный дозирующий питатель типа CNG. Этим же погрузчиком возможна подача опилок в питатель для производства поризованных блоков. Отделение массоподготовки оборудовано системой пылеудаления, которая улавливает пыль, возникшую во время переработки глины.

Шихта подается по ленточному резиновому конвейеру в двухвальный смеситель модели CG непрерывного действия, где она смешивается до однородного состояния, а затем подается в шихтозапасник, разделенный на четыре сектора, для вылеживания. Загрузка сырья в запасник выполняется посредством нескольких резиновых ленточных транспортеров, управляемых компьютеризированной системой. Забор производственной шихты из запасника выполняется боковым многоковшовым экскаватором модели BEL F, который дополнительно гомогенизирует сырье.

Шихта забирается из запасника экскаватором и по ленточным резиновым транспортерам направляется к ящичному питателю модели CNL, а затем на вальцы модели LPS. Для оптимизации переработки и обеспечения равномерного износа бандажей вальцов, на транспортной ленте установлен глинорассыпатель, для равномерного распределения и подачи материала по всей ширине бандажей.

В отделении формования также установлена система пылеудаления.

Для достижения однородности цвета облицовочного кирпича в сырьевую смесь вводят добавки (красящие оксиды, карбонат бария и пр.). Из внешнего контейнера добавки загружаются при помощи насоса в два силоса хранения (с этой целью возможно использовать и системы опустошители бигбэгов). Для облегчения дозирования и предотвращения слеживания порошка в силосах установлена пневматическая система флюидизации.

Из силосов порошок подается дозированно трубчатым шнековым питателем на ленточный транспортер с шихтой, который подает смесь к глиномешалке модели GDF. После смешивания готовая к экструзии масса поступает в шнековый экструдер модели BED 650 SLS. В верхней части установки глина снова перемешивается в смесителе, а затем пропускается через решетки, выходящие в вакуумную камеру. Здесь, при помощи вакуумного насоса происходит удаление воздуха из глины. После



Автоматическая линия загрузки сухих изделий на печные вагонетки

прохождения вакуумной камеры глина попадает на шнек экструдера, который продавливает ее через фильеру для получения бруса нужной формы и размера. Компания «Бедески» стала первой в итальянской фирмой, изготовившей механизированный экструдер кирпичей еще в 1908 г.

Линия резки и загрузки/разгрузки

Экструдированный брус нарезается на отрезки определенного размера, а затем отправляется на две линии резки кирпича и блоков, откуда уже выходят изделия окончательного формата.

Линия производства кирпича. Сформованный брус проходит по ряду транспортеров, поступает на отводящий конвейер, разворачивается на 90° и подается на многострунный резчик, где выполняется фаска нижней и верхней лицевых сторон. Затем брус приподнимается для снятия фаски боковых граней и нарезается. После резки изделия эвакуируются от резчика, раздвигаются на запрограммированное расстояние и перемещаются к станции загрузки полок робота-манипулятора. Робот загружает изделия на сушильные полки, которые вставляются в тележки и поступают на сушку.

Линия производства блоков. Брус перемещается в позицию резки, где вертикальный резак выполняет одновременно разрез бруса на четыре части. После нарезки изделия проходят тот же производственный цикл, что и кирпичи.

Также в отделении формования предусмотрена система дополнительной обработки лицевой поверхности кирпича, которая включает установку пескоструйной обработки и установку искусственного старения.

Сушилка

Для сушки изделий используется туннельная сушилка с шестью путями, вентилируемых с двух сторон, которые оснащены:

- внутренними вентиляторами в форме усеченного конуса (производство компании Сага), которые направляют горячий воздух на материал и обеспечивают однородность процесса сушки по всей высоте загрузки тележки;
- теплогенераторами питания внутренних вентиляторов, оборудованные системами контроля качества воздуха, подаваемого в сушилку;
- вентиляторами вытяжки лишней влаги из сушилки.

В систему внешней вентиляции входят: осевые и центробежные вентиляторы, реберные клапаны и за-



Туннельная печь шириной 7 м и длиной 168 м

движки с приводами, расширительные муфты и другие устройства. Установка этих элементов в канализированные системы подачи горячего и вытяжки влажного воздуха гарантирует оптимальное распределение необходимой для сушки тепловой энергии.

Также были установлены тепловые генераторы для корректировки температуры горячего воздуха, необходимого для технологического процесса. Компьютеризированная система управляет работой сушилки и обеспечивает оптимальный баланс между качеством изделий, временем сушки и производственными энергозатратами.

По окончании сушки тележки перемещаются к станции разгрузки, где платформа-разгрузчик извлекает из тележек полки и подает их на цепной транспортер. Здесь кирпич снимается с полки роботом-манипулятором, а пустые полки перемещаются по цепным транспортерам на станцию загрузки сырого материала для следующего цикла.

Перемещение тележек в сушилке управляется комплексом механизмов с автоматическим управлением.

Сухие изделия, снятые с полки, по серии цепных транспортеров отправляются к станции загрузки печных вагонеток, где они забираются садчиком с 6 вращающимися головками для формирования пакетов вагонетке. Перемещение вагонеток внутри и снаружи печи обеспечивается комплексом автоматических механизмов.

Обжиг

Обжиг выполняется в традиционной туннельной печи, оборудованной основной газораспределительной рампой с редуктором и предохранительным затвором, второстепенной рампой с редуктором и затвором для боковых горелок, 16 боковыми горелками, одной группой с 15 горелками с саморозжигом и девятью группами с 15 горелками на воздушном поддуве. Сводовые гнезда выполнены из чугуна, некоторые из них оснащены крышками. Система комплектуется теплогенератором, который установлен на линии подачи воздуха в боковую предпечь.

В комплект оборудования наружной вентиляции входят: центробежные и осевые вентиляторы, реберные клапаны и регулирующие затворы с приводами, расширительные муфты и другие дополнительные устройства. Установка этих элементов в канализированные системы вытяжки/рециркуляции горячего воздуха и систему охлаждения гарантирует оптимальное распределение необходимой для обжига тепловой энергии. Также в



Автоматическая линия разгрузки вагонеток

комплект поставки входят четыре узла быстрого охлаждения, установленные на выходе из зоны обжига.

Печь оборудована четырьмя автоматическими дверями, двумя на входе, и двумя на выходе туннеля обжига, что обеспечивает полную изоляцию печи от внешней среды и снижает до минимума возможные перепады давления внутри нее. Две аналогичные двери установлены на входе и выходе боковой предпечи. Компьютеризированная система управления и контроля обжига регулирует работу горелок и вентиляторов, для оптимизации процесса и достижения высокого качества продукции, высокого уровня производительности и энергосбережения.

Упаковка готовой продукции

Обожженные изделия выгружаются послышно с печной вагонетки при помощи захвата с шестью вращающимися головками. Перед укладкой на паллеты возможна перевязка слоя на установке горизонтальной обвязки; формирование пакета на паллете выполняется захват с двумя вращающимися головками.

Сформированные пакеты перевязываются вертикально, при необходимости окунаются в ванну при помощи двойного вилочного захвата, упаковываются в термоусадочную пленку и подготавливаются для загрузки на автомашину или для складирования на промплощадке.

Успех амбициозного проекта группы «МонАрх» обусловлен уровнем организации производства компании «Бедески», признанным ноу-хау и компетентностью высокопрофессиональных специалистов компании. В последние годы предприятие из г. Лимены расширило и усилило проектный отдел, занимающийся процессами сушки и обжига, приняв на работу специалистов с многолетним опытом работы на крупнейших итальянских предприятиях отрасли.



BEDESCHI

BEDESCHI s.p.a.

- Via Praimbole, 38 - 35010 - Limena (Padova) - ITALY -

Tel. +39-049-7663100 - Fax +39-049-8848006

e-mail: bricks@bedeschi.it - www.bedeschi.it

А.В. ГАВРИЛОВ, управляющий, Г.И. ГРИНФЕЛЬД, инженер, филиал ООО «ЛСР» — «Стеновые материалы. Северо-Запад» (Санкт-Петербург)

Краткий обзор истории, состояния и перспектив рынка клинкерного кирпича в России

Klinker — слово, происходящее из нижненемецких диалектов, восходит к звукоподражательному «klinken», означающему «звучать». Таким образом, слово «клинкер» может быть переведено как «звучащий», «звонкий». Действительно, клинкерные кирпичи при соударении друг о друга дают характерный яркий звук.

Нормативное определение понятия «клинкерный кирпич» в России отсутствует. Формализация характеристик клинкерного кирпича в технические термины не проведена. Бытовое понимание «клинкерного кирпича» включает ограниченное водопоглощение (строго менее 6%) и высокую марочную прочность (не менее М300)

История применения

Исторически клинкерный кирпич появился в качестве спутника обычного керамического кирпича при обжиге в печах периодического действия сырца из глин, обладающих специфической «площадкой спекания». Неравномерность распределения температуры по объему печи приводила к образованию на внутренних рядах обжиговых сводов «пережога» — частично остеклованного кирпича со структурой керамического камня, сходной с фарфором. Высокая культура обращения с эмпирическим опытом, присущая европейскому позднему Средневековью, позволила выделить получившиеся изделия в отдельную категорию. Появлению специфических областей применения для клинкерного кирпича способствовало установление более сурового климата с наступлением Малого ледникового периода в XIV в. Морозные зимы, затронувшие даже Северную Италию, приведшие к исчезновению в ряде местностей виноделия, обусловили стабильный спрос на морозостойкие материалы для мощения. Также клинкерный кирпич стал востребован для морозостойкой облицовочной кладки стен, для кладки и отделки цоколей. Клинкерный кирпич применялся для строительства канализационных коллекторов, гидротехнических соору-

жений, мостов, дымовых труб промышленных предприятий.

Несмотря на то что российские климатические условия объективно благоприятствуют применению клинкерного кирпича, в России клинкерный кирпич не получил широкого распространения для целей мощения дорог. Низкий спрос на высокоморозостойкий кирпич для мощения объяснялся доступностью гранитного булыжника и древесины для устройства торцевых мостовых.

Однако поскольку «пережог» неизбежно образовывался при обработке сырца в камерных кирпичеобжигательных печах (рис. 1), для его применения появились свои специфические ниши: цоколи, причальные стенки портовых сооружений, дымовые трубы.

С переходом на индустриальное производство кирпича (переход от шахтных к кольцевым, а затем к туннельным печам) количество пережога, который можно было бы отсортировать в отдельный тип клинкерного кирпича, значительно снизилось. В Советском Союзе клинкерный кирпич как отдельный вид строительных материалов для гражданского строительства не производился.

В областях применения «сильно обожженного» кирпича, характерных для начала XX в., произошли изме-



Рис. 1. Образцы «сильно обожженного» кирпича в Музее кирпича «ЛСР»—«Стеновые» (г. Колпино, Санкт-Петербург)

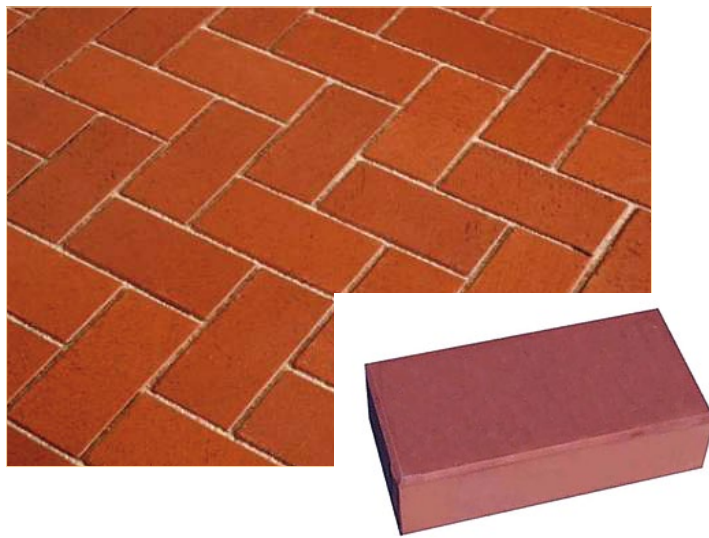


Рис. 2. Пример мощения клинкерным кирпичом; образцы клинкерного кирпича для мощения

Таблица 1
Импорт керамического кирпича, включая клинкерный (лицевой и тротуарный), в Россию в 2010–2012 гг.

Импорт керамического кирпича	2010	2011	2012
Общий импорт, млн шт. / к предыдущему году, %	45	79 / 164	130* / 143
Из стран Евросоюза, млн шт. / к предыдущему году, %	37	55 / 141	79 / 143
В т. ч. клинкерный, млн шт. / к предыдущему году, %	26	39 / 150	56 / 144

*Ввоз 140 млн шт. из Белоруссии происходит в рамках ТС и не учитывается.

Таблица 2
Импорт поризованных блоков в Россию в 2008–2011 гг.

Импорт поризованных блоков	2008	2009	2010	2011
Поризованные блоки, млн шт. НФ / к предыдущему году, %	7,25	3,77 / 52	0,62 / 16	0,37 / 60

Данные табл. 1, 2 основаны на результатах исследования, проведенного по заказу «ЛСР»–«Стеновые».

нения основных конструктивных решений. В гидротехнических сооружениях, в фундаментах и цоколях место каменной кладки занял монолитный и сборный железобетон; для облицовки канализационных сооружений получило развитие производство керамической плитки с низким водопоглощением; широкое применение нашли керамические канализационные и дымовые трубы, снявшие потребность в специфических материалах для каменной кладки. Последнее упоминание клинкерного кирпича — ОСТ 4245 «Клинкер дорожный», аннулированный в период между 1971 и 1978 гг.

Рынок клинкерного кирпича в 1990-е и 2000-е гг.

Спрос на клинкерный кирпич вернулся в 1990-е гг. сначала в сектор индивидуального строительства, в первую очередь из-за декоративных особенностей кладки. Поскольку спрос на клинкерный кирпич формировался исключительно за счет импортного ассортимента, в структуре потребления, сложившейся за последние два десятилетия, преобладает кирпич для лицевой кладки. С некоторым отставанием развивается спрос на клинкерный кирпич для мощения.

При количественной оценке потребления клинкерного кирпича всех видов можно использовать данные табл. 1, 2. Как видно из таблиц, при резком росте импорта керамического кирпича ввоз поризованных блоков систематически снижается. Объясняется это, по-видимому, тем, что ввозимый строительный и лицевой кирпич успешно конкурирует по цене, качеству и ассортименту с продукцией российских производителей, в том числе возмещающая ее сезонный дефицит. Импорт поризованных блоков практически полностью замещен продукцией новых российских заводов. Импорт же клинкерного кирпича, как тротуарного, так и предназначенного для лицевой кладки, развивается по закономерностям, характерным для строительных материалов, не имеющих импортозамещающих производств в России.

Характеристики, целесообразность присутствия на рынке, особенности применения

Потенциальные области применения клинкерного кирпича весьма широки и не ограничиваются использованием только его декоративных свойств. Они определяются высокой механической прочностью, химической стойкостью к большинству видов агрессивных воздействий и долговечностью при циклическом замораживании-оттаивании в условиях насыщения соленой водой.

Устойчивость к внешним воздействиям позволяет использовать клинкерный кирпич для мощения городских дорог, обрабатываемых противогололедными реагентами, и для облицовки цоколей городских зданий. Применение клинкерного кирпича для мощения представляется наиболее потенциально востребованным, поскольку спрос на мощеные тротуары взамен асфальтированных в последнее десятилетие получил значительное развитие (рис. 2). При этом цементобетонные камни мощения, составляющие основу рынка штучных материалов для мостовых, успели проявить неоднородность качества и продемонстрировать недолговечность отдельных видов изделий.

Применение клинкерного кирпича для лицевой кладки также представляется весьма перспективным. Это связано с востребованностью облицовок толщиной в полкирпича в современном строительстве и сложностью обеспечения их долговечности, выполняемых в многоэтажном строительстве с применением пустотелого лицевого керамического кирпича [1].

К вопросу о нормировании

В России действующих государственных нормативных документов на клинкерный кирпич до настоящего времени не существует. Попытки произвести и выпустить его на рынок, предпринимаемые в последние годы разными предприятиями, осуществляются при нормативном обеспечении в рамках заводских технических условий. ГОСТ на клинкерный кирпич для мощения находится в стадии обсуждения первой редакции. ГОСТ на клинкерный кирпич как материал, а не изделие, не планируется. Нормативного определения понятия «клинкерный кирпич» не дано. Поэтому для формализованного описания и классификации клинкерного кирпича в настоящий момент целесообразно использовать иностранные наработки.

Так, классификация клинкерных строительных материалов приведена в DIN 105 (в настоящий момент заменен на EN 771-1 [2, 3]). Основное разделение проведено по плотности, от полного клинкера (KMz)



Рис. 3. Разнообразие фактур и расцветок лицевого клинкерного кирпича

с плотностью 2–2,2 г/см³ до высокопустотного клинкера (KNLz) с плотностью 1,6–1,8 г/см³.

Основные нормируемые и контролируемые характеристики клинкерных изделий: плотность; водопоглощение; морозостойкость; прочность при сжатии. В зависимости от предполагаемой области применения **могут контролироваться и другие характеристики:** прочность при изгибе; истираемость; высолообразование; сопротивление сколжению; характеристики формы и внешнего вида изделий.

Представляется целесообразным при нормировании керамических строительных материалов включить в нормативное поле материалы со всем спектром значений водопоглощения керамического камня, от практически нулевого до неограниченно высокого, проведя их разделение по рекомендуемым областям применения.

Новая производственная линия на Никольском кирпичном заводе («ЛСР»–«Стеновые»)

На Никольском кирпичном заводе (Ленинградская обл.), входящем в бизнес-единицу «ЛСР»–«Стеновые» Группы ЛСР, запущенном в конце 2012 г., готовится к вводу линия по производству клинкерного кирпича проектной производительностью 25 млн шт. усл. кирпича. Это будет первое в России современное специализированное производство клинкера. Проектные возможности линии позволяют обеспечивать широкую номенклатуру выпускаемой продукции, а также возможность выпуска изделий мелкими партиями, что предполагает возможность поддержания и оперативного пополнения ассортимента ряда.

Технические характеристики линии позволяют выпускать полнотелый и пустотелый клинкерный кирпич нормального и евроформата, лекальный кирпич различной формы, включая лотковый, карнизный и парпетный. Возможен выпуск клинкерных подоконников, тротуарного клинкерного кирпича и облицовочной плитки формата под кирпич. Быстрая переналадка и возможность выпуска продукции малыми партиями обеспечиваются наличием на линии семи сушильных камер с раздельными режимами сушки сырья.

В составе линии также предусмотрено оборудование, обеспечивающее возможность получения широкой цветовой и фактурной гаммы изделий. Лицевую поверхность клинкерного кирпича можно обсыпать различными декоративными материалами и ангобировать.

Перспективы рынка клинкерного кирпича

В связи с запуском линии клинкерного кирпича в Ленинградской области перспективы рынка клинкера в России должны оцениваться с учетом активного замещения импорта. Не подлежат замещению продукцией «ЛСР» поставки в восточные регионы России из Китая и Южной Кореи. Сохранится и импорт клинкерного кирпича с высокой декоративностью из стран Евросоюза: мелкосерийные партии кирпича, различающиеся фактурой, формой, цветом и размером и имеющие художественную ценность (рис. 3), продолжают на-

Из «Иллюстрированного урочного положения» графа Н.И. де Рошефора, 1916 [4]

«По степени обжига кирпич разделяется на три вида: 1) сильно обожженный (железный и полужелезный), издающий высокий звук и употребляемый в гидротехнических сооружениях, на фундаменты в сырых местах и на цоколь, по недостатку или дороговизне камня; 2) хорошо обожженный и звенящий (в Петрограде по цвету красный, а в других местах — белый, желтый, бурый), годный для всякого употребления в сухих местах; 3) слабо обожженный (в Петрограде по цвету алый), издающий глухой звук и употребляемый на хозяйственные постройки, на внутренние стены неважных казенных и частных зданий, на смазку полов и потолков, на стены калориферных камер и т. п.»

ходить на российском рынке своих поклонников, но не будут определять структуру рынка клинкерных стеновых и дорожных материалов.

Однако высокая производительность запускаемой линии, позволяющая выпускать большой объем кирпича с высокой степенью однородности продукции как внутри партии, так и между партиями, разделенными по времени выпуска, позволит впервые использовать клинкер для мощения больших пространств в общественно-деловой и жилой зонах российских городов. Поскольку клинкерное мощение значительно долговечнее асфальтобетонного покрытия и мощения бетонной вибролитой или гиперпрессованной плиткой, применение клинкера оправданно с точки зрения эконо-

мии при долговременной эксплуатации, а значит, перспективно при бюджетном финансировании.

Клинкерный кирпич производства «ЛСР»–«Стеновые» выводится на рынок под маркой RAUF Design. Мы ожидаем, что в случае его успешного продвижения и возникновения устойчивого спроса на клинкерный кирпич российского производства выпуск данного вида продукции в значимых для рынка количествах начнут и другие российские производители керамических строительных материалов, освоив выпуск клинкера на специализированных технологических линиях.

Выводы

Вышесказанное позволяет сделать следующие выводы:

- применение клинкерного кирпича («сильнообожженного») в России имеет давнюю историю;
- нормативное определение клинкерного кирпича отсутствует, традиции применения утрачены;
- современный рынок клинкерного кирпича формируется импортом и определяется декоративностью, а не техническими характеристиками;
- запуск линии по производству клинкерного кирпича в составе Никольского кирпичного завода Группы ЛСР с установленной мощностью, сопоставимой с общим объемом потребления клинкерного кирпича в России, существенно повлияет на структуру рынка, поскольку обладает большим потенциалом к замещению импорта.

Список литературы

1. Ананьев А.А., Козлов В.В., Дуденкова Г.Я., Ананьев А.И. Долговечность лицевого керамического кирпича и камня в наружных стенах зданий // Строительные материалы. 2007. № 2. С. 56–58.
2. DIN 105-4: 1984-05 Mauerziegel. Aus. 8/89 (Кирпич строительный).
3. EN 771-1:2003 Specifications for masonry units. Part 1. Clay bricks. (Требования к элементам для каменной кладки. Ч. 1. Кирпич глиняный.)
4. Иллюстрированное урочное положение: пособие при составлении и проверке смет, проектировании и исполнении работ. 6-е испр. изд. Под ред. Н.И. де Рошефора. Петроград: Типография Петроградской одиночной тюрьмы, 1916. 694 с.

К 60-летию

Анатолия Николаевича ЛИВАДЫ,

генерального директора ЗАО «ФОН»
(Республика Татарстан)



Анатолий Николаевич Ливада родился 21 апреля 1953 г. в г. Поронайске Сахалинской области. Начав трудовую деятельность рабочим, он после службы в рядах Вооруженных сил совмещал работу на Казанском химическом заводе, где успешно продвигался по карьерной лестнице, и учебу в Казанском филиале Московского энергетического института, который успешно закончил в 1982 г. по специальности инженер-электрик.

Организационные способности, умение работать с людьми, энергичность и настойчивость в достижении цели позволили Анатолию Николаевичу в непростое время социально-экономических преобразований в 1995 г. встать у руля крупной строительной фирмы «ФОН», со временем развившейся в группу компаний, основным видом деятельности которой стало строительство жилья по индивидуальным проектам, а также объектов социального назначения с использованием прогрессивных строительных технологий и современных материалов. В настоящее время в группе компаний «ФОН» в общей сложности трудится более тысячи человек.

Постепенно с увеличением объемов строительства возникла необходимость в собственной промышленной производственной базе, которая была создана в пос. Дербышки. На ней производятся столярные, железобетонные изделия, металлоконструкции, товарный бетон и раствор.

В начале 2000-х гг. ЗАО «ФОН» стало активно участвовать в дорожно-строительных работах. В 2004 г. по инициативе А.Н. Ливады был приобретен асфальтосмесительный завод немецкой марки Teltomat, который обеспечил собственные потребности группы в асфальте.

Строительство высококачественного экологически безопасного жилья является для руководства группы компаний «ФОН» приоритетной задачей. С целью обеспечения собственных строительных объектов высококачественными стеновыми материалами в 2008 г. в п. Ключищи Верхнеуслонского района Республики Татарстан запущен новый завод по производству керамического кирпича мощностью 60 млн усл. шт. в год. Строительство нового завода позволило также создать более 200 новых рабочих мест. В настоящее время завод «Ключищинская керамика» является одним из ведущих предприятий по производству стеновой керамики в Татарстане.

Почти за 18 лет работы под руководством А.Н. Ливады группа компаний «ФОН» построила 78 жилых домов

различной категории сложности и комфортности общей площадью около 800 тыс. м²; торговый комплекс «Савиново» общей площадью 47 тыс. м²; 6-этажный автомобильный паркинг; 3-этажный гаражный комплекс на 800 боксов; офисный центр. В настоящее время ведется строительство шести жилых домов в Казани и семи жилых домов в различных районных центрах Татарстана.

А.Н. Ливада тесно сотрудничает с республиканскими и городскими властями, которые неоднократно привлекали фирму «ФОН» к реализации бюджетных строительных объектов. При финансовой поддержке ЗАО «ФОН» ведется восстановление храма в г. Нижнем Услоне, помогает компания Епархиальному Кизическому Введенскому мужскому монастырю, республиканскому обществу инвалидов и фонду «Победа», казанской школе-интернату № 4 и многим другим. С марта 2010 г. Анатолий Николаевич возглавляет попечительский совет ГУЗ «Республиканский дом ребенка специализированный».

Достижения возглавляемой А.Н. Ливадой фирмы «ФОН» отмечены многими наградами и дипломами республиканских и общероссийских строительных выставок и конкурсов, среди которых диплом Всероссийского конкурса на лучшую организацию, принимающую участие в реализации приоритетного национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России».

Личные достоинства и достижения прогрессивно мыслящего человека с оригинальными, смелыми идеями, высококлассного специалиста, энергичного руководителя Анатолия Николаевича Ливады отмечены почетной грамотой Президента Республики Татарстан «За достижения в области строительства», медалью «В память 1000-летия Казани», почетным знаком «Строительная слава», почетной грамотой Министерства строительства РТ, почетной грамотой Министерства регионального развития РФ. Анатолию Николаевичу присвоено почетное звание «Заслуженный строитель Республики Татарстан», он является лауреатом премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники.

А.Н. Ливада и ЗАО «ФОН» – активные участники издательского международного информационно-аналитического проекта КЕРАМТЭКС.

Редакция журнала «Строительные материалы»[®] и коллеги сердечно поздравляют Анатолия Николаевича Ливаду с 60-летием и желают крепкого здоровья, дальнейших успехов во всех начинаниях, процветания и благополучия.

made in Italy



MARCHELUZZO

LEADER NELLA REALIZZAZIONE DI IMPIANTI COMPLETI PER LA PRODUZIONE DI LATERIZI. LA MARCHELUZZO IMPIANTI GARANTISCE SEMPRE NUOVE SOLUZIONI AFFIDABILI NEL TEMPO.

Лидер по проектированию и выпуску автоматизированных линий "под ключ" для производства керамического кирпича. "Marcheluzzo Impianti" гарантирует передовые технологические решения, надежность которых проверена временем.

MARCHELUZZO IMPIANTI

MARCHELUZZO IMPIANTI s.r.l.
via Brenta, 7 - 36033 - Castelnuovo di Isola Vicentina (VI) ITALY
Tel. +39 0444 975385 - Fax +39 0444 977693
www.marcheluzzo.com - info@marcheluzzo.com

ВДТР

Занятия проводят доктора наук, профессора СГТУ, академики транспорта РФ, эксперты Минюста РФ, ведущие специалисты строительной и транспортной отрасли

Поволжский учебно-исследовательский центр «ВОЛГОДОТРАНС» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Поволжский учебно-исследовательский центр «ВОЛГОДОТРАНС» СГТУ приглашает экспертов и специалистов строительной отрасли на стажировку (73 часа) с выдачей удостоверений государственного образца и квалификационных аттестатов по программам дополнительного профессионального образования:

- Испытания строительных материалов. Методы и приборы для испытаний
- Дорожно-строительные материалы. Лабораторный контроль качества
- Государственный надзор и контроль качества строительства
- Строительный контроль за строительством, реконструкцией, капитальным ремонтом зданий и сооружений
- Судебная строительно-техническая экспертиза
- Экспертиза проектно-сметной документации
- Строительство зданий и сооружений I, II уровня ответственности
- Землеустроительная экспертиза
- Экспертиза инженерных систем зданий и сооружений
- Инженерно-геодезические изыскания
- Инженерно-геологические изыскания, инженерно-геотехнические изыскания
- Безопасность строительства и осуществление строительного контроля по программам СРО



410054 Саратов,
ул. Политехническая, 77
Тел / факс: (8452) 52-58-04
+7 917 217 62 89
E-mail: vdt_sstu@mail.ru
www.volgodortrans.ru



Австрийская компания PR Ceramic Engineering ведет кирпичные заводы успешным курсом

Компания PR Ceramic Engineering (PRC), находящаяся в Вельсе (Австрия), консультирует кирпичные заводы по всему миру в таких областях, как новое строительство, расширение и оптимизация производства в области разработки продукта, а также по вопросам управления предприятием, сбыта и маркетинга. За последние 20 лет PR Ceramic Engineering накопила солидный опыт успешного строительства кирпичных заводов (более 25 предприятий).



Анализ и выбор сырья – первый и основной шаг для успешного кирпичного производства



Первый в мире полностью оснащенный роботехникой завод по производству кирпича для кладки стен записала себе в актив фирма PR Ceramic Engineering



Курирование текущего производства с целью обеспечения количества и качество продукции и через длительный срок после ввода в эксплуатацию. С таким поручением клиенты часто обращаются в PRC

Особенность предоставляющего независимые консультации инженерного бюро заключается в компетенции предприятия, благодаря которой это бюро выполняет и продвигает проекты. Не важно, строится ли новый кирпичный завод, расширяется или модернизируется существующий, самым главным девизом является строгое соблюдение графика с учетом запланированных расходов. Команда, которую собрали Маркус Пихлер и братья Штефан и Михаэль Ренц, не только предоставляет производителям кирпича по всему миру свои знания и ноу-хау, но и сама производит кирпич и стеновые кирпичные элементы в Западной Европе, используя при этом свои инновационные технологии и разработки. Наряду с развитием производства обладающего высокой теплоизоляционной способностью многопустотного кирпича PRC сделала себе имя благодаря системе Drufix для неминерального заклеивания кирпича и патентованной системе Redbloc® – методу для производ-

ства крупноформатных керамических стеновых панелей. Компания также ведет успешную работу по автоматизации производства, на ее счету такие разработки, как первое применение робота-обработчика на кирпичном заводе или первый в мире полностью роботизированный завод по выпуску кирпича для кладки стен.

В рамках конференции КЕРАМ-ТЭКС в Москве 30 мая 2013 г. предусмотрена экскурсия на новое современное предприятие – Гжельский кирпичный завод (ГКЗ). Фирма PR Ceramic Engineering по поручению владельцев ГК «МонАрх» осуществляла сопровождение на этапе строительства завода и ввода в эксплуатацию. После запуска завода в мае 2012 г. уже к августу удалось выйти на стопроцентную производительность при выпуске облицовочного кирпича. В данный момент инженерное бюро PRC консультирует ГКЗ в рамках регулярного производства для оптимизации расходов и политики в отношении продукта.

PR Ceramic Engineering с даты ее основания в 2007 г. разработала и успешно внедрила индивидуальные концепции решения проблем для кирпичных заводов и групп инвесторов в России, Германии, Австрии, Венгрии, Хорватии и Сербии. PRC предоставляет консультации при проектировании, строительстве и оптимизации кирпичных заводов, ориентируясь на требования клиентов и сегментов рынка, которых обслуживает. Кроме того, инженерное бюро осуществляет по желанию клиента текущую производственную деятельность также в течение длительного периода времени с целью увеличения эффективности производственных процессов или оптимизации качества продукта. Ни одно инженерное бюро, работающее в грубой керамической промышленности, не предлагает консультации в таком обширном объеме, от анализа и выбора подходящих видов сырья до продажи изготовленной продукции.

www.pr-ceramic.com

А.А. МИНДУБАЕВ, инженер (almaz123@list.ru), М.Г. ГАБИДУЛЛИН, Р.З. РАХИМОВ, доктора техн. наук, Р.М. ГИЛЬФАНОВ, канд. техн. наук, Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

Моделирование и оптимизация составов клинкерного кирпича на основе модифицированной легкоплавкой глины

В настоящее время керамический кирпич составляет значительную долю среди облицовочных изделий. Актуальным направлением в керамической промышленности является выпуск клинкерного кирпича, который имеет повышенные показатели по прочности, долговечности, морозостойкости. Ведущие европейские страны выпускают клинкерный кирпич на протяжении веков. Клинкерный кирпич выпускался и в России до 1930–1940 гг., но с переориентацией промышленности стройматериалов СССР на дешевые массовые материалы и упрощением архитектурных форм производство клинкерного кирпича было свернуто. В настоящее время клинкерный кирпич востребован рынком, однако в основном он доставляется из-за рубежа.

В последнее время в ряде регионов РФ активно ведется разработка клинкерного кирпича на основе местного сырья. Анализ литературных источников показывает, что получение клинкерного кирпича возможно следующими способами: на основе тугоплавких глин [1, 2]; на основе специальных глин [3]; с добавками диатомита и опок [4]; с добавлением отходов [5, 6]; из огнеупорных глин [7]; с добавлением шлаков ТЭС [8] и комплексных добавок [9]. Республика Татарстан, как и многие регионы нашей страны, не обладает месторождениями тугоплавких глин, но располагает большими запасами легкоплавких глин. В связи с этим является актуальным развитие производства клинкерного кирпича модификацией легкоплавких глин добавками привозимых из других регионов тугоплавких глин и магматических пород.

На кафедре строительных материалов КазГАСУ доказана возможность производства клинкерного кирпича марки 300–1500 на основе местных легкоплавких

глин и комплексных добавок в виде тугоплавких глин и перлита [9].

С целью выявления зависимости основных физико-механических свойств клинкерного кирпича от различных технологических факторов была проведена серия опытов с планированием эксперимента. Интервалы варьирования исходных факторов были установлены на основании предварительных лабораторно-технологических исследований (табл. 1).

Время обжига, содержание воды, температура помещения и другие показатели почти не менялись.

Материалы исследования

Легкоплавкая глина – среднепластичная ($P=17,5$), среднечувствительная к сушке, неспекающаяся, содержание крупных фракций до 20%. Минеральный состав: кварц – 35%; плагиоклаз – 7%; полевой шпат – 7%; глинистые минералы: монтмориллонит – 42%; слюда – 5%; хлорит и каолинит – 4%, отмечена примесь гетита.

Огнеупорная глина – огнеупорность 1610–1630°C, высокопластичная глина ($P=20-30$), глинистая фракция ($<0,001$ мм) 50–70%, тяжелая фракция в среднем 0,014%; представлена преимущественно лимонитом. Остаток на сите 0,056 мм $<6\%$, содержание крупнозернистых включений (0,5 мм) $<1\%$. Воздушная усадка 5–10%, спекаемость 1100–1200°C, водопоглощение $<6\%$. Цвет керамического камня от светло-серого до кремового. Минеральный состав: каолинит 5055%; монтмориллонит 5–8%; гидрослюда 1–2%; свободный кремнезем 30–32%; прочие до 5%.

Перлит – вспученный мелкий перлитовый песок белого цвета марки М75 по ГОСТ 10832–91.

Химический состав материалов представлен в табл. 2.

Лабораторно-технологические исследования

Как правило, свойства строительных изделий от технологических факторов описываются зависимостями не выше второго порядка (1), поэтому для проведения эксперимента был выбран план Бокса (B3) [10] (табл. 3). В основе этого плана лежит полнофакторный эксперимент. В случае экспериментов с тремя факторами получен план с 17 опытами: восемь опытов в вершинах куба (координаты вершин куба определяются наибольшими или наименьшими значениями факторов); шесть опытов в центрах граней куба; три опыта в центре куба [11].

Таблица 1
Интервалы варьирования факторов

Факторы	Интервал изменения факторов в натуральных величинах	Интервал изменения факторов в кодированных величинах
Содержание огнеупорной глины	$25 \leq X \leq 75$ об. %	$-1 \leq X' \leq +1$
Содержание перлита	$5 \leq Y \leq 15$ об. %	$-1 \leq Y' \leq +1$
Температура обжига	$1000 \leq Z \leq 1200$ °C	$-1 \leq Z' \leq +1$

Таблица 2
Химический состав материалов

Наименование	Содержание оксидов в пересчете на сухое вещество, мас. %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O+Na ₂ O	ППП
Огнеупорная глина	60–65	20–23	2,5–3,5	1,2	0,1–3,6	0,8–1,26	–	0,6–1,2	7,5–8,5
Легкоплавкая глина	65–71	12,55–13,12	5,88–7,02	1–1,2	1,55–2,02	1,09–2,12	0,12–0,25	2,2–2,7	2,15–3,5
Перлит	65–75	10–16	До 3	–	До 2	До 1	–	До 9	–

Таблица 3

План экспериментов В3 и значения физико-механических характеристик клинкерного кирпича

Содержание огнеупорной глины, мас. %		Содержание перлита, мас. %		Температура, °С		Предел прочности при изгибе, МПа	Водопоглощение, мас. %	Средняя плотность, г/см ³	Линейная усадка, %	Объемная усадка, %	Цена шихты, р.
X	X'	Y	Y'	Z	Z'	R _{изг}	W	ρ _о	У _{лин}	У _{об}	C
75	+1	15	+1	1200	+1	8,56	4,82	2,1	9,61	26,2	1,74
75	+1	15	+1	1000	-1	4,99	12,35	1,92	6,9	19,1	1,74
75	+1	5	-1	1200	+1	8,68	5,03	2,07	10,49	25,7	1,64
75	+1	5	-1	1000	-1	4,33	13,64	1,91	7,9	18,5	1,64
25	-1	15	+1	1200	+1	10,93	2,43	2,21	12,06	28,8	0,9
25	-1	15	+1	1000	-1	3,95	11,55	1,94	8,6	19,6	0,9
25	-1	5	-1	1200	+1	12,47	2,42	2,19	11,2	26,8	0,71
25	-1	5	-1	1000	-1	4,62	10,54	1,97	8,3	18,1	0,71
75	+1	10	0	1100	0	6,16	10,95	2,03	9,54	22,4	1,65
25	-1	10	0	1100	0	7,72	8,7	2,08	9,5	24,3	0,8
50	0	15	+1	1100	0	9,32	9,48	2,02	9,85	23,2	1,32
50	0	5	-1	1100	0	8,52	9,36	2,09	10,09	25,2	1,13
50	0	10	0	1200	+1	10,57	2,25	2,19	11,09	30,3	1,22
50	0	10	0	1000	-1	6,53	10,28	2,06	8,9	24,8	1,22
50	0	10	0	1100	0	9,31	9,85	2,06	9,97	24,1	1,22
50	0	10	0	1100	0	8,46	8,85	2,06	10,41	26	1,22
50	0	10	0	1100	0	7,85	8,84	2,05	9,75	24	1,22

$$A(X, Y, Z) = b_0 + b_1 \cdot X^2 + b_2 \cdot Y^2 + b_3 \cdot Z^2 + b_4 \cdot X \cdot Y + b_5 \cdot X \cdot Z + b_6 \cdot Y \cdot Z + b_7 \cdot X + b_8 \cdot Y + b_9 \cdot Z, \quad (1)$$

где A – искомая физико-механическая характеристика клинкерного кирпича; b_i – коэффициент уравнения регрессии; X, Y, Z – изменяющиеся факторы (содержание огнеупорной глины, перлита, температура обжига).

Лабораторно-технологические исследования проводились в следующей последовательности. Легкоплавкая глина размалывалась в шаровой мельнице до удельной поверхности 2500 см²/г и просеивалась через сито 0,63 мм. Огнеупорная глина подвергалась помолу в вибрационной мельнице СВМ-3 до удельной поверхности 7000 см²/г. Смешивание компонентов шихты производили ручным способом в чашах, куда одновременно добавляли 19% воды. Приготовленную массу упаковывали в герметичные полиэтиленовые пакеты и вылеживали в течение 24 ч. После этого шихту разминали и формовали контрольные образцы. Сушку образцов осуществляли в сушильной камере СНОЛ до остаточной влажности менее 4%, а обжиг – в лабораторной высокотемпературной электрической печи по следующему режиму: подъем температуры со скоростью 2°С/мин до максимальной температуры (1000, 1100, 1200°С) с выдержкой в течение 1,5 ч; медленное остывание образцов до 20°С происходило вместе с печью. После обжига и остывания образцов проводили испытания их основных свойств: водопоглощения и средней плотности по ГОСТ 7025–91, линейной и объемной усадки; прочностю на изгиб по ГОСТ 8462–85. Обработка результатов экспериментов, проведенных по плану В3 с помощью специальной программы, разработанной авторами, позволила построить зависимости (модели) для линейной усадки ($U_{лин}$), объемной усадки ($U_{об}$), средней плотности ($\rho_о$), водопоглощения (W), предела прочности при изгибе ($R_{изг}$), условной цены шихты (C) от изменения факторов в заданных интервалах.

$$U_{лин} = 0,0944 \cdot X + 0,0138 \cdot Z + 0,152 \cdot Y - 0,000848 \cdot X^2 - 0,00304 \cdot X \cdot Y - 7,77; \quad (2)$$

$$U_{об} = 0,39552 \cdot X - 0,3507 \cdot Z + 1,3168 \cdot Y - 0,0039552 \cdot X^2 + 0,0001765 \cdot Z^2 - 0,06584 \cdot Y^2 + 181,065; \quad (3)$$

$$\rho_о = 0,01216 \cdot X - 0,00631 \cdot Z + 0,002 \cdot Y - 0,0000576 \cdot X^2 + 0,0000034 \cdot Z^2 - 0,00128 \cdot Y^2 - 0,0000076 \cdot X \cdot Z + 0,000056 \cdot X \cdot Y + 0,000018 \cdot Z \cdot Y + 4,739; \quad (4)$$

$$W = -0,104824 \cdot X - 0,43336 \cdot Y + 0,544175 \cdot Z + 0,0051072 \cdot X^2 + 0,021668 \cdot Y^2 - 0,00025368 \cdot Z^2 - 263,6456; \quad (5)$$

$$R_{изг} = 0,6004 \cdot X + 0,0438 \cdot Z - 0,002496 \cdot X^2 - 0,000344 \cdot X \cdot Z - 44,42; \quad (6)$$

$$C = 0,017456 \cdot X + 0,01488 \cdot Y + 0,00001904 \cdot X^2 + 0,000476 \cdot Y^2 - 0,00018 \cdot Z \cdot Y + 0,1943. \quad (7)$$

При построении модели удельной цены (7) не учитывались такие факторы, как фонд заработной платы, общезаводские расходы на производство кирпича, налоги, температура обжига и т. д., так как на каждом конкретном заводе эти показатели будут различаться. И понятно, что чем выше температура обжига, тем выше стоимость кирпича.

Для получения достаточно надежных выводов модели (2)–(7) были проверены на адекватность по критерию Фишера и критерию максимальной относительной погрешности. Для модели линейной усадки расчетное значение критерия Фишера $F_{рас} = 0,818$, в то время как критическое значение $F_{кр} = F(0,05; 9; 2) = 519,395$. Поскольку $F_{рас} < F_{кр}$ для модели, то она является адекватной по критерию Фишера. Максимальная относительная погрешность между экспериментальными и расчет-

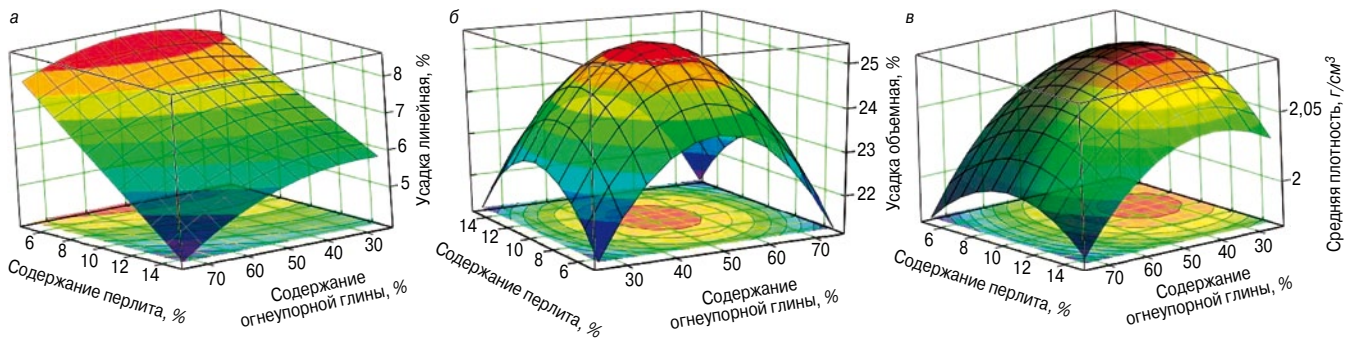


Рис. 1. Поверхность отклика линейной усадки (а); объемной усадки (б) и средней плотности (в) от изменения содержания перлита и огнеупорной глины при $Z=1100^{\circ}\text{C}$

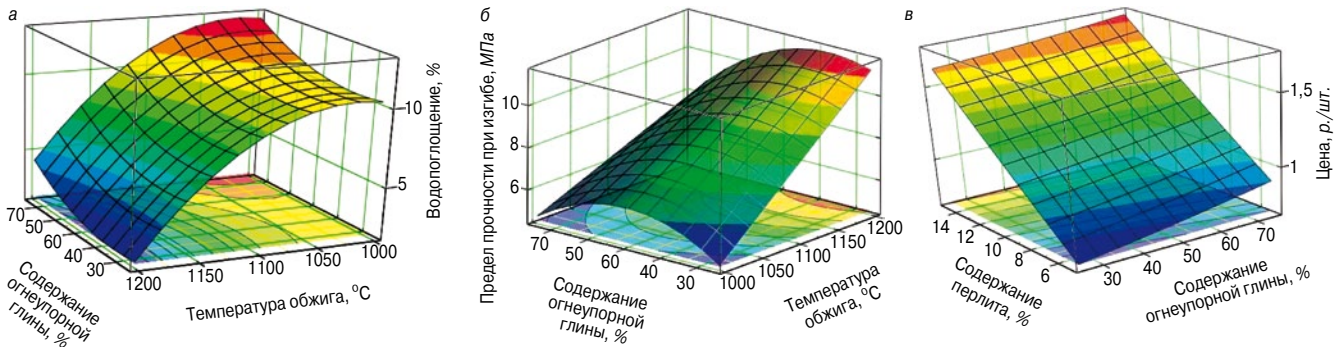


Рис. 2. Зависимость изменения водопоглощения (а); предела прочности при изгибе (б) и цены шихты (в) обожженных образцов

ными значениями, полученными для модели линейной усадки, не превышает $P_{\max}=6\%$, что меньше критического значения, составляющего $P_{кр}=10\%$, т. е. и по данному критерию модель (2) является адекватной. Результаты проверки на адекватность моделей (3)–(7) представлены в табл. 4.

Данные табл. 4 позволяют сделать вывод, что модели (2)–(7) являются адекватными. Поэтому их можно использовать при решении задач оптимизации по подбору технологических факторов, обеспечивающих наилучшие значения свойств строительных изделий.

При производстве клинкерного кирпича желательнее, чтобы линейная усадка была как можно более низкой. Путем решения задачи оптимизации $U_{\text{лин}} \rightarrow \min$, при $25 \leq X \leq 75\%$, $5 \leq Y \leq 15\%$, $1000 \leq Z \leq 1200^{\circ}\text{C}$ было установлено, что наименьшее значение линейной усадки $U_{\text{лин}}=7,2$ достигается при значении технологических факторов $X=75\%$, $Y=15\%$, $Z=1000^{\circ}\text{C}$. Также по модели (2) была построена поверхность отклика (рис. 1, а), характеризующая влияние содержания перлита и огнеупорной глины на общую линейную усадку клинкерного кирпича при температуре обжига $Z=1100^{\circ}\text{C}$.

Так как в трехмерном пространстве нельзя представить поверхность отклика от трех независимых факторов, на рисунках поверхности откликов построены при фиксированном значении одного из факторов.

Анализ характера поверхности отклика для линейной усадки $U_{\text{лин}}$ при температуре обжига $Z=1100^{\circ}\text{C}$ позволяет отметить, что наиболее низкое значение линейной усадки наблюдается при максимальном содержании огнеупорной глины (75 об. %) и перлита (15 об. %). При этом чем больше добавляется перлита, тем ниже линейная усадка, что объясняется отсутствием изменения размеров при сушке предварительно высушенных частиц перлита, который выступает в роли отошителя.

Объемная усадка имеет важное технологическое значение. Она влияет на качество кирпича при сушке, и чем меньше ее значение, тем лучше. Путем решения задачи оптимизации $U_{\text{об}} \rightarrow \min$, при $25 \leq X \leq 75\%$, $5 \leq Y \leq 15\%$, $1000 \leq Z \leq 1200^{\circ}\text{C}$ было установлено, что наименьшее

значение объемной усадки $U_{\text{об}}=19,219$ достигается при значении технологических факторов $X=75\%$; $Y=15\%$; $Z=1000^{\circ}\text{C}$. Также была построена поверхность отклика (рис. 1, б) для объемной усадки ($U_{\text{об}}$) клинкера от тех же варьируемых факторов при температуре обжига $Z=1100^{\circ}\text{C}$. По характеру поверхности отклика видно, что содержание огнеупорной глины сильнее влияет на объемную усадку.

Для клинкерного кирпича одной из важных характеристик является средняя плотность. При производстве клинкерного кирпича желательнее, чтобы средняя плотность была как можно больше. После решения задачи оптимизации, $\rho \rightarrow \max$, при $25 \leq X \leq 75\%$, $5 \leq Y \leq 15\%$, $1000 \leq Z \leq 1200^{\circ}\text{C}$ было определено, что максимальная средняя плотность клинкерного кирпича достигается при содержании огнеупорной глины $X=50\%$, перлита $Y=10,31\%$, при температуре обжига $Z=1200^{\circ}\text{C}$ и составляет $\rho_0=2,207 \text{ г/см}^3$. На рис. 1, в показана поверхность отклика для средней плотности от содержания огнеупорной глины и перлита при $Z=1100^{\circ}\text{C}$. По характеру этой поверхности отклика можно заключить, что содержание огнеупорной глины оказывает большее влияние на среднюю плотность, чем содержание перлита.

Водопоглощение оказывает влияние на морозостойкость, а значит, и на долговечность клинкерного кирпича.

Важно, чтобы водопоглощение было минимально, так как оно влияет на морозостойкость и атмосферо-

Таблица 4
Адекватность построенных моделей

Название модели	Критерий Фишера $F_{\text{рас}}$	Максимальная погрешность P_{\max} , %
Линейная усадка (2)	0,818	6,08
Объемная усадка (3)	0,892	7,25
Средняя плотность (4)	4,3	2,28
Водопоглощение (5)	0,291	7,82
Предел прочности при изгибе (6)	0,572	9,85
Условная цена (7)	0,707	2,12

стойкость кирпича. Была решена задача оптимизации $W \rightarrow \min$, при $25 \leq X \leq 75\%$, $5 \leq Y \leq 15$, $1000 \leq Z \leq 1200^\circ\text{C}$. В результате было установлено минимальное значение $W=2,127$, которое достигается при следующих значениях технологических факторов: $X=50\%$; $Y=10\%$; $Z=1200^\circ\text{C}$. Для модели (5) была построена поверхность отклика (рис. 2, а), анализируя которую можно сделать вывод, что чем меньше в составе клинкерного кирпича огнеупорной глины и выше температура обжига, тем ниже водопоглощение. Содержание перлита не влияет на водопоглощение.

Важным показателем для клинкерного кирпича является предел прочности при изгибе. С помощью построенной модели (6) была решена задача оптимизации $R_{\text{изг}} \rightarrow \max$, при $25 \leq X \leq 75\%$, $5 \leq Y \leq 15\%$, $1000 \leq Z \leq 1200^\circ\text{C}$. В результате было установлено, что максимальное значение $R_{\text{изг}}=11,09$ достигается при значениях $X=50\%$, Y – любое, $Z=1200^\circ\text{C}$. На рис. 2, б представлена поверхность отклика предела прочности при изгибе при 1100°C от содержания перлита и огнеупорной глины. Характер поверхности показывает, что температура оказывает большее влияние, чем содержание огнеупорной глины.

На рис. 2, в представлена поверхность отклика условной цены шихты от технологических факторов при температуре обжига $Z=1100^\circ\text{C}$. По характеру этой поверхности можно сказать, что содержание перлита влияет на цену кирпича больше, чем содержание огнеупорной глины.

Приведенные расчеты показывают, что большее влияние на водопоглощение, плотность после обжига, предел прочности при изгибе клинкерного кирпича оказывает температура обжига. Основное влияние на линейную и объемную усадку, условную цену шихты оказывает содержание перлита.

Для повышения конкурентоспособности клинкерного кирпича на рынке отделочных материалов необходимо, чтобы стоимость его была меньше. Поэтому необходимо подобрать такие значения технологических факторов, при которых стоимость шихты для одного кирпича минимальна при удовлетворении характеристик материала следующим свойствам: водопоглощение 3–6%, предел прочности при изгибе больше 7 МПа. Математическая формулировка этой задачи имеет следующий вид:

$$C(X, Y, Z) \rightarrow \min \quad (8)$$

при $W < 6$, $R_{\text{изг}} > 7$, $25 \leq X \leq 75$, $5 \leq Y \leq 15$, $1000 \leq Z \leq 1200$.

В результате решения (8) установлено, что наименьшая условная стоимость шихты составляет $C=0,706$ р./шт. в пересчете на один кирпич у образца с содержанием огнеупорной глины $X=25\%$, перлита $Y=5\%$, при температуре обжига $Z=1200^\circ\text{C}$. При этом водопоглощение кирпича составляет $W=4,732\%$, а прочность при изгибе $R_{\text{изг}}=11,24$ МПа.

Поскольку марка кирпича во многом определяется прочностью и желательнее его производить с максимальной прочностью, была решена задача оптимизации: подобрать такие значения технологических факторов, чтобы предел прочности при изгибе был максимален при удовлетворении характеристик кирпича следующему требованию: стоимость шихты для одного кирпича была менее 1 р./шт. Математическая формулировка этой задачи имеет вид:

$$R_{\text{изг}}(X, Y, Z) \rightarrow \max \quad (9)$$

при $C < 1$, $25 \leq X \leq 75$, $5 \leq Y \leq 15$, $1000 \leq Z \leq 1200$.

В результате решения (9) было установлено, что максимальная прочность при изгибе $R_{\text{изг}}=11,589$ МПа наблюдается у образца с содержанием огнеупорной глины $X=36,298\%$, перлита $Y=5\%$, при температуре обжига

$Z=1200^\circ\text{C}$, при этом условная стоимость шихты одного кирпича составляет $C=0,92$ р./шт.

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Впервые по результатам трехфакторного эксперимента, проведенного по плану ВЗ, установлены зависимости изменения основных физико-механических свойств клинкерного кирпича на основе легкоплавких глин от изменения содержания сырьевых компонентов и температуры обжига. Установленные зависимости могут быть использованы для получения широкого ассортимента клинкерного кирпича.
2. Экспериментально доказана возможность повышения предела прочности при изгибе клинкерного кирпича в 3,5 раза путем варьирования содержания огнеупорной глины, перлита, температуры обжига.
3. В лабораторных условиях получен клинкерный кирпич с максимальным пределом прочности при сжатии 80 МПа и при изгибе 11,1 МПа, водопоглощением 3%, плотностью 2,16 г/см³, условной стоимостью шихты 0,98 р./шт.

Предложенный способ может быть полезен технологическим службам предприятий, планирующих производство клинкерного кирпича на основе местного сырья и привозных добавок.

Ключевые слова: клинкерный кирпич, перлит, легкоплавкая глина, моделирование, оптимизация.

Список литературы

1. Будников П.П. и др. Технология керамики и огнеупоров. М.: Промстройиздат, 1954.
2. Езерский В.А. Клинкер. Технология и свойства // Строительные материалы. 2011. № 4. С. 79–81.
3. Соколов Я.А. Клинкер и его производство. М., 1949. 68 с.
4. Салахов А.М., Фасеева Г.Р., Гизатуллин Б.И., Лядов Н.М., Болтакова Н.В. Клинкерная керамика: от лаборатории к промышленному производству // Строительные материалы. 2011. № 4. С. 60–62.
5. Терешин С.А., Коробков А.М., Ильичева О.М. Высокопрочная керамика из легкоплавких глин с добавкой металлических порошков. Сб. науч. трудов «Достижения и проблемы материаловедения и модернизации строительной индустрии». Т. 1. Мат-лы XV академических чтений РААСН. Казань: КГАСУ, 2010. С. 457–460.
6. Вакалова Т.В., Погребенков В.М., Верещагин В.И., Рева И.Б. Управление качеством строительной и теплоизоляционной керамики путем проектирования состава массы // Строительные материалы. 2007. № 2. С. 27–30.
7. Морозова С.В., Пермяков Е.Н., Корнилов А.В., Лыгина Т.З., Гревцев В.А. Клинкерная керамика на основе легкоплавких полиминеральных глин. Сб. науч. трудов «Достижения и проблемы материаловедения и модернизации строительной индустрии». Т. 1. Мат-лы XV академических чтений РААСН. Казань: КГАСУ, 2010. С. 420–424.
8. Шкарлинский О.Ф., Садунас А.С. Керамическая масса для изготовления стеновой керамики. А. с. 592795 СССР // Оpubл. 15.02.78 Б.И. № 6.
9. Миндубаев А.А., Габидуллин М.Г. Высокомарочный клинкерный кирпич // Известия КазГАСУ. 2011. № 16. С. 209–212.
10. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В., Огарков Б.Л. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ. Киев: Высшая школа, 1987, 328 с.
11. Ахмадиев Ф.Г., Гильфанов Р.М. Математическое моделирование и оптимизация «состав-свойство» многокомпонентных смесей // Известия КГАСУ. 2012. № 2(20). С. 289–297.

Гранулированное пеностекло — перспективы развития

Пеностекло является уникальным материалом и может применяться в любых климатических условиях на различных строительных объектах. Гранулированное пеностекло в течение последних десяти лет в России выпускалось несколькими производителями небольшими партиями на производствах невысоких мощностей. В настоящее время нарабатан значительный опыт производства и применения этого материала. Тем не менее гранулированное пеностекло не стало массовым материалом, что связано как со сложностями технологии, так и с его высокой себестоимостью.

Инновационные технологические решения, разработанные в последние годы, позволили не только снизить себестоимость, сделав материал доступным для широкого круга потребителей, но и оптимизировать производство.

Для обсуждения новых технологических решений и возможностей применения гранулированного пеностекла 31 января 2013 г. в ЦВК «Экспоцентр» (Москва) в рамках выставки «Отечественные строительные материалы-2013» проведена научно-практическая конференция «**Модернизация технологии гранулированного пеностекла и перспективы использования материала**».

Следует отметить, что мероприятие, где собрались специалисты, имеющие реальный опыт производства и применения гранулированного пеностекла, состоялось впервые.



А.А. Кетов

С вступительным докладом «Технология гранулированного пеностекла — новые технические решения для доступности материала» выступил директор ООО «ТеплоСтек» д-р техн. наук А.А. Кетов. На основании классической технологической схемы производства гранулированного пеностекла из стеклобоя были показаны принципиальные ограничения известного метода, связанные с сырьевыми ресурсами,

сложностью производства мелких фракций и низким силикатным модулем продукта.

В связи с этим предложены и реализованы новые технические решения, основанные на следующих принципах:

- получение в качестве сырья не механической смеси компонентов, а химического соединения, содержащего в составе все необходимые компоненты как для стеклообразования, так и для газовой выделения;
- термический синтез стекла из гидросиликатов с одновременным газообразованием;
- невысокая по сравнению с традиционным стекловарением температура синтеза материала, не превышающая 850°C;
- вспенивание силиката в пиропластичном состоянии выделяющимися парами воды, причем последние для увеличения газовой выделения могут служить окислителем углерода, добавляемого в исходную композицию.

В результате реализации предложенной технологии появляется возможность расширения круга производителей гранулированного пеностекла, существенного понижения его стоимости и повышения качества.

Президент СтеклоСоюза канд. экон. наук В.И. Осипов в докладе «Опыт применения пеностекла в строительстве и правовые проблемы при его внедрении» остановился на вопросах сертификации материала. Отмечено, что на территории Российской Федерации ГОСТов на пеностекло

нет. СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий» определяет методы расчета, разработанные на основе технологии применения минеральной ваты и пенопластов. Технологические документы по проектированию и строительству с учетом свойств пеностекла нет, так же как и документов, определяющих нормы и правила производства работ. Отсутствие нормативных документов тормозит применение пеностеклянных материалов в строительстве.



В.И. Осипов

Между тем на территории европейских стран действует EN 13167 «Thermal insulation for buildings-CG-cellular glass 2008». Этот стандарт ссылается на выполнение требований еще 32 нормативов: EN 822, EN 823, EN 824, EN 825, EN 826:1996, EN 1602, EN 1603, EN 1604, EN 1605, EN 1606, EN 1607, EN 1608, EN 1609, EN 12086:1997, EN 12087, EN 12089, EN 12090, EN 12430, EN 12667, EN 12939, EN 13172:2008, EN 13471:2001, EN 13501-1, EN 13820, EN 3823, EN ISO 354, EN ISO 1182, EN ISO 1716, EN ISO 9229:2007, EN ISO 11654, EN ISO 11925-2, ISO 12491. Дополнительно EN ISO 10456 определяет процедуру подтверждения долговечности теплотехнических свойств.

Мировой опыт показывает, что пеностекло применяется в зданиях с повышенным уровнем ответственности; при классификации здания как уникальное; в зданиях с влажным и мокрым режимами эксплуатации; в конструкциях со сроком безремонтной эксплуатации более 50 лет.

Климатические условия РФ, активное развитие объемов строительства (федеральные программы, иностранные инвестиции и др.) определяют активное применение утеплителей. Доля пеностекла может составить минимум 10% от всего объема утеплителей.

В странах Западной Европы ежегодно потребляется 1 млн м³ пеностекла. В Китае за последние четыре года построено более 10 заводов по производству этого эффективного утеплителя общей производительностью более 1,5 млн м³. По мнению докладчика, количество пеностекла, необходимое для удовлетворения потребности российского рынка, составляет минимум в 50 раз больше фактического (~70 тыс. м³ в год), но именно отсутствие нормативной и правовой базы сдерживает его производство.



Зал



Н.В. Болховитин

Вице-президент НПЦ «Стройтех» Н.В. Болховитин подчеркнул, что для решения жилищной проблемы нужна домостроительная система, отвечающая современным требованиям качества, сроков строительства, стоимости, долговечности, энергоэффективности, сейсмостойкости, пожарной и санитарной безопасности.

Индустриальной реализацией разработанной НПЦ «Стройтех» универсальной домостроительной системы является современный домостроительный комбинат «ДСК XXI века», в который входят технологическая линия безопалубочного формования железобетонных изделий, линия производства ограждающих конструкций (крупнопанельных или мелкоштучных), участок изготовления колонн и доборных элементов, бетоносмесительное оборудование.

Одной из наиболее важных в жилищном строительстве является проблема стены. Это в настоящее время актуальная многогранная и очень запутанная тема. Основные направления анализа на первом этапе – варианты теплоэффективной панели, технология производства и применения многощелевых керамоблоков, пеностекло как эффективный утеплитель, различные варианты термоблоков. Другими проблемами являются производство строительных материалов из техногенных отходов, расширение номенклатуры железобетонных изделий, производимых по современным технологиям, и др.



М.Я. Бикбаев

Генеральный директор ОАО «Московский институт материаловедения и эффективных технологий» д-р хим. наук М.Я. Бикбаев в своем выступлении рассмотрел технологию получения теплоизоляционных материалов, изделий и конструкций, заключающуюся в формировании микрооболочек жидких веществ на дисперсных частичках или зернах различного происхождения с последующим омоноличиванием изделий.

Суть процесса состоит в применении центробежных воздействий на зерна легких заполнителей – пеностекла, керамзитового гравия, гранул пенополистирола, древесную щепу, которые обеспечивают их интенсивное перемещение вместе с вязущим по внутренней поверхности оригинального оборудования и активное, за несколько десятков секунд, втирание вязущего в верхние слои зерен капсулируемого материала. По новой технологии можно осуществлять монолитное строительство ограждающих конструкций и изготовление различной номенклатуры теплоизоляционных изделий в виде блоков, скорлуп и др.

Директор по развитию завода строительных смесей «ПОБЕДИТ» А.М. Тихонко рассказал об опыте использования гранулированного пеностекла в теплоизоляционных штукатурных составах. Изоляция конструкций теплоизоляционными штукатурными составами не всегда экономически оправдана.

«Теплыми» штукатурными составами обычно называют сухую смесь пористого наполнителя, пластификаторов и вяжущих компонентов, которыми являются гипс (для внутренних работ) или портландцемент (для наружных работ). Теплоизоляционные штукатурные составы отличаются от

обычных наличием пористого заполнителя с малой теплопроводностью, но заполнитель бывает различного происхождения. Наиболее известные заполнители – это вспученные пески на основе перлита и вермикулита, древесные опилки, гранулы пенополистирола, мелкофракционный керамзит, а также вспененные в вакууме гранулы кремния или стекла. Физические свойства заполнителей, такие как плотность, водопоглощение, паропроницаемость, прочность, теплопроводность, устойчивость к воздействию плесени, грызунов и др., токсичность, определяют свойства теплоизоляционных штукатурок.

Составы с заполнителем из пеностекла обладают рядом отличительных свойств. Гранулы пеностекла имеют мелкопористую структуру и практически не сорбируют, а значит, и не накапливают влагу, но при этом хорошо пропускают воздух и водяной пар. Штукатурка на основе пеностекла представляет собой прочное водонепроницаемое, огнестойкое и паропроницаемое покрытие с высоким коэффициентом теплосопrotivления при высокой степени экологической безопасности.

Коэффициент теплопроводности теплых штукатурок на базе пеностекла значительно ниже, чем у штукатурок на основе перлита и вермикулита, но несколько выше, чем у лучших марок штукатурок на основе пенополистирола. Однако композиции с пенополистиролом значительно проигрывают по прочностным показателям составам с гранулами пеностекла.

Дополнительным преимуществом такого типа покрытий является тот факт, что теплые штукатурки не нуждаются в дополнительной финишной отделке и предоставляют простор для дизайнерской фантазии. При применении гранул размером 1–3 мм для поверхностного слоя конечная поверхность имеет характерный шероховатый законченный декоративный вид, причем индивидуальные фактурные особенности можно формировать дополнительно специальными валиками прямо при нанесении. Штукатурки из пеностекла благодаря особой пластичности рабочего раствора позволяют формировать на фасадах элементы декора, включая карнизы, колонны и др. Кроме того, материалы на основе пеностекла легко шлифуются и окрашиваются.

Единственной отрицательной чертой составов на основе пеностекла является их относительно высокая цена. В настоящее время на российском рынке наиболее известны три марки пеностеклянных штукатурок: WarmMix, штукатурка фирмы «ИВСИЛ» и «Победит ТМ-30 Penosteklo».

Генеральный директор ОАО «ЦКБ «МОНОЛИТ» В.А. Волков остановился на вопросах применения гранулированного пеностекла в легких бетонах плавучих конструкций. Были представлены физико-механические характеристики пеностекла различных видов и фракций, полученные в результате проведения лабораторных исследований как самих материалов, так и изготовленных образцов из разных подборов легкого бетона на гранулированном пеностекле. На основании полученных результатов испытаний образцов легкого бетона рассматривается перспектива применения пеностекла в судостроительной отрасли.

Вопросы производства и применения гранулированного пеностекла заинтересовали широкий круг специалистов и посетителей выставки «Отечественные строительные материалы–2013». Доклады вызвали много вопросов и оживленную дискуссию, во время которой участники конференции подчеркнули своевременность проведения конференции и актуальность рассматриваемой темы.

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

Реклама

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.



НОВАЯ ГАММА ЭКСТРУДЕРОВ МАГНА
РЕГУЛИРУЕМЫЕ И НАСТРАИВАЕМЫЕ ЭКСТРУДЕРЫ



Тальерес Фелипе ВЕРДЕС, С.А. Бизнес-центр "Хамовническая слобода" Москва
ул. Льва Толстого, д. 5/1, стр. 1, офис 710-В, РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
Тел. +7 916 554 64 88 · IKATINAV@VERDES.COM · WWW.VERDES.RU



Страсть для сжигания

Системы сжигания для печи и сушилки



Более 50 лет качества, надежности, инновации и исследования



Виа Michelino 77 - 40127 Болонья (BO) - ИТАЛИЯ - Тел: +39051511216 - Факс: +39051511032- info@bernini-impianti.it-www.bernini-impianti.it

САРACCIOLI ARAL – ВАЛЬЦЫ СУПЕРТОНКОГО ПОМОЛА LF – СЕРИЯ МАШИН

Новая линия вальцев супертонкого помола была спроектирована для производства материала высокого качества, которое отвечает самым высоким требованиям стандартов. Процесс производства кровельной черепицы, специальных единиц тонкой керамики, кирпича высокого качества отличен от процесса производства пустотелого блока, имеет особенности и проблемы и соответственно требует определенных технологических решений.

Для производства указанных видов продукции компания **Сарасциоли** создала специализированную линию вальцев, способных обеспечить зазор между валками до 0,6 мм.

Оборудование Aral серии LF было создано в качестве вальцев для вторичной переработки после линии основных вальцев крупного помола с регулируемым зазором. Вальцы серии LF предназначены для финишной обработки сырьевой массы с целью получения мелкодисперсной шихты.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ТОНКОГО ЛАМИНИРОВАНИЯ

- Кирпич/кровельная черепица: снижение водопоглощения, удаление пятен карбонатов кальция.
- Специальные единицы: получение поверхности высокого качества для последующего глазирования или других аппликаций.
- Керамические заводы: получение поверхности высокого качества, низкое водопоглощение, получение поверхности высокого качества для последующего окрашивания или глазирования.

Вальцы супертонкого помола «с коромыслом» LF (рис. 1) гарантируют зазор между валками, который обеспечивается благодаря конструктивным характеристикам оборудования и электронному управлению толщиной ламинирования. Регулирующее устройство двойного баланса состоит из двух механических частей, по одной на каждой стороне машины, соединенных между собой жесткой механической

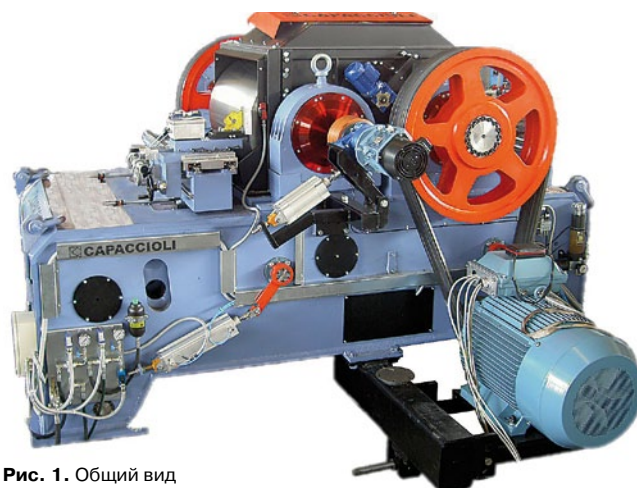


Рис. 1. Общий вид

конструкцией. Кинематическая схема (рис. 2) каждого баланса может быть представлена двумя отделениями, которые плотно соединены с вращающимся центром и с основной несущей конструкцией: одна часть соединена с цилиндрической опорой, а другая – с гидравлическим противополужным поршнем. Это дает возможность регулировать толщину ламинирования и устанавливать расстояние между валками посредством регулирования вращения группы цилиндров вокруг вращающегося центра, расположенного на основной несущей конструкции. Одновременное вращение с двух сторон, гарантированное жестким соединением между двумя балансами, позволяет обеспечить идеальное выравнивание цилиндров, а также необходимую толщину ламинирования по всей длине цилиндра.

ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ СИСТЕМА И УСТАНОВКА НА БОРТУ МАШИНЫ

При проектировании гидравлической системы было проведено тщательное исследование. Гидравлическая система должна отвечать определенным требованиям, а именно обеспечивать:

Модель	Размер цилиндра		Медленный цилиндр		Быстрый цилиндр		Зазор мм	Производительность т/ч	Масса кг
	Ø, мм	ширина, мм	скорость, об./мин	мощность, кВт	скорость, об./мин	мощность, кВт			
LF 1008	800	1000	200	55	300	90	0,7	50	27000
LF 1210	1000	1200	170	75	250	110	0,7	60	35000
LF 1412	1200	1400	150	90	220	160	0,7	80	45000

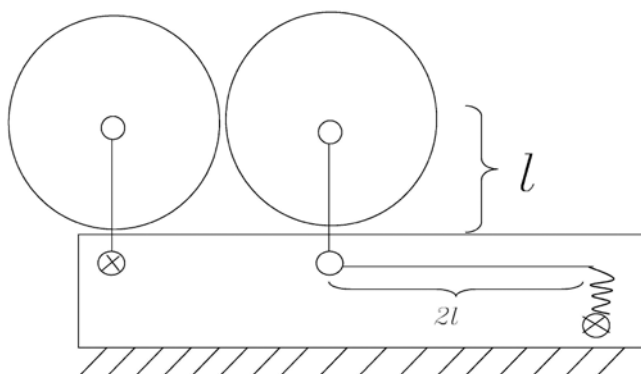


Рис. 2. Кинематическая схема для баланса вальцев

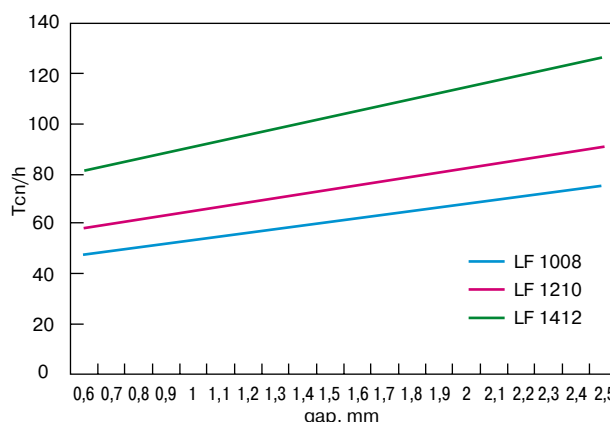


Рис. 3. Зависимость производительности вальцев от ширины зазора между валками

- требуемую толщину ламинирования;
- безопасность функционирования машин и безопасность операторов в случае экстренного вмешательства (как наиболее частый случай повреждение вальцов за счет попадания включений в глине);
- возможность комфортного обслуживания.

Система регулируется комплектом маностатов для обеспечения различных уровней рабочего давления: аварийное давление, рабочее давление (от 100 до 200 бар, регулируемое), операционное давление 60–70 бар.

Высокое рабочее давление до 200 бар позволяет предупредить расширение цилиндра при нормальном функционировании, обеспечивая установленный зазор между валками. Более того, сила, действующая между двумя гидравлическими поршнями, увеличивается за счет плеча «коромысла» (благоприятствующее действие рычага), таким образом, на глину, проходящую через установленный зазор между валками, действует двойная сила.

Аварийное давление (обычно на 10–20 бар выше рабочего давления) – это предельное давление, после которого система размыкает цепь и позволяет открыть вальцы.

Операционное давление (обычно от 40 до 70 бар) применяется для перемещения валков во время работ по обслуживанию.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ЗАЗОРА ВАЛЬЦЕВ

Регулирование зазора контролируется системой ПЛК и может быть скорректировано через панель управления оператора. Калиброванный винт, контролируемый кодирующим устройством, регулирует позицию баланса и тем самым зазор между валками.

Компания Saracchioli производит спектр машин с шириной валков от 1000 до 1400 мм и диаметром от 800 до 1200 мм (см. таблицу). Номинальная производительность зависит от специфики глины и зазора между валками (см. таблицу, рис. 3).

Оборудование ARAL LF1008 было поставлено на завод CERSANIT в Румынии в 2012 г. Указанные вальцы супертонкого помола LF 1008 в настоящее время при строгом контроле и регулировании на заводе CERSANIT работают на зазоре 0,6 мм.

Издательство «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ» для керамической промышленности предлагает



Учебное пособие «Химическая технология керамики», изд. 2-е, дополненное

Авторы – Андрианов Н.Т., Балкевич В.Л., Беляков А.В., Власов А.С.,

Гузман И.Я., Лукин Е.С., Мосин Ю.М., Скидан Б.С.

Освещены вопросы современного состояния технологии основных видов керамических изделий строительного, хозяйственно-бытового и технического назначения, а также различных видов огнеупоров. Главное внимание уделено основным процессам технологии керамики и ее свойствам. Подробно изложены характеристика различных видов сырья, проблемы подготовки керамических масс различного вида и их формование различными методами, особенности механизмов спекания, а также дополнительные виды обработки керамики: металлизация, глазурирование, декорирование, механическая обработка. Детально описаны свойства керамических изделий – механические, деформационные, теплофизические, электрофизические, в том числе при высоких температурах.

Пособие может быть полезно специалистам, работающим в области технологии керамики и огнеупоров.



Учебное пособие «Практикум по технологии керамики»

Авторы – коллектив ученых РХТУ им. Д.И. Менделеева.

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



Книга «Керамические пигменты»

Авторы – Масленникова Г.Н., Пищ И.В.

В монографии рассмотрены физико-химические основы синтеза пигментов, в том числе термодинамическое обоснование реакций, теория цветности, современные методы синтеза пигментов и их классификация, методы оценки качества. Приведены сведения по технологии пигментов и красок различных цветов и кристаллических структур. Описаны современные методы декорирования керамическими красками изделий из сортового стекла, фарфора, фаянса и майолики.

Книга предназначена для научных сотрудников, студентов, специализирующихся в области технологии керамики и стекла, а также для инженерно-технических работников, занятых в производстве керамических изделий и красок. Будет полезна для специалистов других отраслей промышленности, где применяются высокотемпературные пигменты.

Подробнее на www.rifsm.ru

Для приобретения специальной литературы обращайтесь в издательство

«СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»

Тел./факс: (499) 976-22-08, 976-20-36 E-mail: mail@rifsm.ru



Концепция устойчивого строительства e4 от компании Wienerberger



Согласно аналитическим прогнозам мировое потребление энергии возрастет к 2035 году на 1/3 по сравнению с текущим периодом. При этом потребление энергии зачастую не эффективно. Примерно две трети потенциала по увеличению энергоэффективности остаются неиспользованными.

В цивилизованном мире есть устойчивая тенденция расширения применения энергоэффективных технологий в различных сферах жизнедеятельности, включая строительство и эксплуатацию зданий и сооружений.

Евросоюз разработал Директиву 2020 (критерии энергоэффективности 2020 г.). Согласно этим критериям, государства-участники должны:

- ◆ Внедрить и применять требования по минимальному потреблению энергии для существующих и новых зданий;
- ◆ Провести сертификацию энергопотребления зданиями;
- ◆ Требовать регулярных проверок бойлеров и систем вентилирования / кондиционирования в зданиях.

Кроме того, согласно Директиве 2020, страны-участницы должны с 2021 года возводить только здания с околонулевым потреблением энергии.

Концепция устойчивого строительства Wienerberger

Компания Wienerberger, как ведущий мировой производитель керамических строительных материалов, активно участвует в этом процессе. Компания, придерживаясь идеологии строительства из керамических строительных материалов, разработала концепцию устойчивого строительства в виде руководства к энергоэффективному строительству, основанному на принципах e4.

Wienerberger представляет e4 керамический дом

Экологичный, безопасный, комфортный, энергоэффективный, устойчивый дом, и в то же время привлекательный и доступный.

Сила компании Wienerberger

Дальнейшее развитие и оптимизация продукции и решений для домостроения, основанное на профессионализме научных центров компании и богатом опыте и знаниях технологов. Каждый год Wienerberger старается представить потребителям новые, более эффективные продукты.

Предложение компании Wienerberger

Вместе с авторитетным европейским экспертным сообществом компания Wienerberger разработала модель строительства, полностью соответствующую требованиям e4 концепции и Директиве 2020 Евросоюза.

В чем заключается концепция e4?



energy (энергия) – массивный энергоэффективный каркас здания из керамических блоков



environment (экология): Использование возобновляемых источников энергии. Сокращение выбросов CO₂ благодаря использованию более дешевых, экологичных, возобновляемых источников энергии, таких как солнечная, геотермальная или энергия биомасс



emotion&health (эмоции и здоровье): уникальное качество жизни, гарантированное для многих поколений. Реализация мечты о собственном доме, здоровом климате в помещении благодаря применению натурального материала – керамических блоков.



economy (экономия): доступная стоимость строительства и содержания дома. Жизнь в энергоэффективном и устойчивом доме из керамических блоков не только приятна, но и доступна.

В России компания Wienerberger также стремится к постепенному выполнению требований в устойчивом строительстве.



Компания осуществила пилотный проект концепции кирпичного дома e4 от Wienerberger в г. Цветтль (Австрия).
 – Дом спроектирован и построен совместно с частным инвестором и подрядчиком Wienerberger г-ном Францем Шиллером.

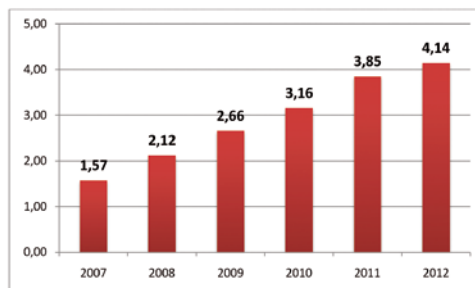
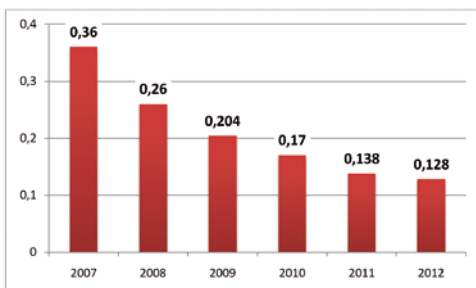
- Дом построен из керамических блоков Porothem последнего поколения с заполнением пустот теплоизоляцией.
- Дом соответствует всем возможным нормативам, включая строгий «околонулевой стандарт», установленный Евросоюзом для применения в 2020 г.

energy (энергия) – массивный энергоэффективный каркас здания из керамических блоков

economy (экономия) – адекватная стоимость строительства и отопления дома

environment (экология) – возобновляемые источники энергии

emotion & health (эмоции и здоровье) – уникальный комфорт проживания



Энергоэффективность

За последние шесть лет теплоизоляционные свойства керамических камней Porothem производства ООО «Винербергер Кирпич» улучшились в 2,8 раза.

Динамика уменьшения коэффициента теплопроводности керамических камней Porothem, λ (Вт/(м·°C)). Улучшились теплоизоляционные свойства стены.

Динамика увеличения сопротивления теплопередаче R ($\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$) стены из камней Porothem толщиной 510 мм.

Экология

ООО «Винербергер Кирпич» прошло комплексный экологический аудит на соответствие стандарту «EcoMaterial 1.3» РОСС RU. И793.04ЭСПО, по результатам которого продукции компании был присвоен статус EcoMaterialBasic 134. Кроме того, компания заняла 1-е место в номинации «Лучший мате-

риал в категории Конструкции» e3Awards 2013 (Первая Международная Премия) на выставке MosBuild.

Экономика

Стратегия компании Wienerberger основывается на предоставлении клиентам разных вариантов строительных решений в зависимости от их возможностей. Это могут быть доступные по цене варианты, в том числе для бюджетных проектов, а могут быть и дорогие эксклюзивные решения для элитного домостроения.

Эмоции и здоровье

Многовековой мировой опыт применения керамического кирпича доказывают, что дома, построенные из керамического кирпича, обладают уникальным уровнем комфорта жилья. Нам остается только сохранять и приумножать данные традиции, применяя более современные технологии.

Günther.

Культура измерений



В современном производстве большинство измерительных процедур приходится на измерение температуры. Чем современнее производство, чем более совершенное оборудование оно использует, тем более высокие требования предъявляются к точности этих измерений. Можно проследить закономерность между точностью измерений и качеством выпускаемой продукции.

В традиционной технологической цепочке температурных измерений самыми слабыми местами считаются две крайние точки: с одной стороны первичный датчик температуры (в нашем случае термопара), с другой – человеческий фактор (в нашем случае специалист, принимающий решение о приобретении оборудования). И тот и другой объекты работают в экстремальных условиях окружающей среды. Термопара испытывает колоссальные термические перегрузки, а специалист – ничуть не меньшие моральные. С одной стороны, он должен обеспечить производство точными и безотказными средствами измерений, при помощи которых можно выстроить современный и безопасный технологический процесс, с другой – он находится под давлением жестких финансовых ограничений и стереотипов со стороны руководства. Цель статьи – помочь преодолеть эти стереотипы.

Что касается качества термопар, то об этом уже позаботилась компания Günther GmbH. С 1968 г. компания занимается созданием электрических датчиков температуры. Первоначально фирма Günther поставляла свою продукцию предприятиям-производителям промышленных печей, однако через сравнительно короткое время у нее появилась возможность расширения коммерческого предложения, и она установила сотрудничество с представителями почти всех отраслей промышленности. Сегодня фирма Günther является одним из лучших поставщиков технологии измерения температуры в мире и располагает четырьмя производственными предприятиями, два из которых находятся в Германии.

В течение сорока с лишним лет компания занимается вопросами измерения температуры в процессе производства керамических изделий. Для того чтобы гарантировать точность и надежность работы в экстремальных условиях, при создании термопар компания использует только самые высококачественные материалы.

Из года в год фирма Günther расширяет свои производственные и технологические возможности, благодаря этому она в состоянии предложить клиентам почти все имеющиеся решения, адаптированные к каждому конкретному случаю. Кроме того, на складе компании всегда имеется запас корпусов из жаростойких и благородных металлов стандартных размеров, керамических защитных трубок и проволоки для термопар. Поэтому фирма Günther всегда может обеспечить гибкость решений и в состоянии максимально быстро подготовить и доставить клиентам любое количество датчиков температуры.

Благодаря многолетнему опыту и введению сертифицированной системы управления качеством, а также тому факту, что на территории предприятия компания располагает современной калибровочной

лабораторией, фирма Günther гарантирует, что ее продукты отвечают самым высоким мировым стандартам качества.

Кроме традиционно используемых в условиях высоких температур и агрессивных сред датчиков с элементами из благородных металлов компания предлагает большой выбор альтернативной комплектации. Например, в некоторых случаях дорогие платиновые и платинородиевые термопары можно заменить датчиками типа N, которые используют в качестве термоэлектродов элементы нихросил и нисил (NiCrSi-NiSi).

Во многих случаях детали из драгоценного металла можно заменить высокотехнологичными дисперсно-упрочненными элементами меньшей толщины, а значит, и более дешевыми.

Еще одним интересным направлением является производство кабельных датчиков температуры. К их достоинствам можно отнести:

- небольшой диаметр, обеспечивающий максимальную точность измерения температуры в труднодоступных местах;
- короткое время реагирования, позволяющее измерять резкие колебания температуры;
- оптимальная защита внутренних проводов от коррозии, окисления, механических повреждений и химических загрязнений;
- высокая устойчивость к механическим нагрузкам;
- более надежная электрическая изоляция по сравнению с термопарами в керамических корпусах;

Кроме термопар и термометров сопротивлений фирма Günther всегда готова предоставить клиентам запасные части и отдельные элементы для датчиков температуры – керамические чехлы и изоляторы, электрические разъемы и головки в простом и взрывозащищенном исполнении, трансмиттеры и другие комплектующие. На складе всегда в наличии компенсационные провода для всех типов термопар с различными видами изоляции.

Возвращаясь к слабым местам измерительной цепочки и упомянутым в начале статьи стереотипам, хотим в заключение предложить вам, уважаемые читатели, решить несложную математическую задачу.

Дано. Уменьшение температуры в печи обжига всего на 1,6 °C приводит к экономии затраченной энергии в 1%.

Вопрос. За какое время окупится установка термопар Günther, способных работать с такой точностью на протяжении всего срока эксплуатации?



Алексей Владимирович Сакирко

Технический директор

Представительство Günther GmbH в России

Тел.: + 7 495 973 11 99

Факс: +7 495 729 52 93

Моб.: +7 925 010 75 74



CISMAC – НАДЕЖНЫЙ ПАРТНЕР

КАПИТАЛ ИНВЕСТ: НОВЫЙ РЕАЛИЗОВАННЫЙ ПРОЕКТ КОМПАНИИ CISMAC (Италия)

20 марта 2013 г. Александр Хлопонин, заместитель премьер-министра Российской Федерации и полномочный представитель Президента в Северо-Кавказском федеральном округе, в сопровождении Арсена Канокова, главы Кабардино-Балкарии, посетил новое производство по выпуску кирпича ООО «Капитал Инвест».

Завод, полностью разработанный и реализованный компанией Cismac, обладает производственной мощностью в 90 млн шт. облицовочного кирпича и блоков в год. Оборудование производственных линий – одно из самых высокотехнологичных и инновационных из представленных на рынке. Оно позволяет выпускать продукцию с применением прогрессивных экологически чистых, энергосберегающих технологий с малыми затратами на управление оборудованием.

Этот крупный контракт представляет для республики беспрецедентную возможность создания рабочих мест и развития региона, которую компания Cismac смогла воплотить в реальность.

РЕВДИНСКИЙ КИРПИЧНЫЙ ЗАВОД: ИСПЫТАНА НОВАЯ ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЛИНИЯ ПОГРУЗКИ НА ПЕЧНЫЕ ВАГОНЕТКИ

В марте на Ревдинском кирпичном заводе (Свердловская обл.) была установлена и запущена в эксплуатацию производственная линия полного цикла погрузки на печные вагонетки.

Оборудование позволяет перемещать продукцию различного формата, от несущего блока до облицовочного кирпича, с очень высокой производительностью, вплоть до 25000 ед./ч. Проект осуществлен благодаря всестороннему изучению конкретных потребностей заказчика и особенностей его производства, в результате реализована производственная линия с использованием самых передовых технологий мирового уровня, включая роботов последнего поколения, но главное – поставленное оборудование удовлетворяет требованиям и соответствует ожиданиям заказчика.

Благодаря успешной реализации проекта и доверию заказчика сделаны новые шаги на пути более тесного сотрудничества, заключены новые соглашения по реализации других интересных проектов (следующий проект, который будет реализован летом 2013 г., – линия упаковки).

СТРОЙПОЛИМЕРКЕРАМИКА: НОВЫЙ КОНТРАКТ НА ПРОИЗВОДСТВО ЛИНИИ ПОГРУЗКИ НА ПЕЧНЫЕ ВАГОНЕТКИ

На ОАО «Стройполимеркерамика» (Калужская обл.) в сентябре будет установлено новое оборудование по погрузке продукции на печные вагонетки.

Оборудование, использующее инновационные технологии и роботы-манипуляторы, достигает производительности до 25000 шт./ч, различных форматов и типов, предоставляет возможность их



загрузки на вагонетки с высоким уровнем безопасности, качества и точности.

Эта производственная установка также является результатом тесного сотрудничества с заказчиком, цель которого проектирование и поставка оборудования, идеально вписывающегося в уже существующий контекст, не создавая простоя производства.

НОВАЯ ЛИНИЯ РАЗГРУЗКИ НА НОРСКОМ КЕРАМИЧЕСКОМ ЗАВОДЕ: УКРЕПЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ СОТРУДНИЧЕСТВА

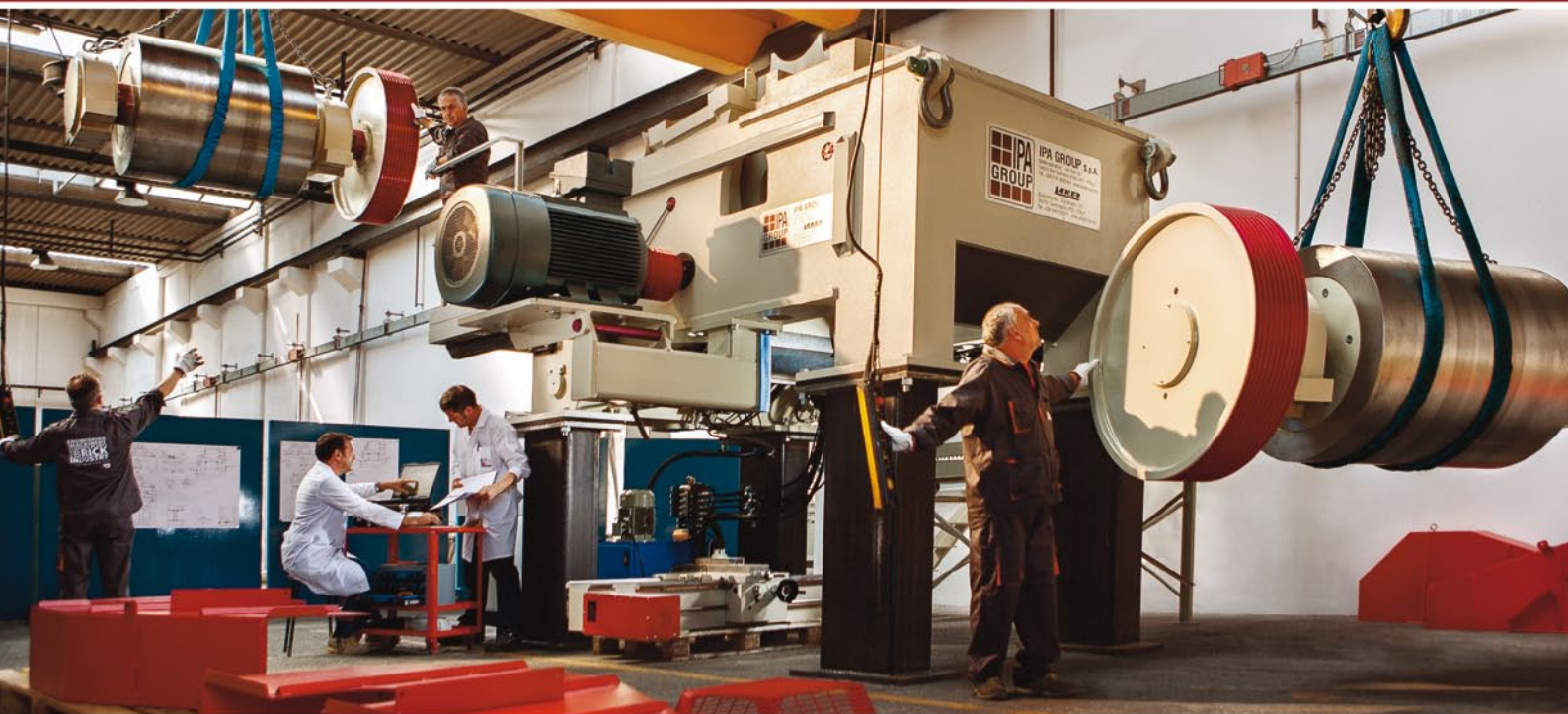
Подтверждением полного доверия и взаимного уважения, возникшего между компанией Cismac и ЗАО «Норский керамический завод» (Ярославская обл.) и положительного сотрудничества в прошлом, является новое важное соглашение, для реализации которого компании приложат совместные усилия во второй половине 2013 г.

Это важный проект заводской линии разгрузки продукции печного производства с выбором продукта, укладкой на поддоны, упаковкой и хранением готовой продукции.

Новая линия позволит увеличить производительность, улучшить качество и сократить издержки управления оборудованием с целью повышения конкурентоспособности завода и создаст новые возможности для доминирования на все более требовательном рынке.



Designs and builds complete plants for clay brick and tile manufacturing



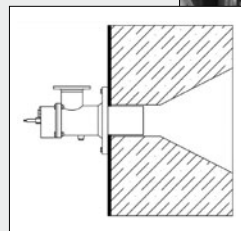
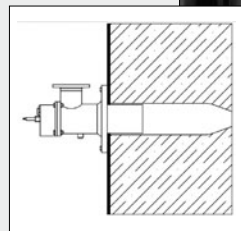
Thanks to its knowledge of the whole production process, **IPA Group** designs and builds machines and complete plants for clay brick and tile manufacturing, offering to the customers a complete service, from the tests on the raw materials up to plant commissioning.

Introducing itself as sole partner responsible for the whole process, **IPA Group** builds in its workshops the machines, supplying to the customers its own know-how and not an outsourced technology for project support.



Модернизация печей керамического производства

- Повышение производительности
- Оптимизация температурного поля
- Современная, надежная автоматика
- Надежная запорно-регулирующая арматура
- Эффективные горелочные устройства
- Оптимальные решения и конфигурации
- Восстановление производственных линий



ООО «Промышленные горелки»
 117105, Москва, 1-й Нагатинский проезд, д.6
 (499) 611-00-62, 611-04-31
 mail@promautomatika.ru

АВТОНОМНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ МИНИ-ТЭЦ

- ◆ Автономное производство электроэнергии от 30кВт до более 2МВт
- ◆ Установки «под ключ» – проект, пуско-наладка, обучение персонала
- ◆ Выгодный сервис, квалифицированный персонал
- ◆ Когенерация: комбинированное производство электро- и тепловой энергии
- ◆ Высокоэффективные и надежные двигатели
- ◆ Низкая капиталоемкость с высокой отдачей и быстрым сроком окупаемости
- ◆ Поддержка эксплуатации
- ◆ Автоматизированные станции
в составе нескольких

www.mars14.ru
info@mars14.ru
8-800-333-14-08



УДК 666.712

Г.Д. АШМАРИН, канд. техн. наук, В.Г. ЛАСТОЧКИН, инженер,
 В.И. СИНЯНСКИЙ, канд. техн. наук, ЗАО «ВНИИСТРОМ им. Петра Петровича Будникова»
 (п. Красково Московской обл.); В.В. ИЛЮХИН, генеральный директор,
 ОАО «Электроавтомат» (г. Алатырь, Чувашская Республика);
 В.В. КУРНОСОВ, канд. физ.-мат. наук, генеральный директор ЗАО «Комас» (Москва)

Сокращение цикла термической обработки в технологии керамического кирпича компрессионного формования

В настоящее время повышаются требования к качеству выпускаемой продукции кирпичных заводов, увеличивается спрос на лицевые изделия различной цветовой гаммы и крупноразмерные пустотно-поризованные блоки с высокими теплозащитными свойствами. Это в свою очередь повышает требования к качеству сырьевых материалов. Очевидной становится проблема запасов глинистого сырья как для действующих, так и для вновь строящихся предприятий. Ресурсы традиционного керамического сырья истощаются, глины и суглинков, которые можно было использовать без корректировки состава в производстве керамических стеновых материалов, становится все меньше.

В связи этим возникла необходимость по вовлечению в технологический процесс нетрадиционных сырьевых материалов, в частности кремнеземистого [1] и техногенного сырья, — отходов добычи и обогащения углей [2], зол ТЭЦ, шлаков [3] и некоторых отходов сельскохозяйственного производства. Комплексное использование данных сырьевых ресурсов при производстве керамических изделий наиболее целесообразно методом компрессионного формования [4]. Опыт показывает, что использование кремнистых и глинистых пород в смеси с углеродосодержащими отходами позволяет значительно улучшить физико-механические свойства керамики за счет создания в процессе обжига восстановительной среды и перехода трехвалентного железа в более легкоплавкое двухвалентное, что обеспечивает более интенсивное спекание при снижении температуры на 100–150°C.

Переход от пластических керамических масс к полусухим порошкам определяет различие технологических процессов производства изделий. Результаты исследований П.А. Ребиндера [5], С.П. Ничипоренко [6] и др. авторов показали, что изделия компрессионного формования имеют более совершенную структуру, чем изделия пластического формования. На основании анализа литературных данных и результатов работ ряда институтов в этой области можно сделать заключение, что только эффективные керамические изделия пластического формования пустотностью 25% и выше приближаются по совершенству кристаллической структуры к соответствующим изделиям компрессионного формования.

Совершенная структура изделия компрессионного формования может быть достигнута при разработке и строгом соблюдении основных технологических процессов производства, таких как получение пресс-порошка заданного гранулометрического состава с равной или близко к равной пофракционной влажностью, обеспечение наиболее рационального режима прессования и создание эффективной строго регламентированной тепловой обработки изделий. Формование пресс-порошков влажностью ниже критической на 2–3%, при которой кирпич-сырец не имеет усадки при последующей тепловой обработке, позволяет значительно ускорить процесс

производства. То есть появляется возможность значительно форсировать режим тепловой обработки и существенно сократить тепловые потери. Получение пресс-порошка заданного гранулометрического состава и влажности обеспечивается путем возврата крупной фракции пресс-порошка на вторичную переработку.

Принципиальная схема технологической линии [7] для производства керамических строительных изделий методом компрессионного формования представлена на рис. 1.

Важнейшим фактором в технологии компрессионного формования является создание эффективной тепловой обработки изделий. Чтобы создать технологические линии, конкурентоспособные по сравнению с линиями пластического формования большой мощности, необходимо использовать преимущества разработанной авторами технологии компрессионного формования. Таким преимуществом является прессование изделий при влажности сырца ниже критической (влажность в момент прекращения усадки), позволяющая осуществлять садку их после формования непосредственно на печные вагонетки и вести обжиг в одном тепловом агрегате печи-сушилке [8].

Для этой цели нами разработана туннельная печь-сушилка мощностью 30–60 млн шт. кирпича в год, позволяющая значительно упростить систему спецтран-

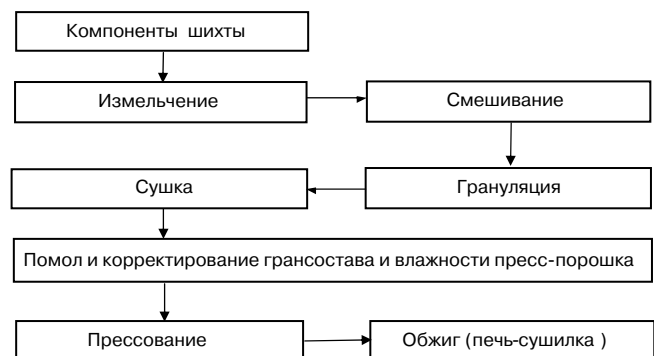


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема производства кирпича методом компрессионного формования

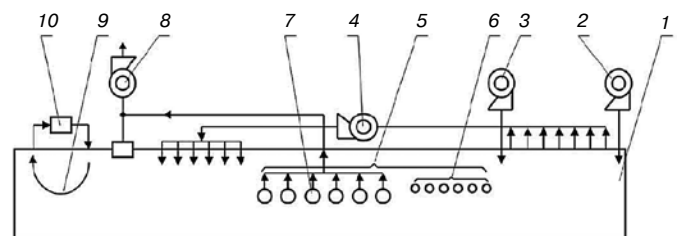


Рис. 2. Печь-сушилка

спорта современного завода и сократить издержки производства.

Печь-сушилка (рис. 2) представляет собой противоточный туннель, состоящий из рабочего канала 1; вентилятора подачи атмосферного воздуха в конец зоны охлаждения 2; вентилятора подачи атмосферного воздуха в начало зоны охлаждения 3; вентилятора отбора горячего воздуха 4 из зоны охлаждения и подачи его между зоной предварительного нагрева и зоной подготовки; отопительной системы 5 зоны обжига со скоростными горелками 6; рекуперативных скоростных горелок 7; вентилятора отбора дымовых газов из рекуперативных скоростных горелок 8; системы рециркуляции 9; воздухонагревателя 10.

Для улучшения тепловой работы обжиговой печи предлагается установка системы отопления, использующей рекуперативные горелки, применение которых приводит к распределенному отбору дымовых газов по длине обжигового канала в отличие от сосредоточенного при традиционном способе отопления. Этот способ отопления печи позволяет снизить неконтролируемые подсосы из внепечного пространства, повысить качество нагрева изделий и энергоэффективность работы печи.

При традиционной схеме отопления обжиговой печи для увеличения срока службы дымососа и дымовой трубы температуру отходящих дымовых газов поддерживают на уровне 150–180°C. Коэффициент избытка воздуха при этом составляет 5–10. Таким образом, потери теплоты с уходящими дымовыми газами составляют 35–60%. При использовании системы отопления с рекуперативными горелками удается снизить эти потери до 20–25%. При высокой степени рекуперации температура отходящих дымовых газов будет составлять 250–300°C при коэффициенте избытка воздуха в пределах 1,5–2.

Использование в предлагаемом техническом решении системы рециркуляции, оснащенной воздухонагревателем, размещенной в зоне предварительного нагрева, и установленных в зоне подготовки рекуперативных скоростных горелок, выходы которых соединены с вентилятором отбора дымовых газов, позволяет ликвидировать высолы и повысить качество готовых изделий; при этом достигается экономия топливных ресурсов на 25–30%, т. е. на 30–40 кг усл. топлива на 1 т изделий.

Использование комбинированного теплового агрегата печи-сушилки позволяет значительно сократить сроки тепловой обработки изделий за счет исключения сложной и громоздкой операции укладки изделий на сушильную вагонетку и перекладки с сушильной на печную вагонетку. Проведенные опытно-промышленные испытания подтвердили возможность сокращения полного цикла термической обработки кирпича-сырца до 28–30 ч при однорядной кладке кирпича на печную вагонетку на тычок.

В настоящее время разрабатывается проект завода компрессионного формования мощностью 60 млн шт. кирпича в год в Алатырском районе Республики Чувашия. Расчеты показывают, что по сравнению с пластическим способом стоимость формовочного и сушильного оборудования проектируемого завода снижается на 180 млн р.

Приведенные данные свидетельствуют о больших возможностях использования метода компрессионного формования. При этом можно снизить объем капиталовложений из расчета на единицу продукции минимум в 1,5 раза за счет сокращения как производственных площадей, так и набора технологического оборудования. Это окажет существенное влияние на снижение себестоимости продукции.

Ключевые слова: полусухое прессование, компрессионное формование, кремнеземистое сырье, техногенные отходы, печь-сушилка, расход топлива, энергоэффективность, потеря тепла.

Список литературы

1. *Котляр В.Д.* Классификация кремнистых опоковидных пород как сырья для производства стеновой керамики // *Строительные материалы*. 2009. № 3. С. 36–39.
2. *Столбоушкин А.Ю., Стороженко Г.И.* Отходы углеобогащения как сырьевая база заводов керамических стеновых материалов // *Строительные материалы*. 2011. № 4. С. 43–46.
3. *Малькова М.Ю.* Керамические материалы на основе доменных шлаков // *Строительные материалы*. 2005. № 11 / *Technology*. С. 12–13.
4. *Ашмарин Г.Д., Ласточкин В.Г., Курносов В.В.* Теоретические основы и пути совершенствования технологии компрессионного формования керамических стеновых материалов // *Строительные материалы*. 2009. № 4. С. 26–29.
5. *Рибиндер П.А.* Избранные труды. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика. М.: Наука, 1979. 384 с.
6. *Ничипоренко С.П.* Структурообразование в дисперсных слоистых силикатах. Киев: Наукова думка, 1978. 204 с.
7. *Ашмарин Г.Д., Курносов В.В., Ласточкин В.Г.* Технологическая линия для производства керамических строительных изделий методом компрессионного формования. Патент № 2397068 // *Опубл.* 20.08.2010 БИ № 23.
8. *Ашмарин Г.Д., Беляев С.Е., Курносов В.В., Ласточкин В.Г.* Туннельная печь-сушилка. Патент № 2406049 // *Опубл.* 10.12.2010 БИ № 34.
9. *Ашмарин Г.Д., Курносов В.В., Ласточкин В.Г.* Энерго- и ресурсосберегающая технология керамических стеновых материалов // *Строительные материалы*. 2010. № 4. С. 24–27.

СИБИРСКАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ НЕДЕЛЯ
Омск 2013
22-24 мая

В ОБЪЕДИНЕННОЙ ЭКСПОЗИЦИИ

- СТРОЙПРОГРЕСС
- ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЖКХ
- ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
- ДЕРЕВО И МЕТАЛЛЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
- ДОРСТРОИТЕХ. ДОРОГИ И МОСТЫ
- ЛИФТЫ

Организатор: **ИнтерСиб**
 При поддержке и участии:
 Российский союз промышленников и предпринимателей
 Министерство строительства и ЖКХ Омской области
 Омская торгово-промышленная палата
 Союз строителей Омской области

Тел./факс: (3812) 25-84-87, 23-23-30
 E-mail: stroy@intersib.ru
 www.intersib.ru

В.Д. КОТЛЯР, д-р техн. наук, Ростовский государственный строительный университет; А.В. УСТИНОВ, инженер (a.ustinov@bk.ru), директор, кирпичный завод ООО «КомСтрой» (Ростов-на-Дону); В.Ю. КОВАЛЁВ, инженер, начальник отдела маркетинга, ООО «Виват Бизнес ЛТД» (Ростов-на-Дону); Ю.В. ТЕРЁХИНА (yuliya-2209@mail.ru), А.В. КОТЛЯР (toss87@gambler.ru), инженеры, Ростовский государственный строительный университет

Керамические камни компрессионного формования на основе опок и отходов углеобогащения

Одним из перспективных направлений развития промышленности стеновой керамики в настоящее время является производство крупноразмерных изделий для несущих и ограждающих конструкций, относящихся по теплотехническим характеристикам к группам изделий высокой эффективности с теплопроводностью менее 0,2 Вт/(м·°С). В России в настоящий момент только 15 заводов выпускают данные изделия по технологии пластического формования. Сдерживающим фактором строительства новых заводов является высокая стоимость, которая в зависимости от производительности, поставщика и других факторов составляет в среднем от 30 до 50 млн евро, следовательно, привлекаются кредитные средства и в итоге формируется высокая стоимость изделий, что весьма ограничивает спрос. Кроме того, снижение плотности изделий на таких технологических линиях достигается фактически за счет высокой пустотности изделий, достигающей 60%. Когда производители позиционируют изделия как поризованную керамику, это не совсем верно. При водопоглощении 10–18% и плотности черепка 1,7–1,9 г/см³ мы не можем говорить о керамике с повышенной пористостью – это обычные показатели для черепка стеновых керамических изделий. Снижение плотности и теплопроводности изделий только за счет пустотности не эффективно. Несмотря на многие преимущества керамических блоков, их высокая пустотность обуславливает усложнение технологии возведения стен, существенное снижение прочности кладки, которую для керамических блоков повышенных форматов требуется вести на толстом слое кладочного раствора и т. д. Достижение плотности изделий менее 800 кг/м³ и теплопроводности менее 0,2 Вт/(м·°С), как показал опыт, наиболее целесообразно достигать комбинированным способом – за счет формирования пористой структуры черепка и пустотности изделий.

Проведенный технико-экономический анализ позволил выявить широкие перспективы производства изделий эффективной стеновой керамики на Юге России за счет имеющихся потенциальных возможностей, которые до настоящего времени не используются.

Во-первых, это модернизация кирпичных заводов полусухого прессования, которых на Юге России более половины от общего числа. Модернизация касается прежде всего замены морально устаревших колёнорычажных прессов СМК-503, СМК-491, СМ-1085 на гидравлический пресс «Викинг» и автоматизации печей с целью регулирования режима обжига в каждой зоне печи. Пресс «Викинг» производства ООО «Виват Бизнес ЛТД» характеризуется производительностью 500–600 шт./ч камня формата 2,1 НФ с размерами 250×120×140 мм при двух одновременно прессуемых изделиях. Максимальное усилие, развиваемое прессом, 2500 кН. Производительность в пересчете на условный кирпич составляет 4–6 млн шт./г. Длительность цикла прессования 9–15 с. Пресс комплектуется оснастками для производства как полнотелых, так и пустотелых изделий. Пресс может работать как с подпрессовками, так и без них. Изменение технологических параметров (скорость приложения нагрузки, глубина засыпки пресс-порошка, давление прессования и др.) работы прессы производится с клавиатуры блока управления и занимает минимум времени. Модернизированный пресс «Викинг» ориентирован на выпуск камней формата 4,5 НФ с размерами 250×250×140 мм. Изделия такого формата являются весьма востребованными на рынке и при возведении стен из камня формата 2,1 НФ дополняют друг друга. В настоящее время на Юге России крупноразмерные стеновые керамические изделия выпускает лишь один кирпичный завод.

Вторым потенциальным фактором, позволяющим увеличить производство стеновых камней высокой эф-

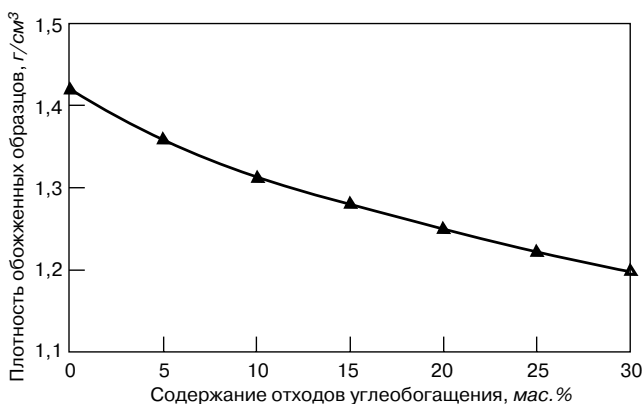


Рис. 1. Влияние содержания отходов угольных шламов на среднюю плотность образцов, обожженных при температуре 1000°С

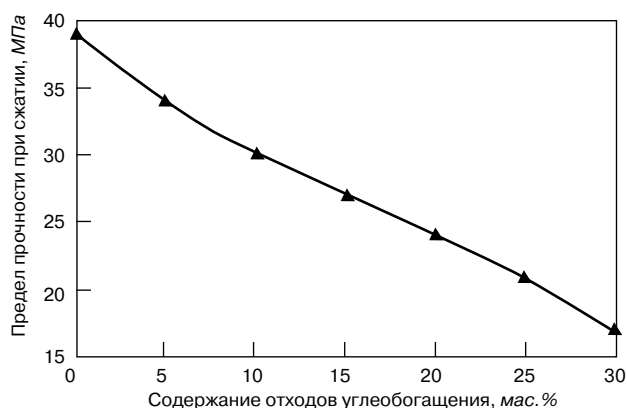


Рис. 2. Влияние содержания угольных шламов на предел прочности при сжатии образцов, обожженных при температуре 1000°С



Рис. 3. Керамический камень на основе карбонатных опок и отходов углеобогащения

фективности, является использование кремнистых опоквидных пород и флотационных отходов углеобогащения — угольных шламов.

Опоки, имеющие широкое распространение на Юге России, — это легкие микропористые породы, сложенные в основном мельчайшими частицами опалового кремнезема. В различном количестве в опоках присутствуют глинистый материал, в виде гидрослюд и монтмориллонита, тонкодисперсный кальцит, цеолиты, терригенные примеси. Цвет от желтого до темно-серого. Средняя плотность 1100–1600 кг/м³, пористость достигает 50%. Химический и минералогический состав опок весьма разнообразен. Залегают они на поверхности, на возвышенных участках, являясь рельефообразующими отложениями. Месторождения отличаются большой мощностью продуктивных толщ и выдержанностью состава. Более предпочтительным для опок за счет камневидной структуры сырья является компрессионный способ изготовления изделий. Плотность черепка на основе опок составляет 1,3–1,6 г/см³. Возможность производства изделий стеновой керамики на основе опок обоснована в предыдущих работах [1, 2].

Флотационные отходы углеобогащения представляют собой темно-серый порошок фракционного состава 0–1 мм при содержании фракций менее 0,315 мм более 50%. В Ростовской области работают 15 крупных углеобогачительных фабрик, скопилось и продолжает увеличиваться большое количество угольных шламов. Состав и характеристики шламов достаточно разнообразны: зольность колеблется от 40 до 70%, теплотворная способность — от 2000 до 4200 ккал/кг. Основными компонентами угольных шламов являются ариллиты с преобладанием гидрослюд и органическая часть, представленная антрацитом, за счет чего в них мало летучих компонентов и горят они коротким пламенем. Угольные шламы в керамических массах играют роль порообразующей и топливосодержащей добавки. Количество топлива, введенного в сырьевые смеси вместе с угольными шламами, может достигать 80–90% от количества топлива, необходимого для обжига изделий. Газ фактически используется только для поддержки горения, и его расход может быть снижен до 20–40 м³ на 1000 шт. усл. кирпича. Однако для получения качественных изделий с применением угольных шламов необходимо в течение всего цикла обжига в рабочем пространстве печи поддерживать окислительную атмосферу для полного выгорания углерода и обеспечивать регулировку режима обжига в каждой зоне печи. Исходя из экономической целесообразности использования шламов для снижения расхода газа при обжиге их транспортировка может достигать до 1000 км.

Использование опок совместно с угольными шламами имеет следующие положительные моменты. В глинистых массах за счет их малой газопроницаемости проблемой при вводе угольных шламов является неполное выгорание угольной составляющей [3]. Это влечет за собой снижение физико-технических характеристик изделий, увеличение продолжительности обжига и невозможность в полной мере использовать угольные шламы для экономии газа. Микропористая структура опок, обладая высокой газопроницаемостью, способствует полному выгоранию угольной добавки, которая состоит пре-

Вид материала	ППП	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O
Опока журавская	8,28	66,18	10,54	2,97	8,55	0,95	0,3	1,42	0,62
Угольные шламы	49,48	29,67	12,5	4,07	1,03	1,07	0,72	0,91	0,24

имущественно из антрацита. Максимальная скорость выгорания углерода находится в пределах 900–950°С, т. е. немного ниже оптимальной температуры обжига изделий, это способствует существенной экономии газа. Кроме того, угольные шламы улучшают прессуемость пресс-порошков на основе опок. Они работают как пластифицирующая добавка, при их вводе повышается прочность прессовок, уменьшается коэффициент сжатия и влажность пресс-порошка, снижается внутреннее и внешнее трение при прессовании, увеличивается срок службы оснастки пресса, достигается равномерность обжига изделий и повышается их морозостойкость.

Проведены лабораторно-технологические исследования с различными месторождениями опок и угольными шламами многих обогатительных фабрик. Для примера приводятся результаты экспериментов и установленные зависимости для опоки Журавского месторождения и угольных шламов обогатительной фабрики «Обуховская» (Ростовская обл.).

Опока Журавского месторождения по литолого-технологическому виду является карбонатно-среднеглинистой. Угольные шламы ЦОФ «Обуховская» являются малосернистыми в сравнении с другими аналогичными отходами, с небольшим содержанием оксидов железа. Минеральная часть представлена гидрослюдами с примесью кварца, полевых шпатов, слюды. Теплотворная способность 3700–4000 ккал/кг. Зольный остаток является легкоплавким. Химический состав используемых материалов, мас. %, представлен в таблице.

При проведении лабораторно-технологических исследований опока предварительно измельчалась в сухом виде до прохождения через сито 1,25 мм с содержанием фракции менее 0,315 мм около 50%. Затем в заданном соотношении составляли сырьевые смеси, которые тщательно усредняли и вылеживали. После чего прессовались образцы при давлении 20 МПа.

Теоретические расчеты показали, что максимальное содержание угольных шламов обогатительной фабрики «Обуховская» в сырьевой смеси не должно превышать 20–25%. На рис. 1 и 2 приведены результаты влияния содержания угольных шламов в формовочных массах на плотность и прочность образцов.

Эксперименты показали, что близкой к оптимальной для данных сырьевых материалов с учетом выгорания органической составляющей и свойств изделий является температура обжига 1000–1030°С. Как видно из результатов исследований, с увеличением содержания угольных шламов в шихте средняя плотность образцов закономерно снижается. Более интенсивно снижение плотности происходит при небольшом содержании шлама, а с увеличением его количества процесс замедляется.

Связано это с интенсификацией спекания, обусловленной активным взаимодействием составляющих угольных шламов и опок. На графиках это видно по постепенному выравниванию кривых плотности с увеличением содержания шламов, а также по увеличению значений огневой усадки. Плотность изделий менее 800 кг/м³ для опок Журавского месторождения достигается при содержании шламов 15–25% и пустотности изделий 35–45%. С увеличением содержания шламов прочность образцов закономерно снижается. Тем не менее образцы обладают достаточной прочностью для по-

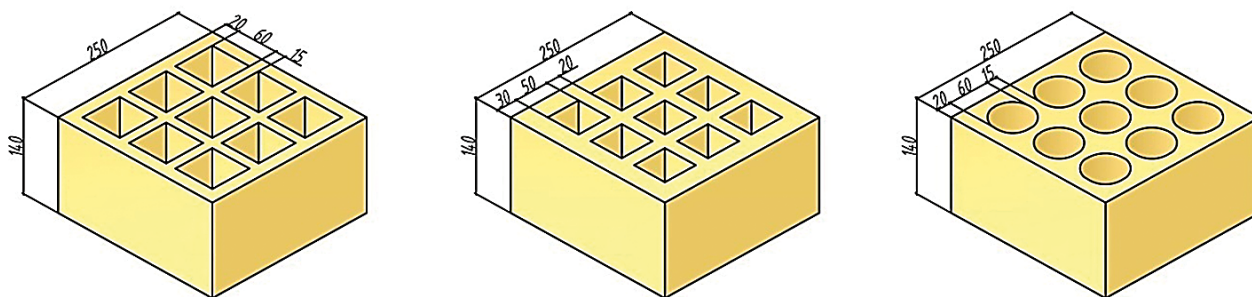


Рис. 4. Виды камня компрессионного формования формата 4,5 НФ с квадратными и круглыми пустотами

лучения пустотелых изделий с марками М75–125, что вполне достаточно для несущих и ограждающих конструкций. Микропористость опок и принятый режим обжига обеспечивают полное выгорание углерода и хороший внешний вид изделий. На рис. 3 показан один из вариантов керамического камня формата 4,5 НФ на основе карбонатно-среднеглинистой опоки и угольных шламов. Микропористая структура черепка, обусловленная пористостью опок и выгоранием угольного компонента, и пустотность изделий определяют их низкую теплопроводность – менее 0,2 Вт/(м·°С). Существенное снижение теплопроводности изделий может достигаться за счет заполнения пустот теплоизоляционными материалами – пенобетоном, фибропенобетоном, минеральной ватой и другими материалами.

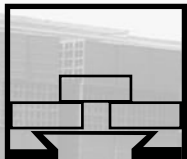
Технология производства керамических камней компрессионного формования на основе опок и отходов углеобогащения имеет свои особенности, связанные со многими технологическими моментами. Требуется тщательного изучения вопрос о форме и размерах пустот с учетом технологичности процесса прессования, физико-механических свойств изделий, их теплопроводности и т. д. С технологической точки зрения оптимальными являются круглые пустоты с диаметром от 50 до 65 мм или

квадратные с плавными углами, равномерно расположенные по площади изделия при общей пустотности от 28–45%. На рис. 4 представлены некоторые варианты видов керамического камня формата 4,5 НФ. Реализация мероприятий по производству керамических блоков модернизируемыми заводами полусухого прессования на основе данных материалов позволит получать изделия высокой эффективности с минимальными затратами.

Ключевые слова: керамический камень, карбонатные опок, отходы углеобогащения.

Список литературы

1. Котляр В.Д. Классификация кремнистых опоквидных пород как сырья для производства стеновой керамики // Строительные материалы. 2009. № 3. С. 36–39.
2. Котляр В.Д. Особенности прессования керамических порошков на основе опок при производстве стеновой керамики // Строительные материалы. 2009. № 12. С. 28–32.
3. Столбоушкин А.Ю., Стороженко Г.И. Отходы углеобогащения как сырьевая и энергетическая база заводов керамических стеновых материалов // Строительные материалы. 2011. № 4. С. 43–46.



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
ЗАО «ЮЖНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ»

ЮНИИСтром

Институт выполняет:

- поиск, разведку, утверждение запасов общераспространенных полезных ископаемых: аргиллиты, опок, песок, глины, суглинки, горных пород для производства строительного щебня
- проекты разработки карьеров по добыче ископаемых и заводов по их переработке
- инженерно-геодезические и геологические изыскания для строительства и реконструкции заводов
- лабораторные исследования сырья, разработку технологии производства керамических, бетонных и нерудных материалов, испытания продукции заводов на соответствие стандартам
- проектирование строительства новых, реконструкцию действующих и малоэффективных производств
- решение отдельных технических или технологических проблем, комплексный инженерный аудит предприятий и разработку мероприятий по повышению их эффективности

344038, г. Ростов-на-Дону, ул. Нансена, 105/1
 Тел.: (863) 280-07-67, факс: (863) 232-35-05 www.proektnii.narod.ru E-mail: proektnii@mail.ru



ROSENFELD
ENERGY
EFFICIENCY
FUND

В рамках программы сотрудничества
«Германия и Россия. Вместе строим будущее. 2012/2013 гг.»

**2–4 июля 2013 года состоится международная научная конференция
«АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ ФИЗИКИ. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ.
НАДЕЖНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ»**

НА КОНФЕРЕНЦИИ ПЛАНИРУЕТСЯ РАБОТА ПО СЛЕДУЮЩИМ НАПРАВЛЕНИЯМ:

- Энергосбережение в строительстве.
- Строительная теплофизика.
- Строительная и архитектурная акустика.
- Строительная светотехника.
- Экология в строительстве.
- Долговечность и прочность строительных конструкций зданий и сооружений.
- Проблемы технического регулирования.
- Ремонт и эксплуатация объектов коммунального хозяйства.
- Высотное строительство.
- Научная школа для молодежи.

В рамках конференции будет проводиться **КОНКУРС**, на котором молодые ученые, аспиранты и студенты смогут представить свои проекты и разработки.

На конференцию принимаются **СТАТЬИ** участников, которые будут опубликованы в журналах «Строительные материалы», «Жилищное строительство» и Сборнике трудов конференции.

Материалы для публикации, оформленные в соответствии с требованиями, принимаются строго **до 30 апреля 2013 года**, и должны быть отправлены по адресу org.com@list.ru с пометкой «Для публикации».

Для участия в конференции необходимо в срок **до 25 июня 2013 года** отправить **ЗАЯВКУ** на участие по адресу org.com@list.ru или факсу **+7(495) 482-40-60**

БОЛЕЕ ПОДРОБНУЮ ИНФОРМАЦИЮ О КОНФЕРЕНЦИИ И ФОРМУ ЗАЯВКИ МОЖНО ПОСМОТРЕТЬ ПО ССЫЛКЕ <http://niisf.ru/news/2013-02-27-19>

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ КОНФЕРЕНЦИИ:

- Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН) г. Москва, Локомотивный проезд, д. 21;
- Московский государственный строительный университет (МГСУ) г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Тел.: +7 (499) 488-70-05 Факс: +7 (495) 482-40-60

E-mail: org.com@list.ru Сайт: www.niisf.ru

Адрес: 127238, Москва, Локомотивный проезд, д.21, Светотехнический корпус, НИИСФ РААСН



МОЖЕМ ЛИ МЫ ПРЕДУПРЕДИТЬ ЭТО ВМЕСТЕ?



(495) 565-45-87

www.sazi.ru

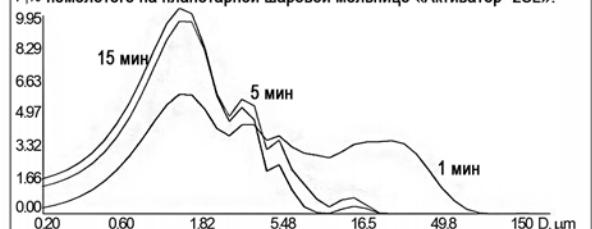


Лабораторные мельницы «Активатор» для заводских и исследовательских лабораторий.



Мельница	«Активатор-2SL»	«Активатор-2S»	«Активатор-4M»
Количество (объем) барабанов	2 (по 250мл)	2 (по 250мл)	4 (по 1000мл)
Скорость вращения барабанов	0-1500 об/мин	0-2800 об/мин	0-1650 об/мин
Потребляемая мощность	2,2 кВт/ч	2 по 2,2 кВт/ч	18 кВт/ч
Применение	Пробоподготовка	Механохимические исследования	Наработка материала

Кривые распределения частиц по размерам кварцевого песка, Р% помолотого на планетарной шаровой мельнице «Активатор-2SL».



www.activator.ru >>

Машиностроительный Завод «Активатор»
Новосибирск, Софийская 18, оф 107
630056, Новосибирск 56, а/я 141
Факс: 8 (383) 325-18-49
Тел: 8 913 942 94 81
e-mail: belyaev@activator.ru

УДК 666.7:658.567.1:622.2

А.Ю. СТОЛБОВУШКИН, канд. техн. наук, А.И. ИВАНОВ, инженер (assasian@yandex.ru),
А.А. ПЕРМЯКОВ, канд. геол.-мин. наук,

Сибирский государственный индустриальный университет;

С.В. ДРУЖИНИН, генеральный директор ООО «Спецремонт» (г. Новокузнецк)

A.YU. STOLBOUSHKIN, Candidate of Technical Sciences, A.I. IVANOV, engineer,
A.A. PERMYAKOV, Candidate of Geological-mineralogical Sciences, Siberian State
Industrial University; S.V. DRUZHININ, Director-General of LLC «Spetzremont» (Novokuznetsk)

Петрографические исследования структуры керамического кирпича из отходов Коркинского угольного разреза

Petrographic study of the ceramic brick structure produced from the waste of korkinskiy coal open pit mine

Отходы добычи и обогащения углей могут служить ценным сырьем для производства строительных материалов, в частности стеновой керамики, однако до настоящего времени они не находят широкого практического применения и являются крупнотоннажными техногенными образованиями, ухудшающими экологию в угледобывающих регионах. Особенно актуальна утилизация таких отходов для Челябинской области, где расположен крупнейший в Европе Коркинский буроголистый разрез. За время его работы начиная с 1934 г. в отвалах накоплены сотни миллионов тонн отходов, которые представлены аргиллитами, алевролитами, углистыми аргиллитами, песчаниками и сланцами [1].

Сдерживающими факторами использования отходов угледобычи Коркинского разреза в технологии стеновой керамики является нестабильное, зачастую завышенное, содержание углерода и непластичность техногенного сырья. Решение этой проблемы возможно за счет снижения в породе излишков угля, использования для непластичного сырья технологии полусухого прессования и направленного формирования упорядоченной пространственно-организованной структуры керамического черепка [2].

Сформулированная технологическая идея была проверена в промышленных условиях кирпичного завода полусухого прессования ООО «Красный кирпич» (Красноярский край). Физико-механические испытания партии керамического кирпича из углистых аргиллитов Коркинского разреза показали, что при использовании нового способа приготовления шихты, включающего гранулирование отходов с последующим опудриванием гранул глиной, можно получить изделия, соответствующие требованиям ГОСТ 530–2007 для марок М100–125.

Целью настоящей работы являлось петрографическое изучение механизма формирования прочной структуры опытно-промышленной партии керамического кирпича на основе отходов угледобычи с содержанием угля менее 11%.

Коркинские углеотходы представляют собой смесь минеральных веществ с неравномерно распределенной угольной дисперсной массой, содержащей до 18% угле-

The waste after extraction and coal cleaning can be a valuable raw material for production of construction materials such as wall ceramics. Up to the present moment, however, it has not been widely utilized and bulk anthropogenic waste worsen the environment in coal-mining districts. Utilization of such waste is especially crucial for Chelyabinsk region where the biggest in Europe Korkinskiy brown coal open pit mine is located. During the period of its operation since 1934, hundreds of millions tons of waste, that contain argillites, siltstones, coaly argillites, sandstones and shales, have been accumulated in the disposal areas [1].

The constraint factors on use of waste from Korkinskiy open pit coal mine in the wall ceramics technology are unstable, often increased content of carbon and non-plasticity of anthropogenic raw material. This problem could be solved via reducing coal content in the rock, application of semi-dry pressing tech-

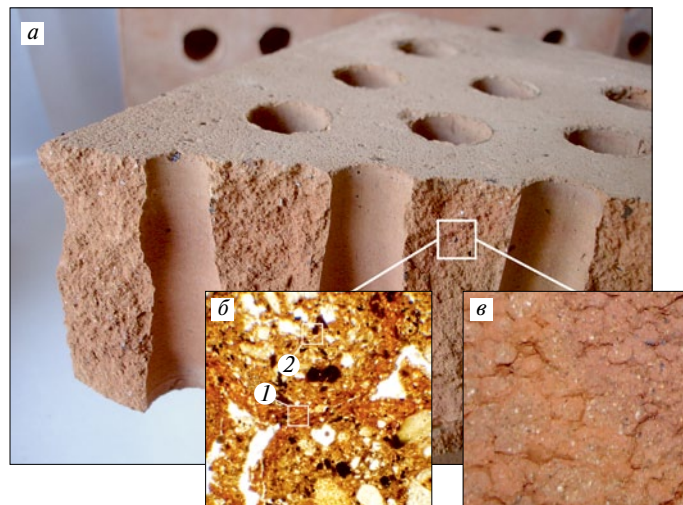


Рис. 1. Макроструктура керамического кирпича из отходов Коркинского угольного разреза: а – излом кирпича; б – шлиф, проходящий свет, 25×; в – аншлиф, отраженный свет, 5×; 1 – граничный слой между гранулами; 2 – тело гранулы

Fig. 1. Macrostructure of the ceramic brick produced from the waste of Korkinskiy open pit coal mine: a – brick fracture; b – thin section, transmitted light, 25×; c – polished section, reflected light, 5×; 1 – boundary layer between granules; 2 – granule body

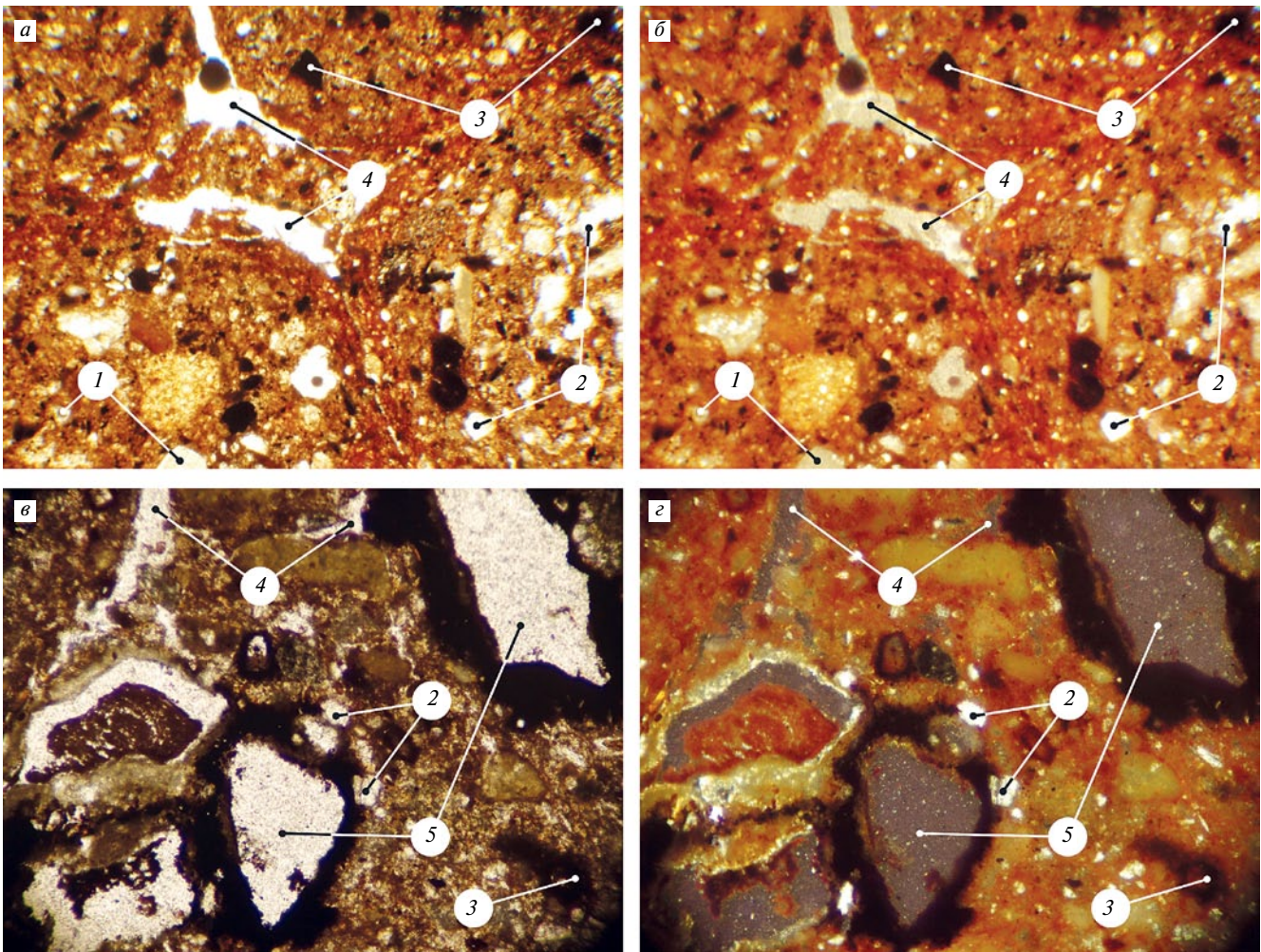


Рис. 2. Микрофотографии ячеисто-заполненной структуры керамического матричного композита из отходов Коркинского угольного разреза, шлиф, проходящий свет: а – николи II, 25×; б – николи X, 25×; в – николи II, 100×; г – николи X, 100×; 1 – оплавленные частицы кварца; 2 – полевой шпат; 3 – рудные минералы; 4 – поры; 5 – сложный пироксен с включениями криптокристаллических минералов, покрытый буроватой оболочкой

Fig. 2. Micrographs of the filled cellular structure of the ceramic matrix composite from the waste of Korkinskiy open pit coal mine, thin section, transmitted light: а – nicols II, 25×; б – nicols X, 25×; в – nicols II, 100×; г – nicols X, 100×; 1 – fritted quartz particles; 2 – field spar; 3 – ore minerals; 4 – pores; 5 – complex pyroxene with inclusions of cryptocrystalline minerals covered with the brownish coat

Массовая доля компонентов, в %, на абсолютно сухую навеску Mass fraction of the components in % per absolutely dry weight								
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	TiO ₂	MgO	CaO	R ₂ O	ППП Loss on ignition
40,8– 42,8	16,2– 17,9	9,97– 12,6	0,2– 0,26	0,8– 1,4	2,5– 2,8	2,1– 4,4	1,9– 2,2	17,8–19,2

рода. По химическому составу (см. таблицу) отходы относятся к группе полукислого сырья (Al₂O₃ более 16%) с высоким содержанием красящих оксидов (Fe₂O₃+TiO₂ более 10%). Исследование фазового состава по данным рентгеновской порошковой дифрактометрии показало, что отходы состоят из кварца, каолинита, сидерита, мусковита, присутствуют также доломит, гематит и полевой шпат.

Пресс-порошок для производства керамического кирпича готовился путем грануляции тонкодисперсных отходов и последующего опудривания гранул смесью суглинка и боя стекла. Состав шихты, мас. %: отходы угледобычи – 65; суглинок новокузнецкий – 25; стеклобой – 10.

Исследование макроструктуры керамического кирпича, обожженного при 900°С (рис. 1), показало наличие пространственных поверхностей раздела фаз в об-

нологии и направленной формировании пространственно-организованной структуры керамического кирпича из непластичных сырья [2].

The formulated technological idea was verified in industrial conditions at the brick plant of semi-dry pressing LLC «Krasniy Kirpich» (Krasnoyarsk Krai). Physical-mechanical tests of the ceramic brick lot produced from coaly argillites of Korkinskiy open pit coal mine showed that the new method of burden preparation, which includes waste granulation with subsequent powdering of granules by clay, make it possible to obtain products meeting the GOST (State Standard Specification) requirements 530–2007 for grades M100–125.

The purpose of this work is to carry out the petrographic study of the formation mechanism of a strong structure of a ceramic brick pilot lot produced from coal mine waste with the coal content below 11%.

The Korkinskiy coal waste represents a mixture of mineral substances with unevenly distributed coal dispersed mass in it containing up to 18% of carbon. The chemical composition (see the Table) of the waste belongs to the semiacid group of raw material (Al₂O₃ more than 16%), with high content of coloring oxides (Fe₂O₃+TiO₂ more than 10%). The study of the phase composition according to the data of the X-ray powder diffractometry showed that the waste consists of quartz, kaolinite, siderite, muscovite, there are also dolomite, he-matite, and field spar.

The molding powder for ceramic brick production was prepared by granulation of fine-dispersed waste and the sub-

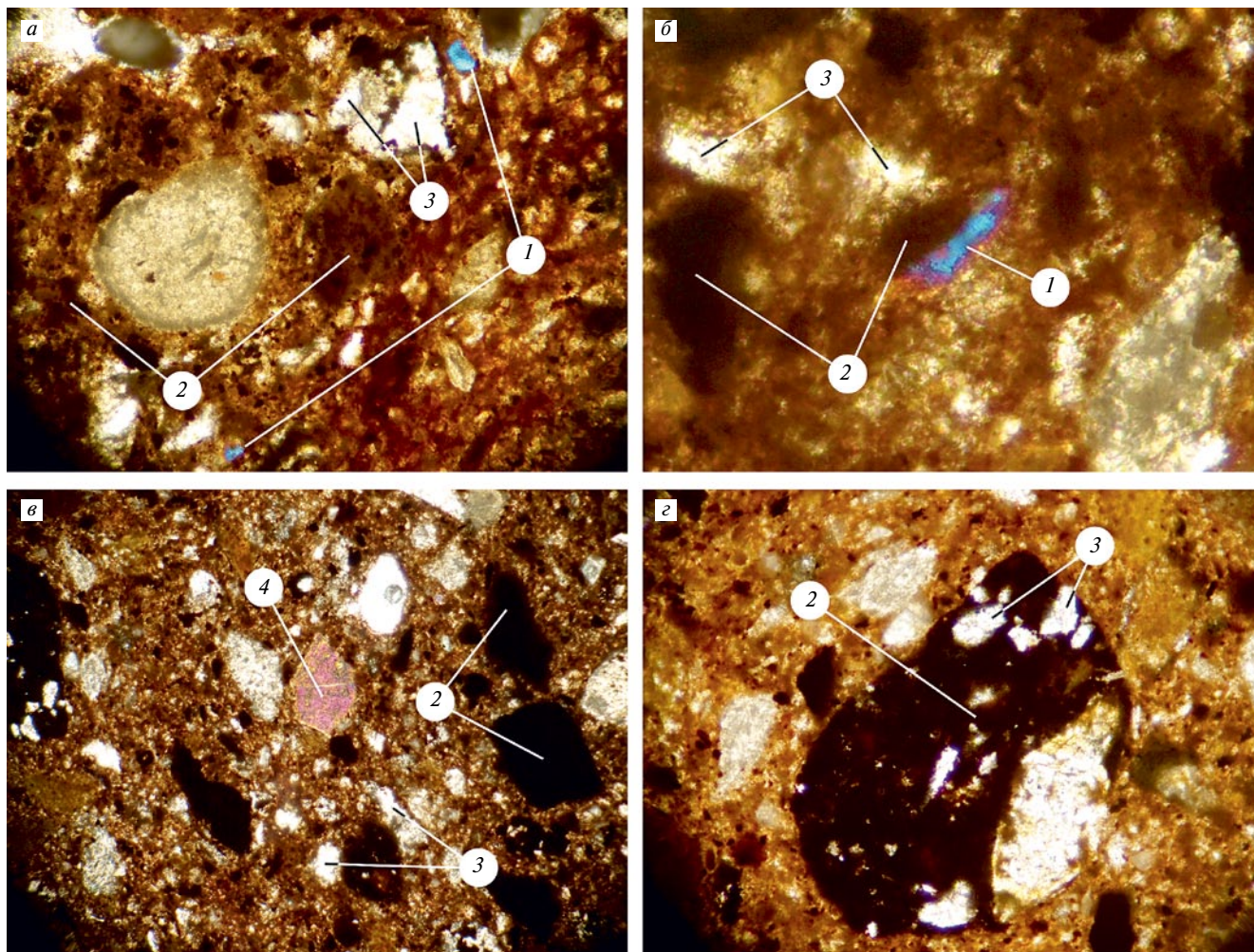


Рис. 3. Микрофотографии отдельных участков дисперсной фазы композиционного материала, шлиф, проходящий свет, николи X: а – 50×; б – 200×; в – 50×; г – 100×; 1 – авгит; 2 – рудные минералы; 3 – полевои шпат; 4 – ромбический пироксен

Fig. 3. Micrographs of individual parts of the disperse phase in the composite material, thin section, transmitted light, nicols X: a – 50×; b – 200×; c – 50×; d – 100×; 1 – augite; 2 – ore minerals; 3 – field spar; 4 – rhombic pyroxene

щем теле материала, выделяющихся более интенсивной бурой окраской и образующих упорядоченный непрерывный каркас с направленной ориентацией ячеек, что позволяет отнести его к классу керамических матричных композитов [3]. Матрица композиционного материала формируется из глинистой составляющей шихты, играющей роль дисперсионной среды после прессования и обжига изделий, а дисперсная фаза – из отходов угледобычи с добавлением стеклобоя.

Дисперсная фаза имеет концентрически-зональную структуру, тело гранул представлено моно- и полиминеральными обломками минералов (рис. 2). Мономинеральные обломки кварца сохраняют изометричную угловатую форму, некоторые из них имеют отчетливо дитригональную форму и в процессе спекания практически не изменяются. Мелкие и тончайшие осколки на поверхности крупных кристаллов переходят в кристобалит или тримит. Крупные полигональные обломки полевых шпатов в процессе обжига подвергаются распаду и перекристаллизации. Преимущественно в результате твердофазных реакций образуются анортит-битовнитовые плагиоклазы и калий-натриевые полевые шпаты.

При изучении шлифов под поляризационным микроскопом наблюдаются рудные минералы сферической, овальной или иногда полигональной формы, обусловленной дегидратацией, диссоциацией и перекристаллизацией исходных компонентов в процессе спекания

sequent powdering of granules by the mixture of loamy clay and crushed glass. The burden composition (mass %) was the following: coal mining waste – 65; Novokuznetsk loamy clay – 25; crushed glass – 10.

The macrostructure study of a ceramic brick burnt at 900°C (Fig. 1) re-vealed the presence of spatial surfaces of phase boundaries in the common body of the material distinguished by a more intensive brown color and forming a regular continuous carcass with the directed orientation of cells, allows to refer it to the class of ceramic matrix composites [3]. The matrix of the composite material is formed from the clay component of the burden, which plays the role of a disperse medium after pressing and burning of products, and the disperse phase is formed from the coal mine waste with addition of crushed glass.

The disperse phase has a concentric-zonal structure, the granule body is represented by mono- and poly-mineral fragments of minerals (Fig. 2). Mono-mineral fragments of quartz preserve their isometric angulated shape, some of them are of clearly ditrigonal form and remain almost unchangeable during sintering. Small and fine fragments on the surface of large crystals transit into cristobalite or tridimite. Large polygonal fragments of field spar decay and re-crystallize during the sintering. Predominantly, solid-phase reactions result in the formation of anorthite-bytownite plagioclases and potassium-sodium field spars.

During the analysis of thin sections by the polarizing microscope ore minerals of spherical, oval, or sometimes polygonal form can be seen due to dehydration, dissociation,

ния, что особенно характерно для сульфидных минералов. Происходит частичное оплавление рудных минералов, о чем свидетельствует выраженная изометричная форма кристаллов бурых железняков. С периферии крупные обломки покрыты буроватой оболочкой. Промежутки между крупными обломками заполнены крипнокристаллическим и аморфно-стекловатым веществом, образующим цементирующую массу, кристаллическая фаза которой представлена пироксенами переменного состава (рис. 3, в, з), кварцем и полевыми шпатами, иногда оливинами и разложившимися гранатами. Таким образом, тело гранулы имеет тонкобрекчиевую текстуру и состоит из реликтовых минералов и новообразованных кристаллических фаз, связанных стеклофазой в единое целое.

Дисперсионная среда (граничный слой гранул) матричного композита, формируемая глинистыми минералами в процессе спекания, представляет собой крипнокристаллический агрегат, непрерывно переходящий из одной гранулы в другую. В дисперсионной среде крупные обломки минералов отсутствуют полностью. Она состоит в основном из равномерно распределенных в стеклофазе микроскопических кристаллов и обломков прозрачных желтовато-белых минералов, а также тонкодисперсных крипнокристаллических агрегатов, преимущественно буровато-красного цвета (рис. 2, а, б).

Расширение опудривающего слоя происходит за счет взаимодействия с приграничным слоем гранул в процессе спекания. При недостатке кислорода, необходимого для выгорания углистого остатка отходов, оксиды железа, восстанавливаясь в закисную форму, вступают в реакцию с аморфным кремнеземом, образующимся в процессе разложения глинистых минералов граничного слоя. В результате на границе гранул происходит интенсивное образование стеклофазы, способствующей протеканию твердофазных реакций и усиливающей цементирующее действие ячеистого каркаса.

Рентгенографические и микроскопические исследования дисперсионной фазы свидетельствуют о твердофазном механизме спекания с формированием новых минеральных фаз. Расшифровка дифрактограмм позволила идентифицировать в гранулах кварц, гематит, полевые шпаты, муллитоподобную фазу и авгит. В плоскополяризованном свете пироксены представлены главным образом в виде авгита переменного состава, иногда диопсида и новообразованного псевдволластонита. Опудривающий слой после обжига рентгенографически представлен кварцем, гематитом, муллитом, полевыми шпатами и шпинелью. По выраженному рентгеноаморфному гало можно судить о значительном количестве стекла в дисперсионной среде (до 15–20%), что согласуется с наблюдением в шлифах. Частицы реликтового кварца и полевого шпата наряду с минеральными новообразованиями являются армирующим каркасом матрицы, имеющей тонкодисперсную гематитовую природу.

Инфракрасные спектры поглощения керамического матричного композита на основе углеотходов подтверждают присутствие установленных минеральных фаз (рис. 4). В низко- и среднечастотной областях спектра (до 1800 см^{-1}) композиционный материал имеет максимумы поглощения $470, 545, 1090, 1170\text{ см}^{-1}$, характерные для гематита. Наличие кварца подтверждается по характерному дублету $770, 790\text{ см}^{-1}$. Максимумы поглощения ($605, 1090\text{ см}^{-1}$) соответствуют муллиту. Шпинель на ИК-спектре дисперсионной среды зафиксирована по пикам $575, 710$ и 1735 см^{-1} , присутствие авгита в дисперсионной фазе — по пикам $560, 670$ и 1490 см^{-1} .

По сечению керамического черепка имеет место равномерное распределение пор, размеры которых

and re-crystallization of initial components during the sintering, that is especially typical for sulfide minerals. Ore minerals are partially fused which is proved by the evident isometric shape of limonite crystals. In the periphery large fragments are covered by a brownish coat. The gaps between large fragments are filled with the cryptocrystalline and amorphous-glassy substance forming the cementing mass, crystal phase of which is represented by pyroxenes of variable structure (Fig. 3, c, d), quartz and field spars, sometimes by olivines and decomposed garnets. Thus, the granule body has a fine-brecciated texture and consists of relict minerals and newly formed crystal phases bound into comprehensive whole by the glass phase.

The disperse medium (granules boundary layer) of the matrix composite, formed by argillites during the sintering, represents the cryptocrystalline aggregate continuously transiting from one granule to another. In the disperse medium, large fragments are not present. The medium consists mainly of microscopic crystals and fragments of transparent yellowish-white minerals evenly distributed in the glass phase; there are also fine cryptocrystalline aggregates, brownish-red in most cases (Fig. 2, a, b).

Expansion of the powdering layer results from the interaction with the boundary layer of the granules during the sintering. At oxygen deficiency, needed for burn-out of carbonic residual from the waste, the iron oxides recover into the protoxidic form and react with the amorphous silica, which are generated in the process of decomposition of clay minerals in the boundary layer. Thus, the glass phase is formed intensively on the granules boundary and it stimulates solid phase reactions and intensifies the cementing action of the cellular carcass.

The X-ray and microscopic investigations of the disperse phase vindicate the solid-phase mechanism of sintering with the formation of new mineral phases. Decoding of diffraction patterns enabled to identify quartz, hematite, field spars, mullite-like phase, and augite in the granules. In the plane-polarized light, the pyroxenes are mainly represented by augite of variable composition, sometimes by diopside and newly formed pseudo-wollastonite. From the X-ray point of view, the powdering layer after the sintering is represented by quartz, hematite, mullite, field spars, and spinel. The vividly expressed X-ray amorphous halo vindicates significant quantity of glass in the disperse medium (up to 15–20%) which agrees with the observations in the thin sections. Particles of remnant quartz and field spar, along with the new mineral formations are the reinforcing carcass of the matrix, having a fine hematite nature.

Infrared spectra of absorption of the ceramic matrix composite based on coal waste prove the presence of the found mineral phases (Fig. 4). In the low- and intermediate-fre-

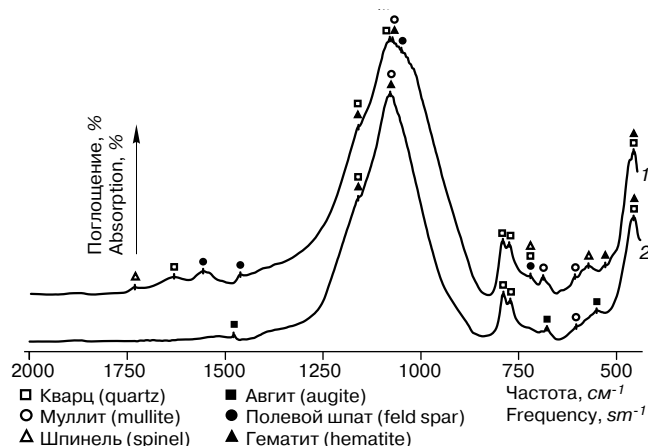


Рис. 4. Рентгеновские дифрактограммы керамического кирпича из отходов Коркинского угольного разреза: 1 – дисперсионная среда; 2 – дисперсионная фаза

Fig. 4. X-ray diffraction patterns of the ceramic brick from the waste of Korkinskiy open pit coal mine: 1 – disperse medium; 2 – disperse phase

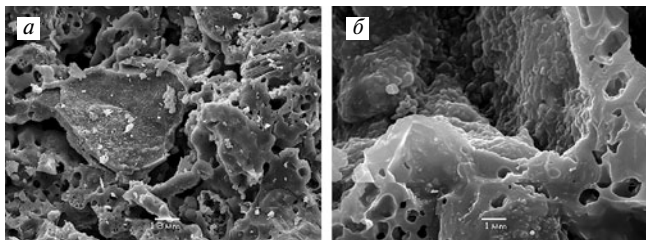


Рис. 5. РЭМ изображение микропористой структуры в теле гранулы (а) и в граничном слое (б) керамического кирпича из отходов Коркинского угольного разреза

Fig. 5. SEM-image of the microporous structure in the granule body (a) and in the boundary layer (b) of the ceramic brick from the waste of Korkinskiy open-pit coal mine

варьируются от 0,1 до 400 мкм. Как правило, поры имеют сферическую форму с грубой неровной поверхностью (рис. 5), при этом можно отметить значительное количество пор петельчатой формы (рис. 1, 2). Повышенное содержание пор в теле гранулы объясняется выгоранием в процессе обжига дисперсной угольной массы. В граничном слое пористость несколько возрастает, что объясняется запрессовкой воздуха при сжатии гранулированной массы, а также выжиманием воды в опудривающий слой при прессовании сырца. Следует отметить, что стенки пор в граничном слое образованы аморфной стеклообразной массой, пронизанной криптокристаллическими минералами (рис. 5, б). Очевидно, что такое внутреннее оплавление стенок порового пространства способствует повышению доли закрытой пористости и снижению водопоглощения черепка.

В результате петрографических исследований керамического кирпича опытной партии из отходов угледобычи Коркинского разреза установлено, что высокие физико-механические свойства достигнуты за счет:

- матричной структуры черепка, в которой дисперсионная среда, представляющая собой перекристаллизованную связку из аморфной и минеральной фаз, заполняет межзерновые пустоты и связывает частицы минералов между собой;
- интенсивного образования стеклофазы на границе дисперсионной среды и дисперсной фазы, способствующего протеканию твердофазных реакций и усиливающего цементирующее действие матрицы;
- снижения температуры процессов твердофазного спекания с образованием анортит-битовнитовых плагиоклазов, гематита, авгита, шпинели и других минеральных фаз.

Ключевые слова: керамический кирпич, техногенное сырье, матричная структура, дисперсионная среда, дисперсная фаза.

Список литературы

1. Николаенко М.А., Ходыкин Е.И., Лютенко А.О. Об актуальности использования техногенного сырья на примере Коркинского угольного месторождения // Сб. статей к общему собранию РААСН «Здоровье населения – стратегия развития среды жизнедеятельности». Белгород. Май 2008. Т. 2. С. 377–381.
2. Столбоушкин А.Ю. Теоретические основы формирования керамических матричных композитов на основе техногенного и природного сырья // Строительные материалы. 2011. № 2. С. 10–13.
3. Mecholsky J.J. Evaluation of mechanical property testing methods for ceramic matrix composites // American society-bulletin. 1986. Vol. 65. No. 2. Pp. 315–322.

quency areas of spectrum (up to $1,800\text{ cm}^{-1}$) the composite material has the absorption maximums of 470, 545, 1090, 1170 cm^{-1} typical for hematite. The presence of quartz is confirmed by the characteristic doublet of 770, 790 cm^{-1} . The absorption maximums (605, 1090 cm^{-1}) correspond to mullite. Spinel in the IR-spectrum of the disperse medium is registered at the peaks of 575, 710, and 1735 cm^{-1} , augite in the disperse medium – at the peaks of 560, 670, and 1490 cm^{-1} .

The pores with the sizes from 0.1 to 400 μm are evenly distributed over the ceramic crock cross section. Normally, the pores are of spherical form and have a rough uneven surface (Fig. 5), and significant quantity of them are of cell shape (Fig. 1, 2). The increased amount of pores in the granule body is explained by the burn-out in the the process of dispersed coal mass burning. In the boundary layer the porosity increases to some extent, which is caused by the air compression as the granulated mass is compacted, and also by water squeezing-out into the powdering layer during adobe brick molding. It should be noted that pore walls in the boundary layer are formed by the amorphous vitreous mass veined with cryptocrystalline minerals (Fig. 5, b). Evidently that such internal fusion of pore space walls increases the fraction of closed porosity and decreases the water absorption ability of the ceramic crock.

The petrographic analysis of the ceramic brick test lot produced from the waste of Korkinskiy coal open pit mine shows that the high physical and mechanical properties result from:

- the matrix structure of the ceramic crock in which the disperse medium i.e. a re-crystallized bond of the amorphous and mineral phases fills inter-grain gaps and binds mineral particles to each other;
- intensive formation of the glass phase on the boundary of the disperse medium and disperse phase which promotes solid-phase reactions and intensifies the cementing action of the matrix;
- reduction of the temperature of solid-phase sintering processes followed by the formation of anorthite-bytownite plagioclases, hematite, augite, spinel and other mineral phases.

Keywords: ceramic brick, anthropogenic raw materials, matrix structure, disperse medium, disperse phase.

References

1. Nikolayenko M.A., Khodykin E.I., Lyutenko A.O. About the relevance of utilization of anthropogenic raw materials on the example of the Korkinskiy coal deposit // Collection of papers for the general meeting of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences «Public health – the strategy for the development of environment». Belgorod, May 2008. Vol. 2. Pp. 377–381. (in Russian)
2. Stolboushkin A.Yu. Theoretical grounds of formation of ceramic matrix composites on the basis of anthropogenic and natural raw materials // (2011), Stroitel'nye Materialy (Construction materials) (2). Pp. 10–13. (in Russian)
3. Mecholsky J.J. Evaluation of mechanical property testing methods for ceramic matrix composites // American society-bulletin. 1986. Vol. 65. No. 2. Pp. 315–322.

**ПОДПИСКА
НА ЭЛЕКТРОННУЮ ВЕРСИЮ
журнала «Строительные материалы»®
<http://ejournal.rifsm.ru/>**

Вместе создадим больше, чем просто заводы!



- Заводы «под ключ»
- Оборудование массоподготовки PELERIN®
- Оптимизация существующих линий
- Техническое обслуживание заводов и оборудования
- Запасные части

 **CERIC**
Technologies



Приходите посетить нас на конференцию **Keramtex**, которая состоится 30-31 мая 2013 г. в г. Москва, Россия, Renaissance Moscow Monarch Centre Hotel

Построим будущее Керамики

www.ceric.ru - info@ceric.fr - тел: +33 1 53 05 55 00

II международная
специализированная выставка

Керамика

29 октября – 1 ноября 2013 года

МВЦ «Крокус Экспо»

www.keramikaexpo.ru

Экспозиции:

- Строительная керамика
- Техническая керамика
- Художественная керамика
- Оборудование для изготовления керамики
- Сырьевые материалы

Телефон: +7 (495) 983-0671, +7 (916) 970-2191

E-mail: tolstikova@crocus-off.ru, zagorulko@crocus-off.ru

Выставка YugBuild-2013

27 февраля – 2 марта 2013 г. в Краснодаре состоялась XXIII Международная архитектурно-строительная выставка YugBuild. В работе одной из крупнейших отраслевых выставок в ЮФО приняло участие около 600 компаний из 16 стран мира и 34 регионов России. Экспозиция расположилась в четырех павильонах и на открытых площадках общей площадью более 30 тыс. м². Выставка вызвала большой интерес со стороны посетителей, число которых по сравнению с 2012 г. выросло на 7,8% и составило более 16500 человек.



Стенд компании КНАУФ – один из центральных стендов выставки



Сухие строительные смеси, марка которых основана на историческом названии столицы края, как главный элемент современной отделки помещений



Современная керамика с отличными тепло-техническими характеристиками Рогомах также произведена на заводе «Славянский кирпич» (Краснодарский край)



Оригинальный способ привлечения внимания посетителей выбрал ООО «Глубокинский кирпич» (Ростовская обл.).

Впервые гостями выставки стали архитекторы из Японии, Канады, традиционно большая делегация из Германии посетила выставку, национальный стенд Сербии представил современные материалы для строительства. Особый интерес представлял Международный архитектурный конгресс, в котором приняли участие крупные компании, отраслевые сообщества, ведущие архитектурные мастерские и госструктуры. Ключевым мероприятием был XII открытый смотр-конкурс на лучшее архитектурное произведение (проект/постройку) 2011–2013 гг. Конкурсные работы (96 объектов) относились к разделам «Проекты», «Постройки» и др.

В номинации «Лучшие студенческие работы и дипломные проекты» дипломами I, II и III степени отмечены работы Кубанского государственного аграрного университета, Кубанского государственного университета, Южного федерального университета (Ростов-на-Дону), Краснодарского университета культуры и искусств. Особый интерес представляет дипломный проект «Футбольный стадион на 50 тыс. мест в Краснодаре» студентов Кубанского государственного аграрного университета С.А. Коробкова и А.С. Цыплакова (руководитель канд. архитектуры О.С. Субботин). В композиционном решении стадиона представлены два концептуальных варианта. Сравнение вариантов выполнено по архитектурно-художественному облику с использованием разных конструктивных особенностей несущего каркаса покрытия стадиона и различного использования архитектурного решения фасадов здания, по технико-экономическим показателям.

За основу идеи в разработке первого варианта архитектурного облика стадиона был взят образ млечного пути. Линии фасада образуют динамичный необыкновенный стиль, закручиваясь вокруг центра стадиона, они создают центробежную силу, притягивая зрителей. Новая архитектура стадиона подчеркивает стремительно развивающийся

город, создает уникальный символ Краснодара – предмет гордости его жителей, которые смогут отождествлять себя с этим новым местом проведения соревнований.

При создании идеи второго архитектурно-композиционного решения, был выбран образ короны, изображенной на гербе и флаге Краснодара. В качестве основного архитектурного стиля был выбран конструктивизм.

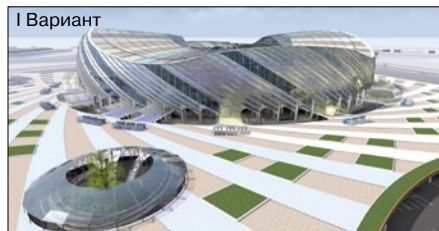
Указанный дипломный проект награжден специальным призом генерального партнера выставки Южной сбытовой дирекции – филиала ООО «КНАУФ Гипс» (Краснодар) за оригинальность решения внешнего и внутреннего облика

проектируемого объекта с применением инновационных материалов.

Не менее значимым мероприятием стал Российско-Турецкий деловой форум «Расширение регионального сотрудничества строительных компаний Турции и России». В его рамках состоялась презентация региона Восточная Анатолия Республики Турция, а также обсуждались вопросы стратегического партнерства, торговли и перспектив развития импортных и экспортных отношений между странами.

Важным событием в рамках работы выставки также стала конференция «Перспективы развития рынка жилой и коммерческой недвижимости Краснодарского края». Главными темами для обсуждения стали вопросы комплексного освоения территорий, востребованности определенного типа жилья для застройки, инвестиций, ипотечного кредитования, страхования жилой и коммерческой недвижимости, тенденций развития складских и производственных комплексов, инвестиционных контрактов с муниципальным образованием, а также развития яхтенной индустрии на территории восточной части Черного моря в России.

XXIV Международная архитектурно-строительная выставка YugBuild пройдет в Краснодаре с 26 февраля по 1 марта 2014 г.



Г.И. СТОРОЖЕНКО, д-р техн. наук, директор ООО «Баскей» (Новосибирск);
 А.Ю. СТОЛБОУШКИН, канд. техн. наук, Сибирский государственный индустриальный университет; М.П. МИШИН, директор ЗАО «Новокузнецккремстрой-Н» (г. Новокузнецк)
 G.I. STOROZHENKO, Doctor of Technical Sciences, director «Baskey LTD» (Novosibirsk);
 A.YU. STOLBOUSHKIN, Candidates of Technical Sciences, Siberian State Industrial university;
 M.P. MISHIN, CEO of JSC «Novokuznetzkremstroj-N» (Novokuznetzk)

Перспективы отечественного производства керамического кирпича на основе отходов углеобогащения

Prospects of domestic production of ceramic brick on the base of coal washing waste

Бережное отношение к природным ресурсам государства в период интенсивного развития промышленного производства является не только обязательным с точки зрения экологической безопасности нынешнего и будущих поколений, но и экономически целесообразным. Поэтому в цивилизованных обществах не вырубают бездумно леса в своей стране, не извлекают без надобности нерудное сырье, а осознанно используют промышленные и бытовые отходы, образующиеся в процессе деятельности человека.

Примером такого отношения к собственным природным ресурсам является Китай, где законодательно запрещено использовать для производства керамического кирпича глинистое сырье в местах, имеющих промышленные запасы техногенных отходов. Правительство Китая с 1999 г. поощряет с помощью налоговых льгот применение отходов промышленности вместо глины при производстве кирпича. В настоящее время для производства кирпича и черепицы там широко используются отходы углеобогащения, зола-унос, сланцы, речной и озерный ил [1].

Наша страна в 80-е гг. прошлого столетия являлась передовой в области технологических разработок по вовлечению отходов в производство керамического кирпича. Однако в настоящее время редкие примеры использования промышленных отходов и растущие их объемы заставляют снова обращаться к этой проблеме, эффективному решению которой может помочь изучение опыта наших предшественников.

Статья посвящена новой технологии производства керамического кирпича из отходов обогащения углей, разработанной с учетом опыта работы единствен-

Careful attitude toward national natural resources in the period of intensive industrial progress is not only necessary from viewpoint of environmental safety of present and future generations, but also economically advisable. That is why in civilized societies they do not practice inconsiderate deforestation, nor raise nonmetallic feed, but consciously utilize industrial and city waste resulting from human's activity.

China is an example of such attitude to their own natural resources; there it is prohibited by law to utilize argillous raw material for ceramic brick production in the areas where man-made waste is stored. Since 1999, the government of China has been supporting (with the aid of tax advantages) the utilization of industrial waste for brick production instead

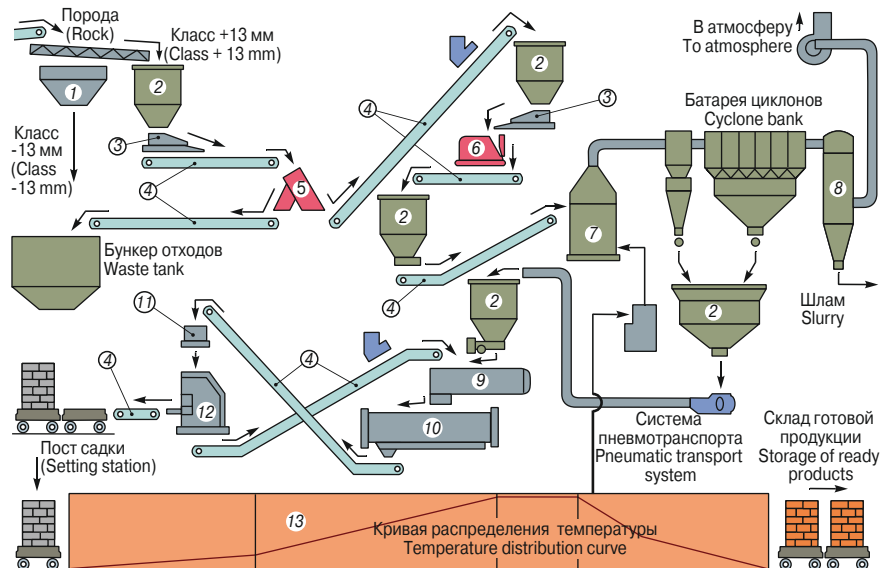


Рис. 1. Технологическая схема производства кирпича из отходов обогащения углей Абашевской ЦОФ: 1 – грохот; 2 – бункер; 3 – качающийся питатель; 4 – ленточный конвейер; 5 – узел перегрузки; 6 – щековая дробилка; 7 – молотковая мельница; 8 – скоростной промыватель; 9 – двухвалный смеситель; 10 – стержневой смеситель; 11 – мешалка-питатель; 12 – пресс; 13 – туннельная печь-сушилка

Fig. 1. Technological flow chart of brick production from coal-washing waste from «Abashevskaya» concentration plant: 1 – grate; 2 – tank; 3 – swinging feeder; 4 – belt-type conveyor; 5 – overload unit; 6 – jaw breaker; 7 – hammer mill; 8 – high-speed washer; 9 – twin-shaft mixer; 10 – mixing rod; 11 – mixing feeder; 12 – press; 13 – tunnel-type dryer

ного в СССР и Российской Федерации завода по производству керамического кирпича на основе 100% отходов углеобогащения Абашевской ЦОФ (г. Новокузнецк). Завод был построен в Новокузнецке по проекту Института горючих ископаемых и ВНИИстром им. П.П. Будникова в 1986 г. Проектная мощность, которая была достигнута на третий год работы предприятия, составляла 10 млн шт. кирпича в год, из которых 50% занимал лицевой кирпич марок 125–150.

Технологическая схема производства (рис. 1) включала в себя отбор с обогатительной фабрики отходов класса +13 мм влажностью 13% и их дробление на щековой дробилке. Последующее измельчение отходов в шахтной молотковой мельнице позволяло получить высушенный до 4% порошок полифракционного состава (остаток на сите 1 мм не более 4%, на 0,5 мм – 18–22%, менее 0,25 мм – 65–73%). Для обеспечения плотной прессовки кирпича-сырца требовался постоянный контроль фракционного состава отходов после помола в шахтной мельнице, который регулировался изменением аэродинамики потока теплоносителя в шахте. Порошок поступал на увлажнение в двухвальном смесителе СМ-1238 для получения однородной массы влажностью 6–8%, а затем в стержневом смесителе СК-08 происходила окончательная гомогенизация и уплотнение пресс-порошка.

Прессование кирпича-сырца с 17 сквозными пустотами осуществлялось на прессах СМ-1085Б, сушка и обжиг – в туннельной печи Ленингипрострома длиной 129 м. Печь вмещала 56 вагонеток, из них 12 вагонеток находилось в зоне сушки, которая отделялась от печи отдельной промежуточной шторной дверью. Режим обжига рассчитывался с учетом протекания реакции горения угля в теле кирпича-сырца, поэтому в зоне подготовки (позиции 1–15) не было горелочных устройств, так как нужная температура обеспечивалась за счет «самообжига» кирпича. Для полного выгорания углерода требовался длительный обжиг, поэтому его продолжительность составляла 56 ч. Температура обжига в зоне выдержки (позиции 26–28) – 950–1000°C. Трудности в процессе обжига возникали как при избытке угля в шихте, так и при его недостатке, когда нечем было поддерживать требуемую температуру в зоне подготовки.

Для обеспечения полного выгорания углерода в кирпиче потребовалось кардинально поменять садку кирпича-сырца на вагонетки. По проекту весь кирпич укладывался на ребро, однако в тех местах, где кирпичи соприкасались друг с другом, оставались черные пятна (невыгоревший коксовый остаток), поэтому специалисты завода разработали новую схему садки (рис. 2). По новой разреженной схеме первый ряд кирпича укладывался на ребро, а в последующих рядах все кирпичи укладывались на плашок с зазором 50 мм для хорошего обдува.

За 20 лет работы предприятия был накоплен огромный опыт работы с отходами углеобогащения, выработаны четкие требования к их вещественному составу, который обеспечивал получение керамического кирпи-

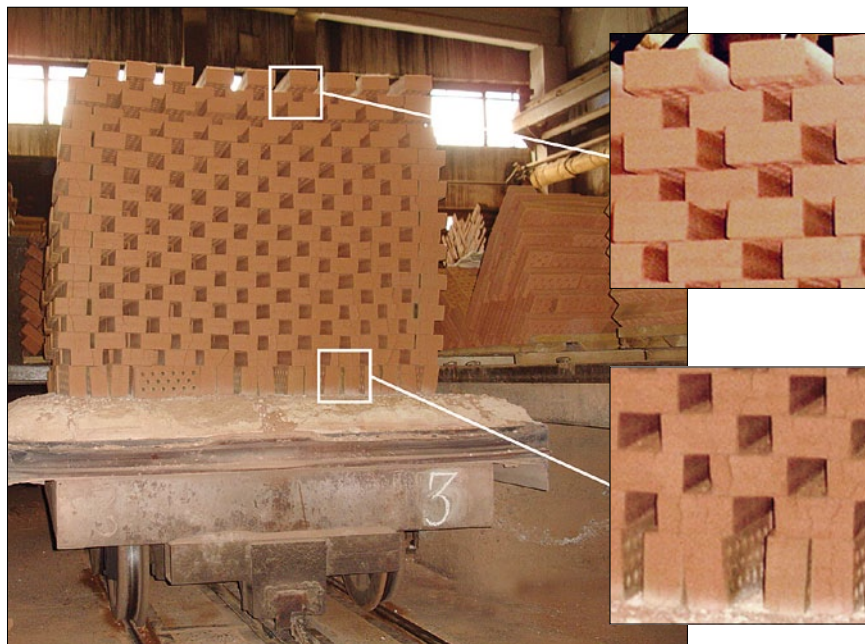


Рис. 2. Схема садки на вагонетку кирпича из отходов обогащения
Fig. 2. Schematic of brick setting on a carriage

of clay. Today, they extensively use the waste of coal-washing, fly ash, slate stones, river and lake mud [1].

In the 1980-ies, Russia was a leader in the field of technological achievements for waste utilization in ceramic brick production. Nowadays, however, just rare cases of usage of industrial waste and their increasing amount lead us to refer again to this challenge; careful analysis of the background experience can help to solve it successfully.

This paper is devoted to the new technology of production of ceramic brick from the coal-washing waste, with due regard to the experience of the plant for ceramic brick production from 100% waste from «Abashevskaya» concentration plant (Novokuznetzk). The plant is the only one in the USSR and Russian Federation; it was designed in the Institute of Fossil Fuels and P.P. Budnikov VNIISTrom (All-Soviet Union Researching Institute of Construction Materials) and built in Novokuznetzk in 1986. The design capacity was reached three years later and made up to 10 million units of brick per year; 50% of it was ashlar brick of rank 125–150.

Technological path of production (Fig. 1) included the extraction of waste of class +13 mm, humidity of 13% from the washing factory; the waste was crushed in a jaw breaker. Further milling of the waste in a shaft-type hammer mill resulted in the poly-fraction powder up to 4% (maximum 4% of 1 mm oversize, 18–22% – of 0.5 mm, 65–73% – below 0.25 mm). In order to provide dense compaction of air brick, continuous monitoring of the grain-size distribution of the waste after milling in the shaft mill was needed; the grain-size distribution was controlled by varied aerodynamics of a heat carrier flow in the shaft. The powder was directed for watering in a twin-shaft mixer SM-1238 to obtain a uniform mass with the humidity rate of 6–8%; then the mold powder underwent the final homogenization and compaction in a mixing rod SK-08.

Compaction of perforated air brick with 17 pinholes was realized in presses SM-1085B, drying and burning – in a tunnel Leningiprostrom furnace of 129 m in length. The furnace contained 56 carriages; twelve of them were inside the drying area which was separated from the furnace with an individual rolling shutter. The burning mode was calculated with due regard to the coal combustion reaction inside the air brick

Таблица 1
Table 1

Наименование отходов Waste description	Массовая доля компонентов на высушенное вещество, % Mass content of the component in the dried substance, %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	SO ₃	ППП Loss after annealing
Абашевская ЦОФ «Abashevskaya» concentration plant	54,9	16,9	0,72	3,68	3,48	1,99	3,68	0,13	13,6
То же после обогащения The same after washing	60,4	16,8	0,66	5,21	3,87	1,89	3,88	0,13	7,12
Коркинские аргиллиты Korkino blacks	40,87	16,74	0,84	16,47	2,12	2,51	1,91	0,25	17,81
То же после обогащения The same after washing	48,13	16,81	0,76	17,21	2,01	2,44	1,9	0,2	11,42

ча марок 150–175. Прежде всего это содержание угля в отходах: оно должно быть 5–6%; зольность – 85±5%; SiO₂ – не менее 54%; Al₂O₃ – 19–21%. Повышение содержания карбонатов в отходах (более 6%) приводило к разрушению кирпича после обжига; снижение содержания оксидов железа ниже 5–6% – к ухудшению цвета изделий.

Созданная в 1980-е гг. технология производства кирпича была рассчитана только на определенный вещественный и химический состав отходов, изменения которых в результате износа оборудования на обогатительной фабрике привели к остановке кирпичного завода.

Авторами разработана новая технология производства керамического кирпича, основанная на концепции рационального использования отходов углеобогащения и учитывающая нестабильность их вещественного состава. Предлагаемая технология заключается в организации глубокой переработки отходов обогащения углей непосредственно на кирпичном заводе, где необходимо проводить их вто-

body, thus in the preparation area (pos. 1–15), there were no burners, since the needed temperature was provided by the brick “self-burning”. Complete burn-out of carbon took a long-time burning, of 56 hours. The burning temperature in the soaking area (pos. 26–28) was 950–1000°C. Both coal overcharge and undercharge, when the needed temperature in the preparation area could not be provided, caused problems for the burning process.

In order to guarantee complete burn-out of carbon from brick, the load of air brick on carriages had to be totally modified. The initial design presumed the brick setting on edge, but there were black spots (underburnt coke residual) on the bricks in the points of contact. Engineers designed a new method of brick setting (Fig. 2). According to this new rarefied method, the first line of bricks set on edge, and in the following lines, all bricks were laid on flats, with the gap of 50 mm for good airflow.

During 20-year period of the plant work, they accumulated vast experience in working with the coal-washing waste, formulated clear requirements to the waste material composition which would guarantee the production of ceramic brick

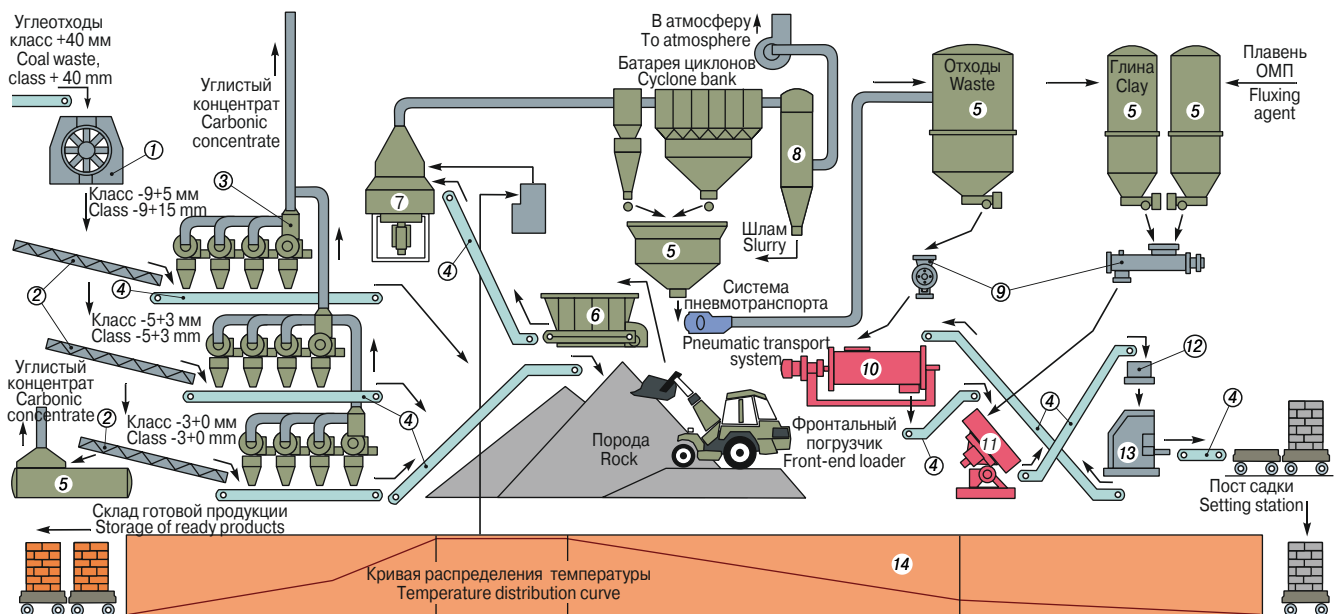


Рис. 3. Технологическая схема нового производства керамического кирпича из отходов обогащения углей: 1 – молотковая дробилка; 2 – инерционный виброгрохот; 3 – пневмосепаратор; 4 – ленточный конвейер; 5 – силос; 6 – ящичный питатель; 7 – измельчительно-сушильная установка; 8 – рукавный фильтр; 9 – весовой дозатор; 10 – турболопастной смеситель-гранулятор; 11 – тарельчатый гранулятор; 12 – мешалка-питатель; 13 – пресс; 14 – туннельная печь-сушилка

Fig. 3. Process flow chart of the new technology of ceramic brick production from coal-washing waste: 1 – hammer mill; 2 – inertia wobbler feeder; 3 – pneumatic separator; 4 – belt-type conveyor; 5 – silo; 6 – box feeder; 7 – crushing and milling plant; 8 – bag filter; 9 – weight feeder; 10 – turbo-blade granulating mixer; 11 – disk granulator; 12 – mixing feeder; 13 – press; 14 – tunnel-type dryer

**Таблица 2
Table 2**

Состав шихты, мас. % Burden composition, mass %	Предел прочности Maximum strength		Средняя плотность, кг/м ³ Mean density, kg/m ³	Водопоглощение, % Water absorption ability, %	Морозостойкость, цикл Frost resistance, cycles
	при сжатии МПа compressive, MPa	при изгибе МПа Bending, MPa			
Коркинские аргиллиты – 60; Суглинок – 25; Стеклобой – 10; Гематитсодержащие отходы – 5 Korkino blacks – 60; Clay loam – 25; Broken glass – 10; Hematite-containing waste – 5	12,2	3,04	1549	17,28	25
Отходы Абашевской ЦОФ – 85; Суглинок – 15 Waste from «Abashevskaya» concentration plant – 85; Clay loam – 15	15,5	3,49	1589	14,1	50

ричное обогащение с целью выделения излишков угля и *получения энергетического угольного топлива* для основного производства. Образующиеся в процессе обогащения хвосты стабильного состава с содержанием угля 3–8% являются основным сырьем для производства керамического кирпича. В качестве корректирующей добавки, обеспечивающей постоянство состава шихты, используется глинистое сырье, количество которого в зависимости от содержания угля в отходах после вторичного обогащения колеблется от 15 до 30%.

Схемой производства стеновых керамических материалов (рис. 3) из отходов углеобогащения предусматривается:

- доставка на завод, первичная переработка отходов углеобогащения (дробление, грохочение, классификация, выделение углистой части);
- добыча, доставка на завод, первичная переработка (дробление, выделение каменистых включений) глинистого сырья;
- вторичная переработка отходов углеобогащения и глинистого сырья (сушка, помол, механоактивация), их хранение в силосах запаса;
- получение пресс-порошка (грануляция, опудривание);
- прессование кирпича-сырца, сушка и обжиг изделий.

Исследовательские работы и полузаводские испытания новой технологии проводились на отходах обогащения Абашевской ЦОФ (г. Новокузнецк) и углистых аргиллитах Коркинского угольного разреза (Челябинская обл.). Отходы имеют повышенное содержание углерода, о чем свидетельствует высокое значение потерь при прокаливании, поэтому предварительно проводилось вторичное обогащение, что привело к изменению их химического состава (табл. 1).

Технология получения керамического кирпича состояла в следующем. Основное по составу сырье – отходы обогащения ЦОФ Абашевская и углистые аргиллиты Коркинского месторождения после дробления, грохочения и выделения пневмосепарацией углистой части сушились и измельчались в измельчительно-сепарационной установке до класса -0,25 мм. Полученный порошок гранулировался на турболопастном смесителе-грануляторе и опудривался порошком новокузнецкого суглинка. Для улучшения декоративных свойств изделий в качестве окрашивающей добавки вместе с суглинком вводились гематитсо-

of rank 150–175. Above all, coal content in the waste is important: it must be of 5–6%; ash content should be of 85±5%; SiO₂ – minimum 54%; Al₂O₃ – 19–21%. Increased content of carbonates in the waste (above 6%) caused brick rupture after the burning, decreased content of iron oxides (below 5–6%) resulted in the color degradation.

The technology of brick production developed in the 1980-ies was designed for certain material and chemical compositions of the waste; when these compositions changed because of the washing equipment deterioration, the brick plant was stopped.

The authors developed a new technology of ceramic brick production; it is based on the concept of the reasonable utilization of the coal-washing waste and takes into account its unstable material composition. The proposed technology consists of the advanced processing of the coal-washing waste directly in the brick plant, where secondary washing is necessary in order to extract excessive coal and *produce power-generating coal fuel* for the main production. Stable-composition washing discard with coal content of 3–8% is the main raw material for ceramic brick. Argillous raw material is used as a corrective admixture to provide the stable content of the burden; the quantity of the admixture varies from 15 to 30% regarding the coal content in the waste.

The scheme of production of wall ceramic materials (Fig. 3) from coal-washing waste consists of the following:

- delivery to the plant, primary processing of the coal-washing waste (crushing, grating, classification, extraction of carbon substances);
- extraction, delivery to the plant, primary treatment (crushing, separation of stony substances) of argillous raw materials;
- secondary treatment of the coal-washing waste and argillous raw materials (drying, milling, mechanical activation), their storage in silos;
- production of a mold powder (granulation, powdering);
- compaction of air brick, during and burning of products.

Researches and pilot tests of the new technology were performed on the waste from «Abashevskaya» concentration plant (Novokuznetzk) and blacks from Korkino open coal mine (Chelyabinsk region). The waste had the increased content of carbon, which is proven by the high loss after annealing, thus the material underwent secondary washing which changed their chemical composition (Table 1).

The technology of ceramic brick production lies in the following. The major raw material is the waste from «Abashevskaya» concentration plant and blacks from Korkino open coal mine were crushed, grated, the carbon substance

держажие отходы — пыль рукавных фильтров газоочистки от сталеплавильных печей (ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК», г. Новокузнецк).

Составы шихт и результаты опытно-промышленных испытаний, проведенных на Бердском и Шарыповском кирпичных заводах, представлены в табл. 2. Влажность гранулированного пресс-порошка составляла в среднем 9,8–9,9%.

Результаты испытаний кирпича, проведенные в заводских лабораториях, показали, что керамический кирпич на основе техногенных отходов, полученный путем их грануляции с последующим опудриванием глинистым сырьем, имеет четкие грани, геометрические размеры и соответствует требованиям ГОСТ 530–2007 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия» для марок 100–150 в зависимости от состава шихты.

Таким образом, проведенные исследования показывают реальную возможность и насущную необходимость использования в угольных районах нашей страны отходов углеобогащения как в качестве основного сырья, так и в качестве источника энергии для энергоемкого производства изделий стеновой керамики.

Ключевые слова: керамический кирпич, отходы углеобогащения, техногенные отходы.

Литература

1. Кройчук Л.А. Использование нетрадиционного сырья для производства кирпича и черепицы в Китае // Строительные материалы. 2003. № 7. С. 8–9.

was separated by means of pneumatic separation; then the stuff was dried and milled in a milling and separation plant down to the class -0.25 mm. The resulting powder was granulated in a turbo-blade granulating mixer and then was powdered by the powder of Novokuznetzk clay loam. In order to improve decorative properties of the brick, hematite-containing waste (the dust from bag filters of steel-making furnaces, JSC «EVRAZ ZSMK», Novokuznetzk) were admixed together with the clay loam.

Table 2 presents the burden compositions and results of pilot tests in Berdsk and Sharypov brick plants. Average humidity of the mold powder was 9,8–9,9%.

The results of brick tests in plant laboratories showed that the ceramic brick made from man-made waste which was granulated and then powdered with argillous raw material, has clear edges, geometrical sizes, and corresponds to the requirements of GOST (State Standard) 530–2007 «Ceramic brick and stone. General technical conditions» for the ranks of 100–150, regarding the burden composition.

Hence, the performed researches demonstrate the real possibility and primary need to utilize the coal-washing waste in coal districts of Russia, both as the main raw material and as an energy source for the energy-consuming production of wall ceramics.

Keywords: ceramic brick, coal preparation waste, technogenic waste.

References

1. Kroychuk L.A. Utilization of unconventional raw materials for brick and roof tile production in China // (2003), Stroitel'nye Materialy (Construction materials) (7). Pp. 8–9. (in Russian)



Основная специализация – разработка технологий сушки, помола, активации и обогащения различных видов минерального сырья.

Производственная деятельность

- изготовление технологического оборудования для сушки, тонкого помола и обогащения различных видов минерального и техногенного сырья;
- агрегатов по эффективному помолу глинистого сырья в жидкой среде;
- установок пылевидного сжигания твердого топлива в кольцевых и туннельных печах кирпичных заводов.

Практический опыт переработки сырья:

Каолины и бентониты	Вермикулитовые руды
Глины и суглинки	Гематитовые руды
Пески и супеси	Кварц-топазовые руды
Тальк и мел	Шлаки доменные
Диатомиты и опоки	Зола уноса
Известняки и доломиты	Хвосты обогащения железных руд

630090, г. Новосибирск, ул. Инженерная, д.4 а, оф. 814
www.baskey.ru E-mail: baskey_ltd@mail.ru
Тел./факс: +7 (383) 328-32-47

УДК 691.421.24

Г.И. ЯКОВЛЕВ, д-р техн. наук, М.С. ПОЛЯНСКИХ (МАЕВА) канд. техн. наук, Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова; Р. МАЧЮЛАЙТИС, д-р техн. наук, Я. КЕРЕНЕ, канд. техн. наук, Ю. МАЛАЙШКЕНЕ, доктор-инженер, О. КИЗИНЕВИЧ, доктор-инженер, Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса (Литва); А.В. ШАЙБАДУЛЛИНА, магистр, А.Ф. ГОРДИНА, магистрант, Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова

Наномодифицирование керамических материалов строительного назначения

Керамические строительные материалы имеют огромный потенциал в повышении механических характеристик за счет направленного изменения структуры керамического камня путем модификации ее протяженными углеродными наносистемами. Углеродные нанотрубки (рис. 1) рассматриваются как перспективный материал для создания различных композитов благодаря особенностям строения (соотношение длины к диаметру может достигать нескольких сотен), химической инертности и повышенным механическим характеристикам [1, 2].

Исследования влияния углеродных нанотрубок на структуру и свойства строительной керамики проводятся в Институте термоизоляции Вильнюсского технического университета им. Гедиминаса с 2011 г. и продолжают в настоящее время совместно с кафедрой «Геотехника и строительные материалы» Ижевского государственного технического университета им. М.Т. Калашникова. Технология модификации строительной керамики защищена международным патентом [3].

Существует ряд проблем, ограничивающих использование углеродных нанотрубок при производстве керамики [4]. В первую очередь это сложность разделения пучков нанотрубок и их равномерного распределения по объему шихты. Влияние углеродных нанотрубок на процесс спекания и микроструктуру получаемого материала детально не изучено. Известно также, что при температуре свыше 600°C углеродные нанотрубки подвергаются окислению при доступе кислорода (рис. 2), следовательно, при обжиге керамики, модифицированной углеродными нанотрубками, необходима восстановительная среда для исключения выгорания нанотрубок.

В качестве модифицирующей добавки могут быть использованы многослойные углеродные нанотрубки (МУНТ) Graphistrength™ фирмы Arkema (Франция),

которые состоят из нескольких слоев с внешним диаметром 10–15 нм, длиной 1–15 мкм и средней плотностью 50–150 кг/м³. Благодаря высокоразвитой поверхности углеродных нанотрубок, составляющей около 300 м²/г, появляется возможность создания водных дисперсий с относительно большим количеством поверхностных функциональных групп [5]. При синтезе они объединяются в клубки или гранулы, размеры которых могут достигать 400–900 мкм (рис. 1), обладая при этом высокой поверхностной энергией. Частицы трудно распределяются на отдельные нанотрубки в водной среде и требуют специальной диспергации. Главная задача при работе с углеродными нанотрубками – дезинтеграция пучков и крупных агломератов, возникающих при синтезе, обеспечение их стабилизации в водной суспензии и устойчивости суспензий нанотрубок при хранении.

Для получения стабильных во времени суспензий с углеродными нанотрубками в экспериментах использовался masterbatch CW2–45, в котором для стабилизации углеродных нанотрубок применяется карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ). Молекулы КМЦ адсорбируются на межфазной поверхности нанотрубок, окружая отдельные нанотрубки и их пучки. При адсорбции КМЦ на поверхности нанодисперсных частиц поверхностное натяжение уменьшается, при этом чем плотнее упаковка КМЦ на поверхности, тем больше снижение поверхностного натяжения. Соотношение между МУНТ и КМЦ в masterbatch CW2–45 составляло 45:55.

В работе [6] отмечается, что линии поглощения на ИК-спектре МУНТ в области частот 1250–1050 см⁻¹ зависят от наличия на поверхности углеродных нанотрубок функциональных групп. КМЦ, формируя химические связи с углеродными нанотрубками, смещает линии поглощения в область более высоких частот от 1090 до 985 см⁻¹. Молекулы КМЦ, покрывая поверхность на-

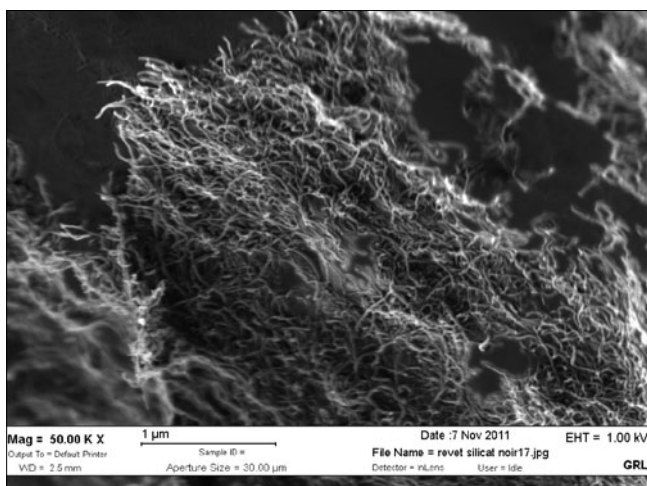


Рис. 1. Общий вид многослойных углеродных нанотрубок в среде карбоксиметилцеллюлозы

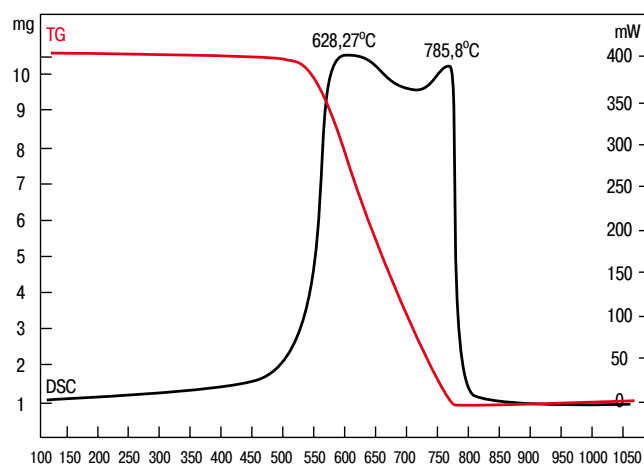


Рис. 2. Кривые ДТА углеродных нанотрубок в окислительной среде

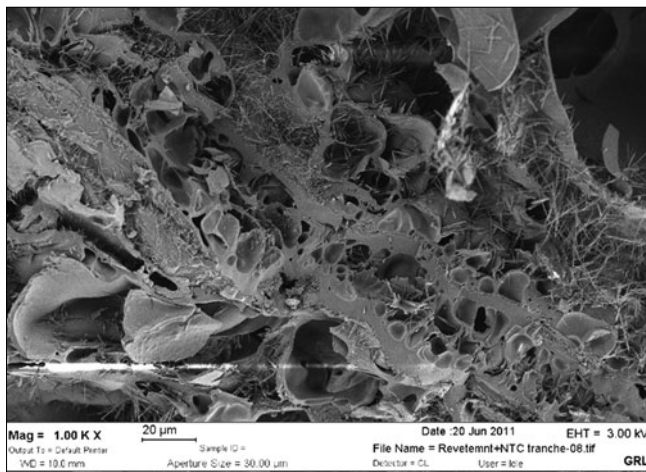


Рис. 3. Микроструктура вспученного огнезащитного силикатного покрытия, армированного углеродными нанотрубками

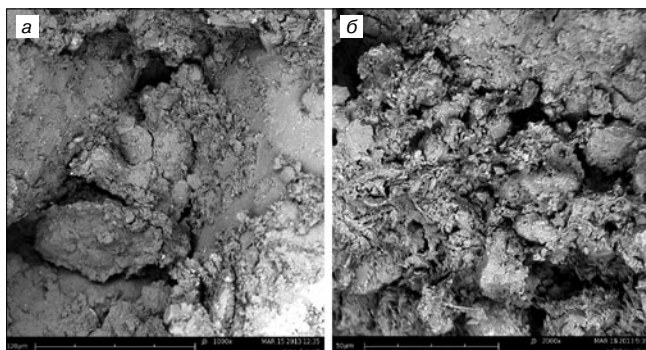


Рис. 4. Микроструктура высушенного сырца: а – скол без УНТ; б – скол с содержанием 0,005% УНТ

нотрубок, способствуют повышению устойчивости водных дисперсий МУНТ, в то же время они создают эффект «декорирования» углеродных нанотрубок дисперсными глинистыми минералами, структурируя связующую матрицу будущего керамического камня.

В технической литературе приведены исследования [7], в которых показано, что при введении в состав композитов углеродных наносистем в пределах 0,0024% от массы вяжущего можно повысить прочность минеральной матрицы в 2–3 раза. Основной причиной несоответствия результатов у разных исследователей является недостаточная степень диспергации углеродных нанотрубок, так как при синтезе в силу повышенной активности они сворачиваются в гранулы. Введение дис-

персий углеродных нанотрубок в состав минеральных матриц приводит к структурированию с формированием новообразований повышенной плотности и прочности. Изменения морфологии новообразований приводят к существенному повышению механической прочности минеральных композиций, модифицированных сверхмалым количеством нанотрубок (в пределах 0,01–0,006% от массы матрицы). Причины столь радикального изменения свойств модифицированных цементных композитов кроются в состоянии межфазного слоя композиционного материала на границе между поверхностью частиц минерального каркаса и вяжущей матрицы.

Проблема окисления нанотрубок при обжиге керамики [8] может быть решена за счет использования восстановительной среды при спекании или использовании шихты при производстве конструкционной керамики [9], которая способна вытеснить кислород при выделении продуктов термической деструкции (пары кристаллогидратной воды, оксид углерода).

Эксперименты с углеродными нанотрубками в сочетании с растворимым стеклом при огневом воздействии [10] на них показывают возможность упрочнения вспученного силикатного покрытия (рис. 3), что позволяет говорить о возможности получения керамики с повышенной прочностью изделий за счет упрочнения спекаемого керамического камня под влиянием углеродных нанотрубок на первичную структуру формуемого сырца для приготовления керамики.

При проведении исследований керамики, модифицированной многослойными углеродными нанотрубками, использовалась шихта с соотношением глины и песка 1:3. Многослойные углеродные нанотрубки вводились в глиняный раствор в виде 2% водной дисперсии. Формовались образцы-кубики со стороной 20 мм на пористой подложке. Через сутки выдержки образцов в формах они высушивались при температуре 105°C в сушильной камере в течение 24 ч. Высушенные образцы исследовались под растровым электронным микроскопом Phenom G2 и в термогравиметрическом анализаторе TGA/DSC1 фирмы «Меттлер Толодо».

Морфология новообразований в исследованной микроструктуре сырца керамики зависит от концентрации вводимых углеродных нанотрубок, при этом отмечается повышение плотности упаковки составляющих шихты (рис. 4, б) за счет введения в ее состав дисперсии углеродных нанотрубок.

Дифференциально-термический анализ шихты, модифицированной дисперсией углеродных нанотрубок (рис. 5, б) в области экзотермического эффекта при температуре 180°C показал интенсификацию процессов,

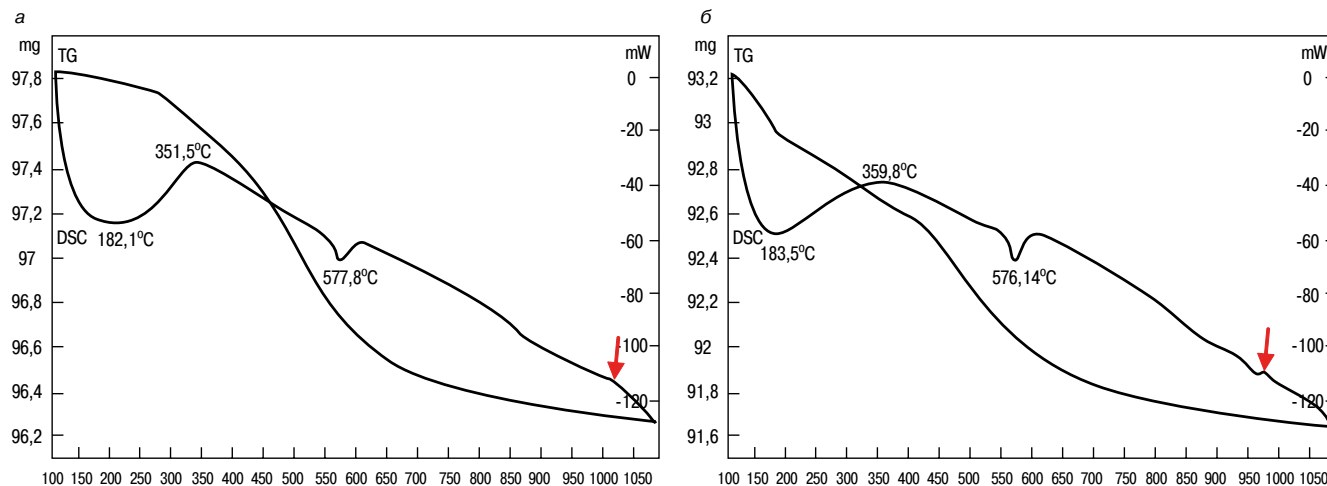


Рис. 5. Дифференциально-термический анализ керамической шихты: а – без модифицирующих добавок; б – с добавлением многослойных углеродных нанотрубок в количестве 0,005% от массы глины

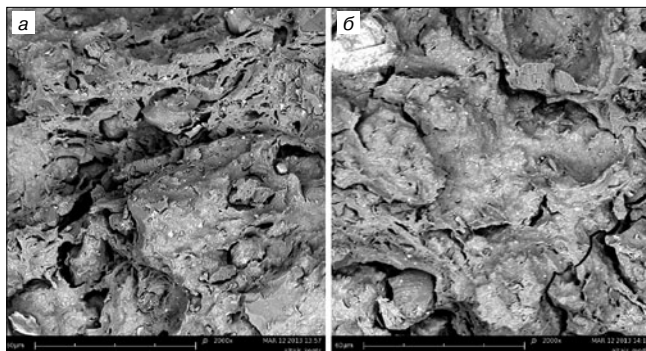


Рис. 6. Микроструктура обожженной керамики при 1000-кратном увеличении: а – без добавления УНТ; б – с добавлением 0,005% УНТ

связанных с удалением связанной воды из шихты. При температуре 577°C отмечен эндотермический эффект, обусловленный перестройкой кристаллической решетки кварца. Основные процессы, связанные с потерей массы образцов, стабилизируются в области температуры 750°C, при которой в основном завершается дегидратация глинистых минералов и выгорание углерода, образующегося при термическом разложении органики, включая ПАВ на поверхности углеродных нанотрубок. Зафиксировано смещение экзотермического эффекта в сторону более низкой температуры, связанного с образованием муллита, с 1030°C до 970°C (отмечен стрелкой), что позволяет говорить о возможности снижения температуры спекания керамики при модификации углеродными нанотрубками. Предположительно это обусловлено улучшением тепло- и массообмена вследствие высокой теплопроводности углеродных нанотрубок [11].

Опытно-промышленные испытания керамики, модифицированной углеродными нанотрубками, проводились на кирпичном заводе «Альтаир» (г. Ижевск). Анализ механических показателей высушенного сырца и обожженной керамики показал, что введение многослойных углеродных нанотрубок в количестве 0,005% от массы глины повышает прочность сырца с 1,06 до 1,52 МПа, а прочность спеченного керамического камня на 8%.

Анализ микроструктуры обожженной керамики показывает, что введение многослойных углеродных нанотрубок в состав керамической шихты в количестве 0,005% существенно изменяет структуру спеченного керамического камня. При обжиге керамики углеродные нанотрубки, улучшая спекание, способствуют увеличению объема аморфной фазы (рис. 6, б), что предопределяет улучшение механических показателей керамических изделий.

Таким образом, введение углеродных нанотрубок в керамику дает возможность существенно изменять структуру формуемого сырца, снизить температуру обжига строительной керамики; при этом спекаемый керамический материал приобретает улучшенные механические характеристики. Для выявления конкретных зависимостей различных свойств керамики от объема введенных УНТ и технологических факторов необходимы дальнейшие исследования.

Ключевые слова: керамический кирпич, многослойные углеродные нанотрубки, модификация, структура

Список литературы

1. Cho J., Voccaccini A.R., Shaffer M.S.P. Ceramic matrix composites containing carbon nanotubes // Journal Mater Science. 2009, 44, pp. 1934–1951.
2. Rana A.K., Rana S.B., Kumari A., Kiran V. Significance of nanotechnology in construction engineering // International Journal of Recent Trends in Engineering. 2009, 1(4), pp. 46–48.

3. Korzhenko A., Havel M., Gaillard P., Yakovlev G.I., Pervuchin G.N., Oreshkin D.V. 2012. Procédé D'introduction de nanocharges carbonees dans un inorganique durcissable, Patent № 2 969 143. C 04 B 16/12 (2012.01), C 04 B 28/00. Bulletin 12/25 pub. 22.06.12.
4. Samal S.S., Bal S. Carbon Nanotube Reinforced Ceramic Matrix Composites- A Review // Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering. 2008. Vol. 7, No. 4, pp. 355–370.
5. Alig I., Pötschke P., Lellinger D., Skipa T., Pegel S., Kasaliwal G.R., Villmowb T. Establishment, morphology and properties of carbon nanotube networks in polymer melts // Polymer, 2012, 53, pp. 4–28.
6. Тьонг Н.М. Получение углеродных нанотрубок и композиционных пленок на их основе. Автореф. дис. ...канд. техн. наук, Москва, 2009. 20 с.
7. Yakovlev G., Lushnikova A., Pervushin G., Khasanov O. Modification of cement matrixes with carbon nanotubes. XIII ICCS International Congress on the Chemistry of Cement, 3-8 Jule, 2011, Madrid, Spain: 304, (CD).
8. Peigney A., Laurent Ch., Flahaut E., Rousset A. Carbon nanotubes in novel ceramic matrix nanocomposites // Ceramic International, 2000. Vol. 26, Issue 6, pp. 677–683.
9. Mačiulaitis R., Malaiškienė Ju. Possibilities of controlling properties and technological parameters of building ceramics. Vilnius: Technika, 2012. 184 p.
10. Shaybadullina A.V., Yakovlev G.I., Fisher H.-B., Buryanov A.F. The role of carbon nanotubes in formation of silicate surface microstructure. Proceedings of the III International conference «Nano-technology for eco-friendly and durable construction», Cairo, 2011 (CD).
11. Peigney A., Flahaut E., Laurent Ch., Chastel F., Rousset A. Aligned carbon nanotubes in ceramic-matrix nanocomposites prepared by high-temperature extrusion // Chem. Phys. Lett., Vol. 352, (2002) No 1–2, pp. 20–25.



Специализируется на проведении маркетинговых исследований и мониторинге рынков в области строительных материалов и минерального сырья в России и ряде стран СНГ.

Осуществляет постоянный мониторинг и всесторонний анализ текущей ситуации и основных тенденций на рынках исследуемой продукции, включая анализ данных о ее производстве и потреблении, экспортно-импортных поставках, сырьевой базе, состоянии ведущих участников рынка, а также законодательства, касающегося этих отраслей.

Предлагаем готовые аналитические обзоры рынков, проведение исследований по вашим индивидуальным заказам, а также услуги по мониторингу цен и объемов поставок продукции (внутренние поставки и анализ ВЭД) на ежемесячной или ежеквартальной основе.

Выполнены работы по:

- минеральному сырью: гипсовому камню, полевоому шпату, различным видам глин, стекольным и формовочным пескам, карбонатным породам (доломиту, мелу, известняку), кварцу, бентониту, волластониту, диатомиту и др.;
- строительным материалам: цементу, извести, гипсу, листовому стеклу, щебню, гравии, теплоизоляционным и кровельным материалам, архитектурному профилю из алюминиевых сплавов и ПВХ, кирпичу, ячеистому бетону и др.

125047, Москва,

1-й Тверской-Ямской пер., д. 18, оф. 230

Тел: (499) 250-48-74, (916) 507-83-77,

факс: (499) 250-48-74

www.gs-expert.ru E-mail: info@gs-expert.ru

УДК 693.22

В.А. КЛЕВАКИН, исполнительный директор, Е.В. КЛЕВАКИНА, технолог,
ООО «НАНОКЕРАМИКА» (Екатеринбург)

Инновационный способ кладки из керамического камня

На строительном рынке России ежегодно появляются новые материалы, которые позволяют сокращать затраты и сроки строительства, реализовывать оригинальные архитектурные решения. Среди керамических стеновых материалов в европейском строительстве в настоящее время широкое распространение получил керамический блок различного формата с прямоугольными пустотами. В зависимости от региона применения и использования для заполнения пустот теплоизоляционного материала керамические блоки позволяют строить здания с относительно тонкими стенами (толщиной 380 мм) и при этом соответствовать высоким требованиям по теплозащите.

Кладка из блоков, заполненных теплоизоляционным материалом, не составляет труда. Для кладки можно использовать строительный или клеевой раствор. Однако при возведении стен из блоков без заполнения пустот выполнение горизонтальных швов на растворе практически невозможно, так как он будет проваливаться в пустоты. Для решения этой задачи прибегают к различным усложнениям технологии, наиболее распространенное из которых использование полимерной сетки с достаточно мелкими ячейками, которая прокладывается между рядами блоков и на нее наносится раствор.

ООО «Нанокерамика» предлагает способ послойной кладки керамических блоков с прямоугольными пустотами на рулонный теплоизоляционный материал на основе силиката магния, на обе стороны которого нанесен полимерный клеевой состав, покрытый защитной пленкой [1]. Перед применением материал освобождают от защитной пленки с одной стороны и раскатывают на подготовленную под кладку поверхность, после чего освобождают от защитной пленки другую сторону материала и укладывают на нее ряд керамических блоков. Теплоизоляционный материал за счет склеивающей способности нанесенного на обе стороны состава приклеивается к поверхности укладываемого керамического камня. Толщина теплоизоляционного материала постоянная. Защитная пленка легко снимается вручную, прижатие теплоизоляционного материала по длине производится прокаткой гладким валиком.

Рулонный теплоизоляционный материал с нанесенным на обе стороны клеевым составом, покрытым защитной пленкой, представляет собой аналог двустороннего скотча, который может быть изготовлен как готовый материал, поставляемый в рулонах на стройку. Технический результат, достигаемый таким способом кладки, заключается в сокращении трудозатрат и повышении скорости возведения кладки, уменьшении толщины кладки, а также в минимизации теплопотерь через швы, традиционно являющиеся мостиками холода.

Кладка на такой «двусторонний скотч» может быть использована при изготовлении панелей из керамических камней, для которых, как, например, в технологии REDBLOCK, керамические кам-

ни шлифуются, режутся под необходимым углом и в условиях производственного цеха склеиваются специальным полимерным клеем в различные панели согласно проекту, которые затем монтируются на строительной площадке.

При использовании «двустороннего скотча» шлифовки не требуется, поскольку разнотолщинность блоков до 5 мм по высоте будет компенсирована за счет теплоизоляционного материала, который получит обжатие от следующих слоев камней. Облицовки керамическим кирпичом также не потребуются, так как использование силикатного теплоизоляционного материала позволяет минимизировать тепловые потери по местам склейки камней.

Преимущества данного способа кладки.

1. Технологию кладки на «двусторонний скотч» можно использовать как при малоэтажном, так и при многоэтажном строительстве.
2. Обеспечивает повышение теплозащитных свойств стены.
3. Увеличивает скорость строительства зданий и сооружений, так как при возведении кладки необходимо учитывать, что данная система работает в предварительно-напряженном состоянии. Напряжение можно обеспечить плитами перекрытия, т. е. за один день можно построить один этаж здания и более.
4. Снижает нагрузку на фундамент. Использование данного способа кладки позволяет снизить вес кладки путем снижения толщины стен и ухода от строительного раствора.
5. Снижает толщину стен. Предлагаемый способ кладки позволяет применять однослойные стеновые конструкции (380 мм), так как запас по прочности и теплопроводности превышает рассчитанные показатели.

В таблице приведены сравнительные данные по теплопроводности кладки стен из камня керамического с заполнением пустот теплоизоляционным материалом и без заполнения пустот, по данным ИЦ «УралСтройТест» (Екатеринбург).

Расчеты проведены согласно ГОСТ 530–2007, п. 6.7. Полученные показатели свидетельствуют о повышении теплоэффективности кладки с применением двустороннего скотча, что позволяет прогнозировать возможность возведения однослойных стеновых конструкций.

В настоящее время запроектован и готовится к строительству двухэтажный коттедж с использованием этого способа кладки.

Положительные результаты натурального эксперимента и поддержка предприятий отрасли позволят провести более обширные механические и теплотехнические испытания.

Литература

1. Иванова О.А., Клевакин В.А. Способ кладки керамического камня. Патент РФ № 2473753 // опубл. 27.01.2013. Б.И. № 3.

Способ кладки	Коэффициент теплопроводности кладки, Вт/(м·°C)	Толщина стены, мм	Сопротивление теплопередаче*, м ² ·°C/Вт
Кладка камня керамического с заполнением на песчано-цементном растворе	0,11	250	2,27
		380	3,45
Кладка камня керамического без заполнения на рулонном теплоизоляционном материале	0,085	250	2,94
		380	4,47

* Сопротивление теплопередаче для Уральского региона должно составлять не менее 3,57 м²·°C/Вт.

ООО «НАНОКЕРАМИКА»

Исполнительный директор Вадим Аркадьевич КЛЕВАКИН
Телефон: (912) 222-23-11 Электронная почта: vadim-klevakin@mail.ru

Ю.Т. ПЛАТОВ, д-р техн. наук, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова (Москва); Р.А. ПЛАТОВА, канд. техн. наук (decolor@hotbox.ru), Российский государственный торгово-экономический университет (Москва)

Инструментальная спецификация цветовых характеристик строительных материалов

Чтобы использовать цвет, его нужно научиться измерять. Если научиться измерять цвет, то его можно контролировать, обсуждать и передавать информацию о нем. При контроле строительных материалов еще недавно использовали визуальную оценку, но сегодня потребители материалов все чаще требуют точного воспроизведения их окраски.

Цветовые характеристики строительных материалов определяются состоянием (валентность, координация ионов и др.) и структурной организацией красящих примесей. При формировании структуры и фазового состава этих материалов также изменяется состав и структурная организация красящих примесей. Поэтому колористические характеристики стали использовать двойкой: как способ контроля окраски и как экспресс-метод неразрушающего контроля строительных материалов. Стандартные колористические системы успешно применяются уже более 80 лет для решения этих двух задач, но в то же время они могут быть использованы при спецификации окраски объектов только при соблюдении стандартных и сопоставимых условий освещения/наблюдения. Создание современных средств и правильно организованная система цветовых измерений позволяют решать разнообразные задачи контроля и воспроизведения строительных материалов [1–4]. Развитие технической колориметрии можно условно разбить на три этапа: спецификация цвета и окраски, оценка цветовых различий и оценка внешнего вида [5].

Для спецификации окраски строительных материалов применяют широкий перечень индексов. Цветовые координаты представляют в разных колористических системах, что позволяет при представлении и обсуждении колористических характеристик сопоставлять их и однозначно интерпретировать. Цветовые различия рассчитывают по рекомендованным и стандартным формулам. В последнее время появилась необходимость оценки и моделирования внешнего вида объектов в условиях широкого диапазона условий освещения/наблюдения, поэтому колориметрия внешнего вида объектов становится третьим этапом колориметрии.

В связи с этим в обзоре приведены основные термины и определения колориметрии, стандартные колориметрические системы и пространства, формулы цветового различия, основные колористические характеристики материалов, а также основные принципы приборной цветовой спецификации и области ее применения для строительных материалов.

Термины и определения. Понятие «цвет» используется для обозначения трех совершенно разных феноменов: свойство излучения, свойство объекта и свойство зрительного восприятия [6].

Определение цвета зафиксировано в ГОСТ 13088–67 «Колориметрия. Термины, буквенные обозначения»: «Цвет есть векторная величина трех измерений, выражающая свойство, общее всем составам излучения, визуально неразличимых в колориметрических условиях наблюдения».

Электромагнитное излучение видимой области спектра с длиной волны 360–780 нм вызывает ощущение цвета. Свет источника попадает на непрозрачный объект и отражается от него. Характер распределения отраженного света и его спектральный состав зависят от состава макро- и микроструктуры и текстуры материала, качества и состояния поверхности изделия. Отраженный свет попадает в глаз наблюдателя и в процессе обработки информации преобразуется в цветовое ощущение [1]. Следует отличать зрительное ощущение как физиологическую реакцию от зрительного восприятия как продукта высшей нервной деятельности. Восприятие всегда сложнее, чем вызывающий его стимул, поэтому равенства стимулов еще недостаточно для равенства восприятия [1, 2, 6].

Для описания воспринимаемого цвета используют субъективные цветовые характеристики [3]:

- *цветовой тон* – характеристика, служащая для установления сходства данного цветовосприятия с цветовосприятием, вызываемым тем или иным монохроматическим спектральным стимулом;
- *насыщенность* – характеристика, служащая для оценки отличия данного цветовосприятия от равного ему по светлоте ахроматического цветовосприятия;
- *светлота* – характеристика, в соответствии с которой поверхность воспринимается диффузно отражающей или пропускающей большую или меньшую долю падающего света.

Любые три координаты позволяют представлять точку в трехмерном пространстве. Например, набор из трех координат – цветового тона, насыщенности и светлоты в стандартной колориметрической системе позволяет представлять положение цвета в виде точки в цветовом пространстве.

При сопоставлении образцов по окраске между ними устанавливается отношение по типу «равен-равен». Поэтому в отличие от обычно измеряемых физических величин при оценке окраски объектов вместо термина «измерение» чаще употребляют термин «спецификация» [1].

Согласно [6] следует различать следующие понятия: окраска и внешний вид объекта.

Окраска – это свойство именно объекта, по которому их можно уравнивать визуально в определенных геометрических условиях освещения и наблюдения. Например, при измерении цвета излучения, отраженного от разнофактурных образцов с разной степенью блеска (глянцевые и матовые), в зависимости от условий освещения/наблюдения будут получаться различные цветовые характеристики. Поэтому при определении окраски можно только определить, подобны или равны две окраски объекта в данных условиях освещения/наблюдения.

В определении CIE 15.2. (CIE – Commission International de l'Éclairage) различается цвет первичного источника и цвет вторичного источника, то есть отраженного света. Хотя четко там не сформулировано, это может означать только одно: при измерении цвета первичного

источника игнорируется пространственное распределение излучения. Для измерения цвета вторичного источника вводится стандартная оптическая геометрия измерения, то есть очевидно учитывается косвенно пространственное распределение излучения. Таким образом, фактура поверхности неявным образом всегда присутствует в цветовых характеристиках (координатах) вещественных объектов. Поэтому Международной комиссией по освещению (МКО) без явной декларации введены две системы спецификации: цвета излучения как такового и цвета излучения, отраженного (пропущенного) объектом и измеренного в зависимости от геометрических условий освещения/измерения. Последнее есть окраска (по неопубликованным материалам П.П. Новосельцева).

Воспринимаемый *внешний вид* согласно ASTM E 284–2007 – это визуальное восприятие объекта, включающее размер, форму, цвет, текстуру, блеск, прозрачность и др. Измерение внешнего вида опирается на измерение окраски объекта для различных конфигураций освещения/наблюдения (гониоспектроколориметрию) с получением набора цветовых координат и последующим сведением результатов к однородной величине [4, 5].

Цветовые системы и цветовые пространства. Технический комитет ISO/TC 187 (обозначение цвета) определил цветовую систему как набор правил по расположению и обозначению цветовых характеристик, обычно в соответствии с определенными шкалами [2]. За прошедшие годы было создано более 400 цветовых систем [1, 2].

Стандартная колориметрическая система XYZ МКО 1931 г. стала основой при соблюдении стандартных условий измерения цвета и окраски: функции сложения цветов, стандартных излучений и стандартной геометрии освещения/наблюдения [1–4].

Стандартный колориметрический наблюдатель (ISO 11664-1:2008 (CIE S 014-1/E–2006)) с полем наблюдения 2° характеризуется через функции сложения цветов (кривые сложения) $x(\lambda)$, $y(\lambda)$, $z(\lambda)$ МКО 1931 г. На основе многочисленных опытов получены новые данные и функции сложения цветов дополнительного стандартного колориметрического наблюдателя МКО 1964 г. Угол поля зрения при уравнивании цветов был равен не 2° , а 10° , что соответствует восприятию цветовых полей большого размера. Есть традиции, когда оценивают небольшие по размеру образцы цвета, используя кривые сложения для стандартного колориметрического наблюдателя 2° МКО 1931 г., а когда большие – дополнительного стандартного колориметрического наблюдателя 10° МКО 1964 г.

Стандартные излучения и стандартные источники света. МКО предложила (ISO 11664-2:2008 (CIE S – 2/E–2006)) несколько стандартных колориметрических излучений, которые были обозначены А, В, С, D, E, F. Стандартные излучения воспроизводят при помощи физических источников света, спектральное распределение энергии которых аппроксимирует одно из стандартных излучений. Стандартные источники воспроизводят реальный свет: А – от освещения электрическими лампами накаливания; В – от прямого солнечного освещения; С – от рассеянного дневного света; D – набор стандартных источников среднедневного света (ГОСТ 7721–89 «Источники света для измерений цвета. Типы. Технические требования. Маркировка»), например источник D65 наиболее точно аппроксимирует среднедневной свет; F – свет люминесцентных ламп, например F11 имитирует свет люминесцентной лампы белого цвета.

Оптическая геометрия измерения. МКО рекомендует (CIE 15.3-2004 Colorimetry) использовать четыре типа

оптической геометрии, но чаще используют два типа: $45^\circ/0^\circ, d/0^\circ$.

Первая цифра означает угол между нормалью к поверхности образца и направлением освещения образца; вторая – угол между нормалью и направлением наблюдения. Геометрию, обозначенную $d/0^\circ$, используют для равномерного освещения образца в интегрирующей оптической сфере, покрытой изнутри сульфатом бария. Прибор должен быть также снабжен ловушкой глянца, чтобы исключить прямое отражение от глянцевой поверхности. Исключение зеркального отражения при измерении будет приводить к тому, что различия по фактуре образцов будут влиять на значения цветового различия. Приборы для измерения окраски с геометрией $45^\circ/0^\circ$ чаще используют для измерения оптической плотности и чистоты цвета окрашенных образцов. Однако из-за направленности излучения результат в большой мере зависит от структуры поверхности образца.

Таким образом, цветовые различия образцов окраски с разной фактурой (гляnceвая, матовая гладкая, шероховатая и др.), измеряемые с исключением зеркальной составляющей (или на приборе с геометрией $45^\circ/0^\circ$), лучше выявляют различия в цветовых характеристиках образцов, обусловленных различием в фактуре поверхности.

При инструментальной спецификации цветовых характеристик строительных материалов чаще используют определение цветовых координат XYZ МКО, координат цветности на плоскости x, y с последующим графическим определением доминирующей длины волны λ_c (для пурпурных цветов – дополнительной длины волны λ_d) и чистоты цвета p_c .

Одним из недостатков цветового пространства XYZ МКО является то обстоятельство, что одинаковым изменением значений координат цвета не соответствуют равнозначные изменения цветовых ощущений. Поэтому и равные значения цветового различия между цветами в равных областях пространства неравнозначны по восприятию. Вторым недостатком является то, что значение составляющих цветового различия ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$) нельзя соотнести с природой составляющих цветового различия, воспринимаемых экспертами [2]. Частично устраняют проблему производные параметры $\Delta\lambda_c, \Delta p_c$ и ΔY , которые полезны для относительно малых цветовых различий.

МКО в 1976 г. рекомендовала использовать приблизительно равномерное колориметрическое пространство CIE $L^*a^*b^*$ (ISO 11664-4:2008 (CIE S 014-4/E-2007)). Цветовые координаты в этом пространстве определяют по следующим формулам (для $1 \leq Y \leq 100$):

$$L^* = 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16;$$

$$a^* = 500[(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}];$$

$$b^* = 200[(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}],$$

где X_n, Y_n, Z_n – цветовые координаты идеального расщепителя для выбранного стандартного источника освещения; X, Y, Z – цветовые координаты образца.

Цветовое различие и цветовые допуски. Полное цветовое различие (между двумя цветами): геометрическое расстояние между двумя точками цветового пространства (ГОСТ Р 52489–2005; ИСО 7724-1:1984).

Цветовые различия ΔE могут быть выражены в соответствии с рекомендацией МКО по уравнению:

$$\Delta E(L^*a^*b^*) = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2},$$

где различие: ΔL – по светлоте между двумя образцами, Δa – по оси «красный (+a*) – зеленый (-a*)»; Δb – по оси «желтый (+b*) – синий (-b*)». Кроме того, в программном обеспечении ряда приборов входят следующие формулы расчета цветового различия СМС ((I:c); CIE94 и CIE DE2000 (ASTM D 2244–2007). Для лучшей корреляции с визуальной оценкой рекомендуется ис-

пользовать формулу СМС (1:c) [2]. Согласно [7] приведено сравнение по эффективности использования шести формул цветовых различий ($\Delta E(L^*a^*b^*)$, CIE94, CIE DE2000 и др.) и показано, что все формулы сопоставимы с визуальными результатами с большой точностью, за исключением $\Delta E(L^*a^*b^*)$.

Разработанные формулы цветового различия позволяют избежать субъективных визуальных оценок и использовать методы объективной колориметрии для решения следующих задач: определение цветовых различий и их соответствие установленным допускам; оценка степени метамеризма; устойчивость цвета материала в зависимости от условий обработки или эксплуатации [8–10]; сортировка по окраске [11, 12].

Приемлемость цветового различия. Понятия приемлемости и восприимчивости цветового различия существенно отличаются и их необходимо различать при применении в промышленности. Предполагается, что величина $\Delta E(L^*a^*b^*)$ пропорциональна воспринимаемому различию, а коммерческие цветовые допуски часто составляют 0,5–1 единицы $\Delta E(L^*a^*b^*)$ [2]. При оценке материалов требуется определение приемлемости (допуска) цветового различия с использованием различных формул. Сложность перехода от формул цветовых различий к значениям приемлемости цветового различия осложняется тем фактом, что еще не найдено идеальной формулы цветовых различий, точно предсказывающей воспринимаемые цветовые различия.

При использовании значений цветового различия $\Delta E(L^*a^*b^*)$ выявлено, что оно полезно для определения, с какой точностью образец отличается от стандарта. Но иногда при серийном производстве необходимо знать не только величину отклонения от стандарта, но и направление отклонения по одной из координат (ΔL^* , Δa^* , Δb^*). Поэтому выбор значений цветового допуска, полученного по результатам инструментальной оценки, должен быть соотнесен с визуальной оценкой приемлемости по цветовому тону, светлоте и насыщенности (ASTM D 1729-96). Кроме того, если есть подозрение, что образцы могут быть метамерными, то есть обладать разными спектральными кривыми, хотя визуально похожи, то должна быть проведена инструментальная проверка в соответствии с методикой (ASTM D 4086-92).

Метамеризм – нарушение цветового равенства при смене условий определения цветовых характеристик. Понятие метамеризма связано с двумя и более образцами при их сравнении между собой. Это свойство следует отличать от цветового непостоянства (color inconstancy) – изменения цветовосприятия объекта от смены источника освещения [3]. При смене источника освещения нарушается равенство по цветовосприятию двух образцов, установленное для первоначального источника. Такие образцы, как правило, имеют различия в спектрах отражения.

Оценкой степени метамеризма является индекс метамеризма $MI L^*a^*b^*$, определяемый через цветовое различие $\Delta E(L^*a^*b^*)$ одного образца от другого при изменении условий освещения/наблюдение (обычно используют два условия: $D65/10^\circ$ и $A/10^\circ$). В [13] анализируется правило использования индексов метамеризма метамерных образцов.

Различают четыре вида метамеризма [2]: метамеризм излучения; метамеризм наблюдателя; метамеризм поля зрения; геометрический метамеризм.

Метамеризм излучения. Он возникает, когда цветовые координаты многомерной пары показывают равенство объективных цветовых характеристик или цветовосприятия при одном излучении, например при излучении С, и несоответствие при источнике А. Такой метамеризм может возникнуть, если объективные (приборные) цветовые характеристики одного образца, окрашенные дан-

ным набором красителей, при некотором освещении соответствуют приборным цветовым характеристикам образца, окрашенного другими красителями, а при другом освещении не соответствуют.

Метамеризм наблюдателя проявляется, когда метамерная пара воспринимается одинаково одним наблюдателем (продавцом) и разной по цвету другим (покупателем). С такой ситуацией часто сталкиваются в промышленности и торговле, так как известно, что не существует двух наблюдателей с совершенно одинаковыми характеристиками зрительных ощущений.

Метамеризм поля зрения как частный случай метамеризма наблюдателя только виртуального: это равенство цветов пропадает, когда меняется поле зрения. Например, от 2 до 10° : для площади объекта диаметром $3,5$ см на расстоянии наблюдения в 1 м угол зрения равен 2° , а с диаметром $17,5$ – 10° . Метамерная мера, показывающая равенство, когда образцы рассматриваются на расстоянии (малое поле зрения), может не сохранять его, когда наблюдатель приближается к образцу (большое поле зрения).

Геометрический метамеризм возникает при изменении геометрии наблюдения. Например, пара образцов красок с металлическим эффектом может показывать равенство при одном определенном угле освещения и наблюдения, но не сохранять равенство, когда какой-либо угол изменяется. В связи с этим измерения цветовых характеристик при одном из стандартов геометрии освещение/наблюдение являются неинформативными.

В практической деятельности метамеризм имеет большое значение, так как часто выполняет цветовую подгонку образца, используя отличающийся от эталона набор красителей (или пигментов), а также изменяя условия освещения и наблюдения. В связи с этим могут возникнуть различные виды метамеризма.

Колористическая характеристика материалов. К основным колористическим характеристикам относят индексы белизны и желтизны материалов, показатель красящей способности пигмента или красителя (далее колоранта), кроющая способность покрытия.

Белизна – субъективно воспринимаемое свойство. Оценка белизны как функции восприятия окраски основывается на колориметрии. Для получения выражений, адекватно описывающих восприятие белого, проводились обширные экспериментальные исследования наблюдателей с использованием разных тест-образцов. Несмотря на то что область белого занимает лишь около 2% всего цветового пространства, было опубликовано более 100 различных выражений для оценки белизны [1, 2].

Для определения белой окраски и белизны, как правило, используют несколько терминов. Кроме термина whiteness (англ. белизна), который является общепринятым, применяют термин brightness (англ. яркость), который связан с оптическим свойством материала полученным путем измерения при одной длине волны ($\lambda=457$ нм). Показатель яркости, измеренный по ГОСТ 16680–79 «Каолин обогащенный. Метод определения белизны», тесно коррелирует со светоотражающей способностью материала, но не объясняет расхождения окраски белых образцов, имеющих одинаковые значения яркости. Это явление объясняется тем, что в практике измерения коэффициента отражения при $\lambda=457$ нм часто при этой длине волны два и более образца имеют равные значения, а коэффициенты отражения по другим длинам волн различаются, то есть по коэффициенту яркости образцы подобны, а в общем по окраске нет.

МКО в 1982 г. предложила [2] общепринятое в настоящее время выражение для расчета индекса белизны (ASTM E 313-2000; ГОСТ Р ИСО 105-J02 – 99):

$$W_{ISO} = Y_{10} + 800(x_{10} - x) + 1700(y_{10} - y),$$

где Y_{10} – значение цветовых координат Y МКО 1964 образца; x, y – цветовые координаты образца; x_n, y_n – координаты цветности для идеального отражающего рассеивателя при источнике света D65 и наблюдатель 10° .

Выражение указывает на то, что белизна определяется яркостью Y и цветностью $800(x_n - x) + 1700(y_n - y)$, которая увеличивает значение белизны по мере смещения окраски материала к синему и снижает ее, когда он желтеет.

К белому относят материал со значениями индекса белизны $W_{ISO} > 40$. Выделена область «предпочтительно белый» фарфор в колориметрическом пространстве CIE $L^*a^*b^*$: $L^* > 86, b^* < 2,0$ с белизной $W_{ISO} > 60$ [14].

Желтизна. Распространенным изменением окраски белых материалов является желтизна, что связано с примесями железа, титана и хрома. Для инструментальной количественной оценки желтизны разработаны различные формулы, но наиболее часто употребляемой является формула расчета индекса желтизны (ASTM E 313-2000):

$$YI = \frac{1,28X - 1,06Z}{Y} \cdot 100,$$

где X, Y, Z – цветовые координаты образца.

По этой формуле чем выше YI , тем больше желтизна, при $YI \sim 0$ материал имеет ахроматический цвет (белый, серый), а если $YI < 0$, то материал имеет голубоватый оттенок.

Индексы белизны W_{ISO} и желтизны YI предложены [15] для градации каолина по категориям качества, а для каждой категории определена область его назначения.

Красящая способность – мера способности колоранта придавать окраску материалам. Понятие «красящая способность» [1, 2] частично используется для характеристики количества красителей колоранта в образце, а также для установления различий по окрашиванию двумя красителями материала.

Относительная красящая способность F_s – отношение красящей способности колоранта к красящей способности стандартного колоранта, красящая способность которого принята за 100%. Оценка относительной красящей способности (relative strengths) колорантов дает возможность их стандартизировать. Неприемлемо, чтобы каждая партия данного колоранта вела себя в процессе окрашивания по-разному. При изменении красящей способности колоранта, поставляемого со следующей партией, необходимо менять как минимум его концентрацию (он может быть сильнее или слабее по красящей способности) или состав смеси колорантов. Поэтому потребитель должен требовать от изготовителя, чтобы каждая партия в допустимых пределах соответствовала стандарту по красящей способности.

Если стандартный и опытный образцы приготовлены из различных партий колорантов, различие по относительной красящей способности между двумя партиями может быть измерено. Один из трех индексов, который используется при условии его определения: если один образец отличается от другого по уровню кривой спектра отражения, но при этом кривые спектра отражения подобны по форме, тогда достаточно использовать один из коэффициентов спектра отражения, как правило, на длине волны максимума поглощения (индекс Chromatic strength index).

$$F_s = \frac{(K/S)_{образец}}{(K/S)_{стандарт}} \cdot 100,$$

где K – коэффициент поглощения; S – коэффициент рассеяния.

Взаимодействие света со слоем материала описывается с помощью коэффициентов поглощения K и рассеяния S в виде уравнения:

$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R)^2}{2R},$$

где R – коэффициент спектра отражения, представляющий отношение отраженного светового потока к потоку, падающему на поверхность непрозрачного слоя. Это уравнение, как функция Кубелки–Мунка, показывает, что отражение непрозрачного слоя зависит только от отношения K и S , а не от их абсолютных значений.

Если изменяется уровень и форма кривой отражения, тогда необходимо использовать все коэффициенты спектра отражения видимой области (индекс Apparent strength index), а если необходимо учитывать различия по красящей способности и восприимчивости, тогда необходимо использовать при расчете значения функций сложения цветов для стандартных источников освещения/наблюдения (индекс Integrated strength index).

Индекс красящей силы определяет, сильнее или слабее колорант относительно стандартного колоранта. Индекс красящей способности применен для изучения влияния минералов железа на окраску каолина [15]. Показано, что красящая способность гематита превосходит соответствующий показатель гетита и пирита.

Непрозрачность, или кроющая способность покрытия. При производстве керамических изделий часто на керамическое тело наносится непрозрачный слой, который из-за разных факторов часто относится к полупрозрачным. Например, покрытия, состоящие из красочного слоя, полупрозрачной или непрозрачной глазури, ангоба, служащие промежуточным слоем при производстве керамической плитки, не всегда обладают необходимой кроющей способностью, так как красящие соединения керамического тела часто обладают большой красящей способностью, например гематит как примесь во многих алюмосиликатных материалах. Поэтому при нанесении ангоба разной толщины на керамическое тело между образцами может возникнуть цветовое различие, иногда едва заметное, но при нанесении декора между изделиями различие становится значимым (эффект восприятия – ритмический контраст). Обычно покрытие наносится на белую и черную подложки. Цветовые характеристики окраски каждого образца измеряются, и кроющая способность выражается через цветовое различие $\Delta E(L^*a^*b^*)$ (DIN 55987:1981-2002) при толщине слоя:

$$\Delta E = [(L^*_w - L^*_b)^2 + (a^*_w - a^*_b)^2 + (b^*_w - b^*_b)^2]^{1/2},$$

где индексы W и B обозначают цветовые координаты покрытия на белой и черной подложках, соответственно. Ввиду трудности осуществления данной процедуры используют другой способ: наносят слой покрытия разной толщины до толщины, когда цветовое различие между предыдущим слоем будет $\Delta E(L^*a^*b^*) < 1,0$. Способность покрытия скрывать окраску подложки зависит от удельных коэффициентов поглощения и рассеяния на единицу толщины слоя. Процедура подгонки и коррекция рецептур покрытия по теории Кубелки–Мунка подробно изложены в [1, 2].

Приборная спецификация окраски. Принцип, аналогичный цветовым ощущениям субъекта, используется и в конструкции приборов для измерения цветовых характеристик [1–3, 16–18]:

- источник света освещает образец;
- отраженный свет регистрируется фотоэлементом или фотодиодами;
- спектральное распределение отраженного света преобразуется в колористические характеристики в одной из колориметрических систем.

В соответствии с классификацией приборов фотометрические приборы, применяемые в колориметрии, различаются по следующим признакам:

- по типу измеряемого излучения и соответственно объекта (отраженный; пропускаемый; излученный или комбинированный);
- по оптической геометрии измерения (спектрофотометры и колориметры с геометрией $45^\circ/0^\circ$, $0^\circ/45^\circ$, $d/0^\circ$ и $0^\circ/d$);
- многоугловые гониоспектрофотометры;
- по условиям применения (портативные; настольные лабораторные; онлайн, установленные на производственных линиях);
- по способу получения цветовых координат – колориметры (непосредственное измерение координат цвета для ограниченного набора стандартных условий освещения/наблюдения), спектрофотометры (измерение спектра и расчет цветовых координат для разных сочетаний освещения/наблюдения) [17].

Основное различие между колориметрами и спектрофотометрами является важным: колориметры не измеряют спектры. До недавнего времени колориметры были основными приборами для цветовых измерений. Но они обладают рядом недостатков, например не позволяют оценить явление метамеризма для двух пар объектов. Спектрофотометры имеют более высокую точность в определении цветовых координат, и с их помощью можно изменять стандартные условия освещения/наблюдения.

Выбор спектрофотометра. Спектрофотометры, специально предназначенные для цветовых измерений, называют спектроколориметрами, которые различаются по назначению, функциональным возможностям, геометрии излучения, точности, программному обеспечению и цене. Конструкция прибора должна учитывать измерение образцов разных типов и размеров. При выборе прибора важно знать тип образцов: порошок, пленки, жидкость, материалы со сложной фактурой, текстурой или с покрытием с использованием эффективных пигментов, подлежащих измерению.

Приборы портативные и настольные лабораторные. При измерении образцов на пропускание, например стекло или прозрачный пластик, используют приборы с геометрией $d/0^\circ$ и $0^\circ/d$, которые измеряют общее и направленное пропускание. Если образец слабомуточный или мутный, то при направленном пропускании за счет многократного рассеяния света изменяются цветовые координаты относительно цветовых координат на основе спектра общего пропускания.

Для матовых, однородных, неполяризующих, нелюминесцирующих, непрозрачных образцов без структурированной фактуры поверхности выбор геометрии освещения/наблюдения не принципиален. Для исключения блеска поверхности используют приборы с геометрией $45^\circ/0^\circ$, а для структурированной фактуры поверхности образца – $d/0^\circ$ и $0^\circ/d$.

Приборы с интегрирующей сферой ($d/0^\circ$ и $0^\circ/d$) снабжены зеркальной ловушкой. Такие конструкции позволяют сравнивать окраски образцов с учетом зеркальной составляющей и без учета. Это необходимо при сравнении по внешнему виду или при расчете рецептур колоранта.

В последние годы появились образцы, которые содержат люминесцирующие колоранты. При измерении окраски таких образцов обязательно устройство, позволяющее измерять с включением и без включения УФ-составляющей в спектре [18]. Люминесцирующие добавки повышают светлоту и изменяют цветность образцов [19].

Приборы для бесконтактного измерения окраски материалов. Не всегда имеется техническая возможность прямого контакта материала с измерительной системой

(гранулы, сыпучий порошок, жидкость, нестандартные размеры образца и др.). В этом случае используют бесконтактный способ.

Бесконтактный настольный спектрофотометр VS 450 (X-Rite) со стандартными условиями $45^\circ/0^\circ$, предназначенный для измерения окраски сухих и влажных образцов, имеет ряд преимуществ: способность измерять неровные и большие образцы, например керамические изделия сложной конфигурации; возможность быстро и легко размещать образцы для бесконтактного измерения без использования дополнительных приспособлений. Устройство Active Visual Targeting позволяет выбрать измеряемый участок на образце, например поверхность со сложной текстурой, с диаметром пятна 6 или 12 мм, а встроенный датчик позволяет измерять также блеск образцов.

Бесконтактный спектрофотометр ERX130 (X-Rite) предназначен для измерения окраски материалов в онлайн-режиме при непрерывном производстве. Образец измеряется бесконтактно с расстояния 300 мм, а пятно измерения 90 мм. Измерение в диапазоне 330–730 нм с общим числом коэффициентов отражения, равным 401, служит основой для последующих колориметрических расчетов, при использовании стандартных условий освещения/наблюдения. Измерения на производственной линии при непрерывном потоке продукта выполняются с заданным интервалом времени при внешней команде.

Приборы для измерения внешнего вида используются для измерения покрытий, в составе которых используются эффективные пигменты, придающие поверхности материала визуально очень привлекательный внешний вид (перламутровый, металл, иризирующий и др.), а также имеют радужные разводы или способны изменять отражаемый цвет от угла освещения и наблюдения. Эти пигменты используют для покрытия разной продукции, вплоть до фасадов зданий. Для измерения оптических характеристик и внешнего вида таких покрытий используют приборы нового поколения и новые подходы спецификации их цвета (ASTM E 2539-2008). Гониоспектрофотометр MA 98 Portable Multi-Angle (X-Rite) используется для контроля данных покрытий [20]. Анализ внешнего вида происходит при двух углах освещения (45° и 15°) и до 12 направлений измерения. Измерение спектра отражения происходит в диапазоне 400–700 нм с шагом 10 нм с расчетом колористических характеристик посредством специальной методики и программного обеспечения xDNA. В результате получается трехмерная спектральная кривая xDNA спектр, а также колористические характеристики ($L^*a^*b^*$, ΔE и др.) для стандартных источников освещения/наблюдения. В целом метод xDNA позволяет выразить различие в паре «эталон–образец» для внешнего вида поверхностей как единую характеристику dF, не зависящую от условий освещения/наблюдения.

Измерение цветовых характеристик материалов, имеющих искусственную или природную неоднородность окраски (мрамор, керамическая плитка, камень, кирпич и др.). Цветовосприятие субъекта определяется не только окраской отдельных фрагментов материала, но и всей цветовой структурой поля изображения.

Мультиспектральные спектрофотометры 600 (Non-contact) Imaging Spectrophotometer измеряют все элементы цветовой структуры фрагмента поверхности одновременно (по материалам П.П. Новосельцева). В отличие от цифрового фотоаппарата каждый пиксель изображения характеризуется спектром отражения с разрешением 20 нм и поэтому имеет цветовые характеристики, не зависящие от условий освещения. В совокупности измеряется более 1,2 млн (1280×960) спектральных кривых отражения. Специальная программа рассчитывает значения цветовых координат и цветового различия

$\Delta E(L^*a^*b^*)$ между эталоном и текущим образцом как поэлементно, так и в среднем по всей картине. Это позволяет объективно оценить отличия по окраске двух плиток со сложным рисунком, изменяя область сравнения по месту и площади расположения. Например, необходимо предварительно сравнить по отдельности на двух керамических плитках желтые, красные и зеленые пятна, а потом по площади в общем три цветных пятна. Такой прибор позволяет разработать цветовые допуски как для отдельного элемента окраски, так и для всего рисунка в целом.

При выборе модели спектрофотометра необходимо учитывать, что цветовые допуски, устанавливаемые для одной и той же продукции при помощи приборов с различными стандартными геометриями измерения, как правило, разные. Но даже в ряду приборов с одинаковой стандартной геометрией измерения сходимость естественно лучше у одинаковых моделей [2]. Это обусловлено как различиями в конструкции приборов, площади сферы, размере и положении отверстий и др., так и свойствами образца (текстура, блеск, люминесценция). Поэтому при сопоставлении результатов важно учитывать не только стандартные условия измерения, но и модель спектрофотометра.

Области применения приборной цветовой спецификации. За последние десятилетия проведены многочисленные исследования, разработаны рекомендации и внедрены стандарты приборной цветовой спецификации керамических и минеральных вяжущих строительных материалов.

С помощью приборной спецификации окраски строительных материалов осуществляются различные операции: цветовая аттестация, определение цветовых различий, идентификация материала, воспроизведение эталонной окраски, колориметрический контроль при производстве материалов.

Цветовая аттестация. Колористические характеристики используются как мера стандартных (контрольных) образцов при сравнении их с серийными (поставляемыми) [1, 2]. По экспериментальным данным определены границы области в колористической системе $CIE L^*a^*b^*$, соответствующей окраске проб каолина, от белого до желтого и светло-серого; предложена методика идентификации латентной (скрытой) составляющей красящей способности соединений железа в составе каолина и его градация по показателям белизны W_{ISO} и желтизны YI (ASTM E-313-2000), рассчитанные по цветовым показателям [15], а также каолина и метакаолина на его основе [21, 22].

Разнооттеночность керамической плитки — одна из проблем при ее серийном выпуске. Цветовые различия керамической плитки определяют в соответствии со стандартами (ISO 10545-16:2000; ASTM C 609-2007), используя значения общего цветового различия ΔE^* или одной из цветовых координат (ΔL^* , Δa^* , Δb^*). Проведено сравнение значений цветового различия керамической плитки, полученных по разным формулам, и показано, что формула цветового различия CIE2000 наиболее сопоставима с визуальной оценкой и может успешно применяться [12]. Проводится контроль цвета керамических эмалей в системе $CIE L^*a^*b^*$ [23]; качество керамической плитки [24] и фарфора [14].

Определение цветовых различий и допускаемых отклонений в процессе производства, хранения и эксплуатации материалов под воздействием различных окружающих сред. Установлено, что цветовые различия серого гранита со слабой степенью выветривания несущественны по поверхности плиты, но при большей степени выветривания существенны, особенно по координате b^* (желтый — синий) системы $CIE L^*a^*b^*$, что позволяет использовать колористические характеристики для

контроля качества гранита [8]. Предложена шкала интервалов цветового различия для белого фарфора [11]; колориметрический способ картирования месторождений глины и каолина [25]; изучена степень биоповреждений бетона и эффективность его защиты посредством использования измерения цветовых различий в системе $CIE L^*a^*b^*$ [9]. Использован колориметрический метод для дистанционной оценки снижения прочности (повреждения) бетона после пожара: при нагревании бетона наблюдается изменение окраски от нормального до розово-красного [10].

Идентификация материалов. Разработана методика спецификации окраски гранитных пород разных месторождений, так как окраска является одной из характеристик декоративных камней [26]; предложен колориметрический способ идентификации фарфора по виду материала [27]; изучена возможность применения спектроколориметрического метода для паспортизации, сортировки и оценки изумрудов [28]; проведено исследование по использованию разных колориметрических систем (RGB, HSV, $L^*a^*b^*$) для идентификации минералов и показано преимущество пространства RGB [29].

Воспроизведение эталонной окраски с использованием теории диффузного отражения Кубелки—Мунка и специальных программ [1, 2]. Применение данной теории позволяет выявить природу колорантов [30]; воспроизвести окраску покрытий для керамогранитовых плит [31]; окраску непрозрачных керамических глазурей [32, 33].

Колориметрический контроль при производстве материалов. Изучена взаимосвязь между температурой обжига, прочностью при сжатии и цветовыми координатами керамического кирпича и сделан вывод, что координаты L^* и b^* системы $CIE L^*a^*b^*$ могут использоваться для прогнозирования прочности при сжатии кирпича [34], а также для изучения влияния состава и температуры обжига на окраску фарфора [19, 35]; предложен колористический способ идентификации биохимических процессов в период вылеживания глинистых материалов и определение оптимального срока их вылеживания [36].

Заключение. В условиях жесткой конкурентной борьбы управленческие решения, основанные на использовании результатов измерения, не соответствующих международным стандартам и правилам, чреваты большим риском для отечественных предприятий. В связи с этим очень остро стоит вопрос о гармонизации отечественных стандартов в области технической колориметрии с международными, поскольку РФ является членом Всемирной торговой организации. При анализе отечественных стандартов, используемых для спецификации окраски строительных материалов, выявлено, что в основном, за исключением стандартов для лакокрасочных материалов, они не соответствуют последним рекомендациям МКО и стандартам Международной организации по стандартизации (ИСО).

Для обеспечения стабильного качества строительных материалов требуется, во-первых, разработать классификацию цветовых измерительных систем; во-вторых, применение стандартных колориметрических методов аттестации, воспроизведения, контроля и регулирования характеристик, определяющих их потребительские свойства.

К основным инструментальным колориметрическим системам относят: систему измерения окраски материалов в стандартных условиях освещения/наблюдения и ее использование для их описания посредством субъективных характеристик: цветовой тон, насыщенность, светлота, белизна и желтизна с учетом или без учета зеркальной составляющей и люминес-

ценции, и расчета цветового различия между объектом и эталоном; систему измерения внешнего вида и использование показателей, его определяющих, в зависимости от направления измерения (гониметрия), блеска и индикаторы блеска (характеризующую, в частности, фактуру материала) и цветового сочетания для изделий с участками разных окрасок, включая материалы с природной или искусственной текстурой.

Ключевые слова: цвет, окраска, внешний вид, цветовое различие, белизна, желтизна, красящая способность, спектрофотометр.

Список литературы

1. Джадд Д., Выщецки Г. Цвет в науке и технике. М.: Мир, 1978. 592 с.
2. Цвет в промышленности / Под ред. Р. Мак-Дональда. М.: Логос, 2002. 596 с.
3. Пенова И.В. Что должны знать лакокрасочники о цвете. М.: ООО «Пэйнт-Медиа», 2009. 64 с.
4. Klein G.A. Industrial Color Physics // Series: Springer Series in Optical Sciences 154. 2010. 509 p.
5. Advanced Color Image Processing and Analysis. Editor Ch. Fernandez-Maloinne. N.-Y. Springer. 2012. 523 p.
6. Новосельцев П.П. Измерительные системы технического цветоведения // Мир измерений. 2012. № 10. С. 3–10.
7. Wang H., Cui G., Luo M.R., Xu H. Evaluation of colour-difference formulae for different colour-difference magnitudes // Color Research and Application. 2012. V. 37. № 5. P. 316–325.
8. Sousa L.M.O., Goncalves B.M.M. Color assessment of granitic rocks and implications for their ornamental utilization // Color Research and Application. 2012. V. 37. № 5. P. 375–383.
9. Fonseca A.J., Pina F., Macedo M.F. Anatase as an alternative application for preventing biodeterioration of mortars: Evaluation and comparison with other biocides // International biodeterioration and biodegradation. 2010. V. 64. № 5. P. 388–396.
10. Short N.R., Purkiss J.A., Guise S.E. Assessment of fire damaged concrete using colour image analysis // Construction and Building Materials. 2001. V. 15. № 1. P. 9–15.
11. Сорокин Д.А. Градация цветового различия и идентификация фарфора методами многомерного шкалирования: Автореф. дис. канд. техн. наук. М., 2009. 23 с.
12. Dai Zh., Li D., Xie Hu. The analysis for evaluation of ceramic tile's color difference based on CIELAB Color Space // Advanced Materials Research. 2012. V. 490–495. P. 3726–3732.
13. Berns R.S. The proper use of indices of metamerism // Color Research and Application. 2008. V. 33. № 6. P. 509–512.
14. Платов Ю.Т., Платова Р.А., Сорокин Д.А. Оценка белизны фарфора // Стекло и керамика. 2008. № 8. С. 23–27.
15. Платова Р.А., Шмарина А.А., Стафеева З.В. Многомерная колориметрическая градация каолина // Стекло и керамика. 2009. № 1. С. 17–22.
16. Сулла С., Шишкин М.И. Практика измерения цвета // Мир измерений. 2003. № 8. С. 27–34.
17. Новосельцев П.П. Приборы для цветовых измерений // Мир измерений. 2003. № 8. С. 17–26.
18. Billmeyer F.W., Chen Y. Proposal for measuring fluorescent samples in integrating – sphere spectro-

- photometers using a compensation filter // Color Research and Application. 1984. V. 9. № 3. P. 187–189.
19. Платова Р.А., Кондрукевич А.А., Платов Ю.Т. Применение оксида неодима для повышения белизны фарфора // Стекло и керамика. 2011. № 12. С. 15–20.
20. Новосельцев П.П. Новый метод контроля цвета и внешнего вида покрытий // Дизайн. Материал. Технология. 2009. № 4(II). С. 170–175.
21. Gamiz E., Melgoza M., Sanchez-Maranon M., Martin-Garcia J.M., Delgado R. Relationships between chemico-mineralogical composition and color properties in selected natural and calcined Spanish kaolins // Applied Clay Science. 2005. V. 28. № 1–4. P. 269–282.
22. Платова Р.А., Аргынбаев Т.М., Стафеева З.В. Влияние дисперсности каолина месторождения Журавлиный Лог на пуццолановую активность метакаолина // Строительные материалы. 2012. № 2. С. 75–80.
23. Marinova Y., Hohemberger J.M., Cordoncillo E. Study of solid solutions, with perovskite structure, for application in the field of the ceramic pigments // Journal of the European Ceramic Society. 2003. V. 23. № 2. P. 213–220.
24. Kukkonen S., Parkkinen J. Color features for quality control in ceramic tile industry // Optical Engineering. 2001. V. 40. № 2. P. 170–177.
25. Русович-Югай Н.С. Логинов В.М. Пестроцветные глины Гжельского месторождения. М.: РИФ «Стройматериалы», 2011. 128 с.
26. Prieto B., Sanmartin P., Silva B., Martinez-Verdu Fr. Measuring the color of granite rocks: A proposed procedure // Color research and application. 2010. V. 35. № 5. P. 368–375.
27. Платов Ю.Т., Платова Р.А., Сорокин Д.А. Колориметрическая идентификация фарфора по виду материала // Стекло и керамика. 2009. № 4. С. 10–13.
28. Игнатьева Т.Б., Бузин В.И. Возможность применения инструментальных методов аттестации изумрудов из месторождений Урала и Колумбии // Горный журнал. 2011. № 2. С. 24.
29. Baykan N.A., Yilmaz N., Kansun G. Case study in effects of color spaces for mineral identification // Scientific Research and Essays. 2010. V. 5. № 11. P. 1243–1253.
30. Глазков О.В. Исследование цветовых характеристик глиносодержащих материалов и фарфора на их основе: Автореф. дис. канд. техн. наук. М., 2005. 24 с.
31. Bondioli F., Manfredini T., Romagnoli M. Color matching algorithms in ceramic tile production // Journal of the European Ceramic Society. 2006. V. 26. № 3. P. 311–316.
32. Schabbach L.M., Bondioli F., Ferrari A.M., Petter C.O., Fredel M.C. Colour in ceramic glazes: Efficiency of the Kubelka-Munk model in glazes with a black pigment and opacifier // Journal of the European Ceramic Society. 2009. V. 29. № 13. P. 2685–2690.
33. Schabbach L.M., Bondioli F., Fredel M.C. Colouring of opaque ceramic glaze with zircon pigments: Formulation simplified Kubelka-Munk model // Journal of the European Ceramic Society. 2011. V. 31. № 5. P. 659–664.
34. Karaman S., Gunal H., Ersahin S. Assessment of clay bricks compressive strength using quantitative values of colour components // Construction and Building Materials. 2006. V. 20. № 5. P. 348–354.
35. Taskiran M.U., Demirkol N., Capoglu A. A new porcelained stoneware material based on anorthite // Journal of the European Ceramic Society. 2005. V. 25. № 4. P. 293–300.
36. Платова Р.А., Масленникова Г.Н. Биохимическая природа процесса гелеобразования при вылеживании глинистых материалов // Стекло и керамика. 2009. № 9. С. 14–20.

В.Г. ПЕТРЯКОВ, канд. техн. наук,
Башкирский государственный аграрный университет (Уфа)

Энтропия в квалиметрии эксплуатационных свойств строительной керамики

Важнейшим вопросом квалиметрии является объективное установление уровня качества исследуемого объекта. Применительно к продукции уровень качества представляет собой относительную характеристику качества продукции, основанную на сравнении совокупности качественных показателей с соответствующей совокупностью базовых показателей.

Интенсивное развитие квалиметрии в последние годы связано с массовостью задач по оценке качества, постоянно возникающих в практике управления. Среди них наиболее важны следующие: прогнозирование потребностей, технического уровня и качества; разработка методов определения численных значений показателей качества; разработка принципов и методов оценки качества; выбор оптимального варианта продукции для ее разработки и постановки на производство; определение оптимальных показателей качества, их формирование, разработка ТУ и стандартов на новую продукцию и др. [1].

Для того чтобы объективно оценивать уровень качества, необходимо использовать соответствующую номенклатуру взаимосвязанных технико-экономических, организационных и других показателей. Ни один показатель, не связанный с другими, не может быть единственным для обоснования выводов по результатам оценки. Поэтому каждый показатель должен удовлетворять следующим требованиям: конкретизации видоизменения в зависимости от цели оценки; развития и совершенствования объекта оценки; обеспечения единства количественных и качественных характеристик; адресности; сопоставимости; взаимосвязанности; информативности; достоверности и объективности.

В своей деятельности потребители постоянно сталкиваются с проблемой выбора лучших эксплуатацион-

ных свойств из возможных вариантов. Задача принятия решений остро стоит перед менеджерами, оценщиками, консультантами, товароведом, которые всегда стоят перед выбором наилучшего (эффективного, наименее рискованного, качественного) решения из множества существующих альтернатив. Потребители также сталкиваются с проблемой выбора лучшего товара из имеющихся на рынке, отличающихся по цене, качеству и обладающих различными функциональными свойствами.

Ранжирование товаров – аналогов по качеству весьма актуально и для производителей. Производитель должен знать, какие эксплуатационные свойства и показатели качества и до какого уровня необходимо улучшить. Качество становится одним из главных рычагов повышения востребованности продукции, эффективности производства и роста прибыли. К сожалению, часто на предприятиях строительного комплекса практически не проводится системная работа по повышению эксплуатационных свойств выпускаемой продукции, отсутствуют единые методы оценки уровня качества продукции, управления качеством на этапах их жизненного цикла.

Для оценки качества керамического кирпича такими показателями являются: предел прочности при сжатии; предел прочности при изгибе; водопоглощение; морозостойкость; масса; показатель внешнего вида; волнистость лицевых поверхностей.

С использованием номенклатуры эксплуатационных свойств выполнена количественная оценка качества керамического кирпича. Для исследований взяты два вида рядового полнотелого керамического кирпича формата 1НФ (250×120×65 мм): кирпич из экспериментальной партии и модифицированной суперпластификатором МБ-1 [2].

Принимая во внимание, что взаимодействие отдельных единичных показателей качества, формирующих качество изделия в целом, и что эти взаимодействия образуют макросистему, в которой взаимодействие единичных показателей качества есть регулируемый процесс, принят способ энтропийной квалиметрии эксплуатационных свойств керамического кирпича, являющейся достаточным для решения задачи оценки качества при фиксированном количестве марок и назначений кирпича и интерпретации результатов.

Оценка керамического кирпича с позиции его качества, равно как и с позиции эксплуатационных свойств, возможна различными методами, в том числе и методами, направленными на оценку принятого решения. Наиболее рациональным в сравнении совокупности показателей оцениваемой продукции с соответствующей совокупностью показателей продукции конкурентов, требований предлагаемых рынков и потребителей является алгоритм энтропийной функции оценки качества. Наилучшее упорядочение системы, ее равновесное состояние достигается при максимуме энтропии с учетом заданных ограничений на затраты.

Алгоритм энтропийной функции позволяет моделировать, сравнивать альтернативные варианты и на этой основе осуществлять разработку и оптимизацию сложных структур продукции с неограниченным числом показателей [3].

Таблица 1

Показатели качества эксплуатационных свойств сравниваемых образцов керамического кирпича

Наименьшие показатели	Показатель g_i	Коэффициент весомости a_i	Образец керамики	
			с суперпластификатором МБ-1	без суперпластификатора МБ-1
Предел прочности при сжатии, МПа	g_1	1	$1 \cdot 13,5 = 13,5$	$1 \cdot 8,8 = 8,8$
Предел прочности при изгибе, МПа	g_2	0,9	$0,9 \cdot 7,5 = 6,74$	$0,9 \cdot 7,2 = 6,48$
Водопоглощение, %	g_3	0,9	$0,9 \cdot 13,7 = 12,3$	$0,9 \cdot 11 = 9,9$
Морозостойкость, цикл	g_4	0,8	$0,8 \cdot 25 = 20$	$0,8 \cdot 15 = 12$
Масса, кг	g_5	1	$1 \cdot 3,3 = 3,3$	$1 \cdot 3,5 = 3,5$
Показатель внешнего вида, балл	g_6	0,8	$0,8 \cdot 4,5 = 3,6$	$0,8 \cdot 3 = 2,4$
Волнистость лицевых поверхностей*, мкм	g_7	1	$1 \cdot 16,5 = 16,5$	$1 \cdot 50,5 = 50,5$

* В работе исследована волнистость поверхностей. Термины, параметры и обозначения волнистости поверхностей нормированы в ГОСТ 25142, ГОСТ 2789, JSO 4287/1:1984.

Таблица 2
Значения P_{ij} нормированных и безразмерных показателей эксплуатационных свойств керамического кирпича

Наименование показателя	Шифр показателя	Образец керамики	
		с пластификатором МБ-1	без пластификатора МБ-1
Предел прочности при сжатии, МПа	P_1		8,8/13,5=0,65
Предел прочности при изгибе, МПа	P_2		6,6/7,5=0,88
Водопоглощение, %	P_3	9,9/12,33=0,8	
Морозостойкость, цикл	P_4		12/20=0,6
Масса, кг	P_5		3,3/3,5=0,94
Показатель внешнего вида, балл	P_6		2,4/3,6=0,67
Волнистость лицевых поверхностей, мкм	P_7		16,5/50,5=0,33
$S_{i \max}^* = 1,65$	x_f	6,8	4,07
	S_f	2,495	1,6
	S_f	0,96	0,64

Таблица 3
Значения удельных показателей эксплуатационных свойств керамического кирпича

Наименование показателя	Образец керамики	
	с суперпластификатором МБ-1	без суперпластификатора МБ-1
Предел прочности при сжатии, МПа	0,091	0,059
Предел прочности при изгибе, МПа	0,091	0,08
Водопоглощение, %	0,073	0,091
Морозостойкость, цикл	0,091	0,055
Масса, кг	0,091	0,086
Показатель внешнего вида, балл	0,091	0,061
Волнистость лицевых поверхностей, мкм	0,091	0,03
	$\Sigma 0,619$	$\Sigma 0,462$

Таблица 4
Числовые значения произведения $P_{ij} \log_2 \bar{P}_{ij}$

Наименование показателя	Величина произведения для марки образца	
	с суперпластификатором МБ-1	без суперпластификатора МБ-1
Предел прочности при сжатии, МПа	0,373	0,182
Предел прочности при изгибе, МПа	0,373	0,304
Водопоглощение, %	0,1634	0,373
Морозостойкость, цикл	0,376	0,16
Масса, кг	0,373	0,339
Показатель внешнего вида, балл	0,373	0,192
Волнистость лицевых поверхностей, мкм	0,373	0,056

Принцип оптимизации на основе максимизации выполняется с учетом энтропийной функции, разработанной Шенноном, вида $S = -\sum_{j=1}^J P_j \log_2 P_j$, где P_j – вероятность появления события; J – показатели качества продукции.

Нахождение S_{opt} – это не максимально возможное значение, а значение, соответствующее оптимальной упорядоченности. Это лишь использование свойством нелинейной функции $\sum P_j \log_2 P_j$ достичь экстремума при наилучших значениях $P_i, i=1...J$ [4].

При использовании энтропийного алгоритма оптимизации эксплуатационные свойства необходимо нормировать и привести к безразмерному виду. В этой связи эксплуатационные свойства керамического кирпича заданы матрицей, в которой в каждой строке $i, (1...i...n)$ установлены приоритетные наилучшие эксплуатационные свойства $g_{ij}, 1...j...f$. Затем для нормирования все показатели строки делятся на свой (в строке) приоритетный показатель $g_{ij}, i=1...n$, если наилучший показатель имеет большее значение. Если g_{ij} имеет в строке меньшее значение, то он становится в числитель.

Далее для количественной оценки качества керамического кирпича вычисляются удельные показатели эксплуатационных свойств по формуле $P_{ij} = \frac{P_{ij}}{x}$, где $x = \sum_{j=1}^f x_j$ (f – количество сравниваемых объектов) и качество j -го образца по формуле $S_j = \sum_{i=1}^n P_{ij} \log_2 \bar{P}_{ij}$ (n – количество показателей качества) при $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^f \bar{P}_{ij} = 1$. С учетом коэффициентов весомости a_i значение энтропии S_j запишется в виде $S_j = -\sum_{i=1}^n a_i P_{ij} \log_2 a_i \bar{P}_{ij}$ при $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^f a_i \bar{P}_{ij} = 1$.

Показатели эксплуатационных свойств с учетом присвоенных коэффициентов весомости для исследуемых кирпичей приведены в табл. 1.

В табл. 2 приведены значения нормированных и безразмерных показателей.

Для вычисления качества эксплуатационных свойств рассчитываются удельные показатели по формуле $\bar{P}_{ij} = P_{ij}/x$, где $x = \sum_{j=1}^f x_j$. В табл. 3 приведены значения удельных показателей P_{ij} эксплуатационных свойств керамического кирпича.

Числовые значения произведения $P_{ij} \log_2 \bar{P}_{ij}$ приведены в табл. 4.

Из анализа данных табл. 4 следует, что энтропия приоритетных значений эксплуатационных свойств кирпича составила величину $S_{i \max} = 2,611$. Энтропия образца, модифицированного суперпластификатором МБ-1, составила $S_{\text{МБ-1}} = 2,495$, соответственно образца без суперпластификатора: $S_{\text{МБ-1-150}} = 1,606$.

Квалиметрию эксплуатационных свойств удобно оценивать по относительным значениям энтропийной функции: $\bar{S}_f = S_f/S_{\max}$. Относительные значения качества эксплуатационных свойств для образца с содержанием суперпластификатора МБ-1 и без его добавления соответственно составят: $\bar{S}_{\text{МБ-1}} = 0,96$; $S_{f \text{ без МБ-1}} = 0,64$.

Таким образом, на основании энтропийного алгоритма квалиметрии эксплуатационных свойств проведена сравнительная оценка, которая удостоверяет, что керамический кирпич, содержащий суперпластификатор МБ-1, обладает лучшими эксплуатационными свойствами, т. е. более высоким качеством.

Ключевые слова: энтропия, качество, продукция, эксплуатационные свойства, керамический кирпич, суперпластификатор.

Список литературы

1. Гличев А.В. Реформирование экономики и фактор качества. М.: Стандарты и качество, 1997. 218 с.
2. Петряков В.Г., Фаюришин А.Ф., Гильмутдинов Р.А. Сырьевая смесь для изготовления стеновых материалов. Патент РФ №2389705 // Опул. Б.И. № 14 от 20.05.2010.
3. Вильсон А.Д. Энтропийные методы моделирования сложных систем. М.: Наука, 1987. 146 с.
4. Федоренко Г.И., Дадашев М.Н. Использование методов энтропии для решения задач стандартизации // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. 1998. № 3–4. С. 27–43.

УДК 691.327.33

Б.Н. ЗАТОНСКИЙ, генеральный директор, В.И. ЖАГЛИН, председатель совета директоров, А.М. ШАДСКИЙ, главный инженер, Г.А. АРЦЫБАШЕВ, зам. главного инженера, ЗАО «Воронежский комбинат строительных материалов»

Еще один современный цех по производству автоклавного ячеистого бетона

В связи с изменением рынка строительных материалов, а также из-за существенного увеличения стоимости газа на Воронежском комбинате строительных материалов в 2010 г. было принято решение о перепрофилировании цеха по производству минераловатной плиты на изготовление блоков из ячеистого автоклавного бетона.

Ранее, в 2002 г., на такое же производство был перепрофилирован один из трех цехов по изготовлению силикатного кирпича [1]. Это производство успешно работает и в настоящее время.

Для реализации поставленной задачи были привлечены ведущие зарубежные фирмы – поставщики оборудования и технологии, которые проработали технологические схемы и варианты компоновки цеха, а также представили технико-экономические предложения.

В то же время специалисты комбината уже имели опыт разработки, внедрения и эксплуатации линии по производству блоков из ячеистого бетона в ранее созданном цехе.

В результате проведенного анализа предложений зарубежных фирм и собственного опыта проектирования, изготовления и эксплуатации ранее разработанной и освоенной специалистами комбината технологии за основу была принята собственная технологическая схема и компоновка для разработки проекта производства со следующими отличительными особенностями:

1. Использование вибрационной технологии при заливке смеси в формы и ее твердения перед резкой.
2. Резка массивов по принципу, разработанному фирмой ITONG и заимствованному в настоящее время практически всеми ведущими фирмами с некоторыми усовершенствованиями.
3. Полное удаление всех отходов при резке и их использование в качестве отходного шлама.
4. Автоклавирование массивов осуществляется в вертикальном положении с последующим использованием разделительной машины.
5. Полная сырьевая и энергетическая независимость от других цехов комбината.
6. Максимально возможное использование отечественных комплектующих изделий и оборудования, в том числе собственного изготовления, с целью обеспечения

минимальных издержек при его внедрении и эксплуатации.

8. Все производство размещается в освободившемся основном корпусе площадью 138×38 м, после демонтажа оборудования для производства минплиты, с необходимыми пристройками.

9. Возможность последующего дооснащения линии оборудованием для выпуска армированных изделий. Таким образом, специалистами комбината был разработан проект производства со следующими основными техническими характеристиками:

Размеры массива после резки, мм.....	600×6000×1200
Размеры блоков (основные), мм	
длина	600
толщина	100, 150, 200, 250
высота	200, 300, 400
Допускаемое отклонение размеров, мм.....	1,5
Количество форм, шт.	15
Количество автоклавов, шт.	6
Размеры автоклавов, м	
диаметр	2,7
длина	32
Рабочее давление в автоклавах, бар	12
Размеры отгружаемых поддонов с блоками, мм ..	1200×1200×1620
Средняя плотность блоков, кг/м ³	400, 500, 600
Производственная площадь, м ²	7000
Производительность проектная, м ³ /мес	21000

В 2010–2011 гг. в соответствии с проектом было демонтировано оборудование для производства минплиты, осуществлена необходимая доработка строительной части цеха, а также изготовлено и смонтировано оборудование.

Отделение для приема материалов с последующей их транспортировкой и переработкой было построено собственными силами с использованием шаровых мельниц китайского производства. Оборудование дозировочного отделения также изготовлено собственными силами. При этом шламбассейны размещены на втором этаже. Песчаный и отходный шлам перед подачей в смеситель предварительно дозируется и смешивается в заданной пропорции. Низкооборотный (80 об/мин) смеситель установлен стационарно и характеризуется малым



Рис. 1. Созревание массива перед резкой



Рис. 2. Удаление нижнего подрезного слоя

износом лопастей. Для транспортировки шлама используются хорошо зарекомендовавшие себя насосы типа ГраК (Белоруссия). Объем мешалок для алюминиевой пасты позволяет работать полную смену без дозаправки.

Оборудование участка резки массивов, разделения и перекладки блоков на деревянные поддоны спроектировано и изготовлено на Воронежском ОАО «Тяжмехпресс» по техническому заданию комбината.

Время подъема массивов после заливки составляет 7–8 мин, время выдержки от заливки до резки – 45 мин (рис. 1). Пластическая прочность при резке 150–200 г/см².

Резка осуществляется струнами толщиной 0,5 мм, что обеспечивает высокую точность размеров; образующиеся при этом боковые и торцевые отходы смываются в шламбассейн отходного шлама, туда же сбрасываются верхний и нижний подрезные слои. Верхний подрезной слой отделяется от массива с помощью пневмошита, а нижний – с помощью кантователя. Использование кантователя оригинальной конструкции позволяет не только убирать нижний подрезной слой (рис. 2), но и использовать часть поддонов только для сборки форм и резки (резательные поддоны), а в автоклавы отправлять массивы на других (автоклавных) поддонах. Таким образом, резательные поддоны не подвергаются дополнительному механическому воздействию при транспортировке, а также воздействию влаги и высокой температуры в автоклавах, что позволяет увеличить срок службы этих поддонов без потери точности размеров и облегчить процесс очистки обеих групп поддонов.

После пропаривания массивы поступают на разделительную машину, а затем с помощью перекладчика устанавливаются на конвейер готовой продукции. Для повышения коэффициента использования грузового транспорта на массивы высотой 1200 мм устанавливают дополнительный ряд блоков, и получается высота 1500 или 1600 мм. Отгрузка осуществляется только на деревянных поддонах размером 1200×1200 мм с использованием вилочных погрузчиков (рис. 3). Верхушку блоков на поддонах укрывают «шапкой» из полиэтиленовой



Рис. 3. Склаживание блоков перед отгрузкой

пленки и стягивают полипропиленовой лентой с подкладкой защитных уголков.

Разработанная специалистами комбината электронная система управления обеспечивает автоматизированную работу как отдельного оборудования, так и всего производства.

Через шесть месяцев после запуска в 2012 г. достигнутая производительность цеха составила 16000 м³/мес.

Таким образом, концепция, заключающаяся в создании производства ячеистого бетона собственными силами с использованием в основном отечественного оборудования и современных технологий, принятая на комбинате при создании первого цеха в 1999–2002 гг., подтвердила свою жизнеспособность и эффективность.

Ключевые слова: вибротехнология, верхний подрезной слой, ячеистый бетон.

Литература

1. Жаглин. В.И. Воронежскому заводу силикатного кирпича – комбинату строительных материалов 50 лет // Строительные материалы. 2005. № 1. С. 8–10.

ЗАО «ВКСМ» ПРОИЗВОДИТ:

- СИЛИКАТНЫЙ КИРПИЧ рядовой, лицевой, окрашенный, декоративный
- ГАЗОСИЛИКАТНЫЕ БЛОКИ D500, D600
- ТРОТУАРНУЮ ПЛИТКУ, БОРДЮРНЫЙ КАМЕНЬ
- БЕТОН, РАСТВОР

ДОСТАВКА:

- ДЛИННОМЕРЫ
- МАНИПУЛЯТОРЫ
- САМОСВАЛЫ
- БЕТОНОСМЕСИТЕЛИ



ЗАО «Воронежский комбинат строительных материалов»
394040, г. Воронеж, ул. Тихий Дон, 57
www.vksm.ru

ОТДЕЛ ПРОДАЖ:
тел. 8 (473) 234-32-18
факс 8 (473) 234-32-85

С.Б. БЕЛАНОВИЧ, генеральный директор, Н.П. САЖНЕВ, канд. техн. наук, советник руководителя ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» (п. Чисть, Молодечненский р-н, Минская обл., Республика Беларусь), С.Л. ГАЛКИН, зам. директора по науке УП «ЦНТУС» (Минск, Республика Беларусь)

Армированные ячеисто-бетонные изделия

В настоящее время в Республике Беларусь для успешного выполнения программы жилищного строительства необходимо определить пути повышения производительности труда строителей.

При нехватке кадров строителей и в условиях жесткой экономии энергоресурсов на первый план выходят следующие первоочередные задачи: резко снизить трудоемкость строительства жилья и увеличить теплозащиту стен зданий. Для их решения возможны следующие пути: замена наружных стен из мелких ячеисто-бетонных блоков на крупноразмерные стеновые панели; индустриализация строительства перегородок путем выпуска на заводах армированных панелей высотой на комнату; внедрение плит перекрытия и покрытия из ячеистого бетона с омоноличенными ригелями; широкое внедрение сборного или сборно-монокричного каркаса в строительстве жилья.

В 1991 г. в СССР было выпущено 5,7 млн м³ ячеистого бетона, в том числе 1,6 млн м³ армированных изделий. Одним из лидеров производства была Белоруссия, где было выпущено 1,7 млн м³ ячеистого бетона, в том числе 0,34 млн м³ армированных панелей для жилых, промышленных и общественных зданий [1]. В ряде городов СССР (Санкт-Петербург, Екатеринбург, Гродно, Таллин и др.) были построены целые микрорайоны жилых домов и административные здания различного назначения из армированных ячеисто-бетонных панелей, в том числе здания высотой до 25 этажей. Панели размером на одну и две комнаты полной заводской готовности с различными вариантами защитно-декоративных покрытий, в том числе вентилируемые фасады.

Однако после распада СССР производство ячеистого бетона резко сократилось, а производство армированных изделий практически было приостановлено.

В последние годы началось бурное развитие производства автоклавного ячеистого бетона, особенно в странах СНГ. В России практически достигнут годовой объем производства ячеистого бетона – 6,9 млн м³ и в настоящее время строится более 15 предприятий по выпуску автоклавного ячеистого бетона, производственная мощность которых составляет около 4,5 млн м³. После их ввода в эксплуатацию выпуск ячеистого бетона составит 17,5 млн м³ [2].

В Республике Беларусь в 2012 г. было выпущено 3,2 млн м³ ячеистого бетона. Практически весь объем производства в России и Белоруссии составляют мелкие ячеисто-бетонные блоки, а доля армированных изделий ничтожно мала. Следует отметить, что развитие производства ячеистого бетона в 1930-е гг. начиналось с изготовления армированных плит небольших размеров. Например, первые изгибаемые конструкции из автоклавных ячеистых бетонов, выпуск которых начался в СССР в 1938 г., представляли собой малогабаритные плоские плиты типа ПА для бесчердачных покрытий [3]. Ширина этих плит 0,5 м, длина 1,5 и 3 м.

В Республике Беларусь в связи с увеличением объема жилищного строительства, в том числе индивидуального, принята переориентация на индивидуальное домостроение. На предприятиях строительной индустрии осуществляется модернизация технологического оборудования и наращивание мощностей по выпуску освоенных ранее и вновь разрабатываемых конструктивно-технологических схем жилых зданий.

ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» и ОАО «Сморгоньсиликатобетон» развернули работы по освоению производства сборного железобетонного каркаса и армированных ячеисто-бетонных изделий, в том числе крупноразмерных ячеисто-бетонных панелей [4].

Исходные элементы для крупноразмерных ячеисто-бетонных панелей (максимальные размеры 6000×600×400–500 мм) изготавливают по литьевой технологии на технологических линиях фирмы «Кселла» («Хебель») на заводе ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» и фирмы «Маза-Хенке»; по ударной технологии – на заводе ОАО «Сморгоньсиликатобетон». В первом случае массив разрезается вертикально на изделия заданных размеров, а во втором – горизонтально. Не останавливаясь на способах изготовления и разрезки ячеисто-бетонных массивов, следует отметить, что оба способа имеют положительные и отрицательные моменты. Однако в обоих случаях обеспечивается высокое качество бетона и геометрическая точность изделий, позволяющая вести их монтаж на клею.

С целью ориентации на производство профилированных армированных изделий, в том числе на тонкостенные конструкции, в 2012 г. ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» на Заводе строительных конструкций (ЗСК) совместно с голландской фирмой «AIRCRETE Europe B.V.» провела модернизацию резательного комплекса «Хебель».

Эффективность нового процесса производства армированных изделий из ячеистого бетона заложена уже на стадии разработки номенклатуры изделий. При этом учитывались технологические возможности производства, и в первую очередь схема разрезки ячеисто-бетонного массива. Номенклатура изделий обеспечивает максимальное использование массива и минимальное количество отходов сырья при разрезке массива на изделия заданных размеров. На модернизированной резательной машине разрезка ячеисто-бетонного сырья на армированные изделия заданных размеров производится по толщине с кратностью 25 мм и по длине 5 мм.

Наряду с изложенным выше минимальное количество отходов сырья также обеспечивается специальной конструкцией формы. Форма состоит из поддона длиной 6,2 м и шириной 1,56 м с установленным под ней механизмом перемещения. Один из торцевых бортов связан с поддоном шарнирами и может откидываться из вертикального положения на угол около 15°. Второй



Рис. 1. Распорка для сборки и фиксации объемных армированных каркасов

борт связан с поддоном и продольными бортами формы рамной конструкцией с роликами. Эта конструкция обеспечивает при необходимости сдвиг торцевого борта в продольном направлении относительно поддона. Тем самым возможно регулирование длины при изготовлении армированных изделий, когда изделие короче 6 м, что и обеспечивает уменьшение отходов при резке массива.

Исходные элементы панелей изготавливаются из ячеистого бетона плотностью 400–800 кг/м³ и классом по прочности соответственно В1,5 и В2,5. При средней плотности бетона 400 кг/м³ и толщине панели 400 мм и средней плотности 500 кг/м³ и толщине 500 мм обеспечивается нормативное сопротивление теплопередаче 3,2 м²·°С/Вт.

При производстве армированных изделий технологические переделы — помол сырьевых материалов, дозирование, перемешивание и автоклавная обработка практически аналогичны производству неармированных блоков. Ниже приведена технология производства армированных изделий на Заводе строительных конструкций (ЗСК) ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова».

Гладкая стальная арматура складировается в зоне установки для протягивания (холодного волочения) арматуры. С помощью этой установки проволоочная заготовка превращается в проволоку с диаметрами, необходимыми для изготовления арматуры. При этом с арматуры удаляются окалина, ржавчина и другие загрязнения, на-



Рис. 2. Сборка пакетов армированных каркасов

личие которых снижает качество антикоррозионного покрытия. За счет протягивания арматуры через фильеры повышается предел текучести и прочности стали на разрыв. Для армирования возможно также применение арматуры с периодическим профилем. Испытания армированных изделий с гладкой арматурой и арматурой с периодическим профилем показали, что при прочих равных условиях в последнем случае возможно уменьшение расхода арматуры на 20–25%.

Затем арматуру подвергают правке и резке на заготовке необходимой длины на правильно-отрезном станке. Заготовки арматуры переносят на рабочий стол агрегата для сварки плоских каркасов. Здесь они укладываются в устройства транспортировки продольных прутков арматуры в соответствии с типом каркаса. Короткий (поперечный) стержень выбрасывается автоматически из магазина, который вручную укладывается на продольные стержни. Оба, продольный и поперечный стержни, соединяются электрической контактной сваркой. В результате автоматической сварки продольных и поперечных арматурных стержней образуются плоские каркасы. Длина каркаса зависит от длины, а ширина от высоты (или ширины) ячеистобетонного изделия.

Другими полуфабрикатами при изготовлении арматурных каркасов являются распорки, которые соединяют два плоских каркаса в объемный каркас. На специальной машине проволока разматывается с бухты, выпрямляется, разрезается и U-образно сгибается. Две та-



Рис. 3. Антикоррозионное покрытие пакета арматурных каркасов



Рис. 4. Форма в сборе с установленным пакетом арматурных каркасов



Рис. 5. Общий вид резательной машины



Рис. 6. Установка автоклавной решетки в стол резательной машины

кие U-образные заготовки накладываются друг на друга и свариваются (рис. 1), благодаря чему возникает отверстие, в которое позже вставляют металлический стержень для фиксации объемных каркасов в форме.

Из этих полуфабрикатов (плоских каркасов и распорок) на специализированных стендах посредством контактной сварки собирают объемные арматурные каркасы. Такой каркас состоит из двух плоских каркасов, которые фиксируются рядом друг с другом на расстоянии в соответствии с величиной защитного слоя арматуры и толщиной ячеисто-бетонного изделия.

Из объемных арматурных каркасов формируют пакеты арматуры, подлежащие установке в форму перед ее заполнением смесью. Сборка пакетов происходит вручную с помощью арматурных кронштейнов и металлических стержней (рис. 2). Металлические стержни покрываются разделительным средством (парафином), которое исключает сцепление с ячеисто-бетонным сырьем и обеспечивает свободное, без разрушения сырья массива извлечение их перед подачей массива на резку.

Собранные арматурные пакеты краном окунают в бассейн, заполненный антикоррозионным средством (рис. 3). Антикоррозионное средство на основе водной полимерной дисперсии разработано и изготавливается в ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова». Бассейн оснащен устройством охлаждения и перемешивания. Температура антикоррозионного средства в бассейне 20–25°C.

Время пребывания арматурного пакета в бассейне составляет 2–5 мин, время стекания антикоррозионного средства над бассейном – 5 мин. При вязкости антикоррозионного средства 70 с (вискозиметр с соплом 4 мм) обеспечивается толщина покрытия на арматурном стержне 0,3–0,4 мм.

После стекания излишков антикоррозионного средства пакеты направляют в сушильную камеру. При температуре 45–50°C в течение 15–20 мин происходит сушка антикоррозионного средства.

После сушки пакет арматуры готов к использованию и устанавливается в заранее очищенную и смазанную форму, которая подается далее под смеситель для заливки ячеисто-бетонной смеси (рис. 4).

После заливки формы смесью ее помещают в камеры, где происходит процесс вспучивания смеси. Процесс вспучивания и созревания массивов управляется таким образом, чтобы в конце его форма заполнилась до верхнего края ячеисто-бетонной массой и сырец имел пластическую прочность, достаточную для дальнейшей резки массива (0,4–0,6 КПа). Продолжительность выдерживания форм со смесью в камерах при температуре 50–55°C в зависимости от плотности бетона составляет 5–6 ч.

Затем массив транспортируют на пост резки на изделия заданных размеров. Транспортировку осуществляют с помощью мостового крана (первого) с гидравлическим захватом. При этом съемные продольные борта временно служат элементом захвата.



Рис. 7. Установка массива на стол резательной машины



Рис. 8. Установка продольных бортов на поддон формы



Рис. 9. Загрузка-выгрузка автоклава

Резательная установка состоит из поперечной и продольной резательных машин, вакуум-щита для снятия горбушки, устройств для транспортировки обрезков сырца массива и подготовки возвратного шлама (рис. 5).

Прежде чем массив будет опущен на стол резательной машины, в ней должна быть установлена автоклавная решетка (рис. 6). Мостовой кран (второй) переносит пустые решетки на продольную резательную машину. Стол резательной машины состоит из отдельных пластин, между которыми входят поперечные элементы решетки. После установки решетки в машину для продольной резки она опускается ниже уровня стола; рама продольной резки отходит в крайнее заднее положение, а расположенные между двумя валами справа и слева от стола струны (провода) поперечной резки опускаются до уровня стола. Первый кран устанавливает массив на стол резательной машины (рис. 7). При этом производится разблокировка системы фиксации арматурных каркасов, съём и возврат поддона формы для дальнейшего использования. Затем первый кран переносит продольные борта формы и устанавливает на специальную тележку. На этой тележке борта подаются на пост, где механически очищаются и смазываются и снова подаются к крану. В это время поддон и торцевые борта формы очищают и смазывают вручную.

Затем кран захватывает с тележки очищенные и смазанные продольные борта, транспортирует обратно к поддону формы, где они устанавливаются (рис. 8), и форма снова собирается и подается под смеситель для заливки ячеисто-бетонной смеси.

Продольные борта комплектуются пакетом для армирования, который устанавливается вместе с продольными бортами в форму. Пакет для армирования располагается соосно с продольной осью формы и фиксируется путем прикручивания винтами кронштейнов армирования к продольным бортам.

Следующей операцией резки является поперечная, продольная, горизонтальная разрезка массива и нарезка паза-гребня.

На подвижной рамной конструкции продольной резательной машины закреплены режущие струны. С помощью струн продольной резки нарезается необходимая толщина и длина изделий из ячеистого бетона.

При продольной резке слева и справа от массива остаются узкие полоски обрезков толщиной 3–4 см. При горизонтальной резке на массиве остается лежать горбушка толщиной 8–10 см, которая снимается с помощью автоматизированного вакуум-щита. Рамная конструкция вакуум-щита движется при этом над раз-

резанным на изделия массивом по тем же рельсам, что и машина для продольной резки.

Обрезки при продольной и поперечной резке массива сбрасываются на транспортеры, расположенные слева и справа от стола резательной машины. Вместе с горбушкой они поступают в установку переработки отходов в виде возвратного шлама плотностью 1,4–1,5 кг/л. После резки и снятия горбушки поднимается вверх решетка, опущенная под стол резательной машины; тем самым разрезанный массив приподнимается над поверхностью стола.

Другой возможностью при резке является нарезание пазов или гребней на торцевых сторонах блоков или на прилегающих друг к другу сторонах армированных изделий. Нарезание происходит одновременно с продольной резкой. В этом случае горизонтальная режущая проволока заменяется профильными ножами. Нижняя сторона массива отрезается с помощью пазовых ножей.

Второй кран с управляемым захватом, установленный в этом цехе, берет решетку с разрезанным массивом и транспортирует ее на специальную автоклавную тележку. На каждую тележку устанавливают два разрезанных массива, расположенных друг над другом. Нижняя решетка устанавливается вместе с массивом непосредственно на тележку. Справа и слева от массива в решетке располагаются поддерживающие стойки, на них устанавливают вторую решетку с массивом. Тележку транспортируют по рельсам к автоклавам — диаметр автоклава 2,6 м (рис. 9). Специальный кран транспортирует также пустые тележки с мест складирования на установку резки массивов.

После загрузки закрывают крышку автоклава и начинается автоклавная обработка массивов: вакуумирование автоклавного пространства в течение 45 мин (вакуум — 0,25 бар); подача пара в автоклав (3 ч) до достижения в автоклаве требуемого рабочего давления (1,1 МПа); экзотермическая выдержка (12 ч) и сброс давления (3 ч).

Возникающий при автоклавной обработке горячий конденсат подается сначала для охлаждения в теплообменник, где используется принцип противотока. Горячая вода используется для подогрева воды в технологических целях, а остальная часть конденсата — в качестве воды затворения при приготовлении ячеисто-бетонной смеси.

После окончания автоклавной обработки изделия из автоклава выгружают электропередаточным мостом. Автоклавные тележки подают под разгрузочный мостовой кран. Мостовой кран гидравлическим захватом снимает готовые изделия с решеток и подает их на линии упаковки и дополнительной обработки изделий. Решетки после снятия с них всех изделий чистят, вновь подают под резательную машину, и технологический цикл изготовления изделий повторяется.

Список литературы

1. Сажнев Н.П., Сажнев Н.Н., Сажнева Н.Н., Голубев Н.М. Производство ячеисто-бетонных изделий. Теория и практика, Мн.: Стринко, 2010. 458 с.
2. Гринфельд Г.И. Производство автоклавного газобетона в России: состояние рынка и перспективы развития // Строительные материалы. 2013. № 2. С. 76–77.
3. Жлдишский И.Л., Макарычев В.В. Крупнопанельные панели покрытий из ячеистых бетонов. М.: Издательство литературы по строительству, 1967. С. 12.
4. Сажнев Н.П., Беланович С.Б., Бухта Д.П. и др. Наружные ограждающие конструкции зданий из крупноразмерных ячеисто-бетонных изделий // Строительные материалы. 2011. № 2. С. 2–8.

VII Международная научно-практическая конференция **Развитие производства силикатного кирпича в России**

СИЛИКАТЭКС

**16–17 октября
2013 г.**

Екатеринбург



Тематика конференции:

- Технологии и оборудование для производства силикатного кирпича
- Сырьевые материалы, подготовка, оптимизация составов
- Зарубежный опыт производства и применения
- Новые виды силикатных материалов, использование в строительстве
- Диверсификация заводов
- Нормативная база отрасли



Организатор конференции: журнал «Строительные материалы»®:

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ®**

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»®

made
in
Germany



1936

Wehrhahn производит
оборудование для
изготовления
фиброцементных
листов и труб

1965

Специализация
на производстве эффективных
промышленных линий «под ключ»

1970

Разработка и строительство
линий для изготовления
блоков и плит из автоклавного
газобетона

1989

Построен первый завод
автоклавного газобетона на
основе золы

2002

Запатентована безотходная
технология производства
газобетона

2013

Разработка и внедрение
систем эффективного
ресурсосбережения

Основание
машинной
фабрики
Gebr. Wehrhahn

1892

Производственные линии для
строительных материалов

Автоклавный газобетон
блоки и панели

Фиброцементные листы
плоские, волнистые
автоклавного и воздушного твердения

Сухие строительные смеси
клеи, штукатурки, наливные полы

Строительная известь
мягкий и жесткий обжиг, помол



ЭКОНОМИЧНО.
ЭФФЕКТИВНО.
ПЕРСПЕКТИВНО.

Wehrhahn GmbH
Muehlenstrasse 15
27753 Delmenhorst

Tel.: +49 4221 1271- 0
Fax: +49 4221 1271- 80
mail@wehrhahn.de



SINCE 1892

WEHRHAHN

www.wehrhahn.de

Клаус БОНЕМЕН, канд. техн. наук, президент, Г.В. РОМАНОВА, специалист отдела продаж, компания Wehrhahn (Германия)

Wehrhahn делает ставку на эффективное ресурсосбережение: технологии и оборудование для производства силикатных строительных материалов

Высокое качество оборудования и самые современные, постоянно совершенствующиеся технологии Wehrhahn прочно зарекомендовали себя на рынке оборудования для производства строительных материалов. Почти 40 газобетонных заводов только на территории бывшего Советского Союза и более 100 в мире – эти цифры говорят сами за себя! Специалисты прекрасно знают и ценят оборудование Wehrhahn. Ведущие производители фиброцементных листов и газобетона DanskEternit, JamesHardie, XELLA, H+H, Аэрок, Теплит и др. работают на нашем оборудовании.

Особое внимание Wehrhahn уделяет вопросам рационализации и оптимизации производства. Основная цель – достижение максимальной рентабельности производства в рамках концепции устойчивого развития, требующей бережного отношения к природным и людским ресурсам. Руководствуясь этой целью, Wehrhahn уделяет максимальное внимание вопросам рационального использования энергоресурсов, сырьевых материалов, постоянно совершенствуя как технологию производства силикатных строительных материалов, так и само оборудование.

Рационализация использования сырья

Безотходная технология производства

Компания Wehrhahn первой разработала современную безотходную технологию производства газобетона, запатентовав в 2002 г. установку удаления нижнего подрезного слоя (рис. 1). В настоящее время эта технология является общепризнанной. Она позволяет экономить до 7% сырья и энергии.

Производство газобетона на основе золы

Компания Wehrhahn является единственным поставщиком оборудования и технологий для производства автоклавного газобетона на основе золы-уноса в качестве кремнесодержащего компонента, заменяющего кварцевый песок, образующейся при сжигании топлива на ТЭЦ. Мелкодисперсная зола-уноса уже в течение десятилетий успешно используется на предприятиях, работающих на оборудовании Wehrhahn (Celcon в Великобритании с 1989 г.; HYDERABAD Industries Ltd в Индии с 1997 г.; ТЕПЛИТ в России с 2004 г.).



Рис. 1. Установка удаления нижнего подрезного слоя Wehrhahn позволяет экономить до 7% ресурсов

В связи с растущими ценами и спросом на золу-уноса интересной альтернативой становится зола отвала. Лаборатория Wehrhahn уже в течение нескольких лет ведет исследовательские работы по использованию золы отвала в производстве газобетона и разработала базовые рецепты и основные технологические шаги для производства широкого ассортимента продукции на основе золы отвала. На сегодняшний день два производителя автоклавного газобетона в России успешно используют золу отвала вместо песка. Это ООО «Пораблок», г. Курган, и ЗАО «Стройкомплекс», г. Ангарск Иркутской области (рис. 2). В течение 2013 г. будет введен в эксплуатацию завод ООО «Эко-Золопродукт Рязань». Это универсальное предприятие оснащается оборудованием, позволяющим использовать золу-уноса и золу отвала для производства газобетонных блоков, а также песок для производства армированных изделий.

Твердые отходы производства – ценное сырье

Совместно с техническим университетом «Горная академия Фрайберг» технологи Wehrhahn провели серию испытаний по вторичному использованию твердых газобетонных отходов в производстве. Было установлено, что твердые отходы в количестве до 3% от общего содержания твердых веществ повышают прочность газобетонных блоков при сжатии.

Многие заводы Wehrhahn в странах СНГ уже имеют простую и эффективную систему утилизации твердых отходов. Твердые отходы предварительно измельчаются в дробилке, подаются в накопительную емкость и оттуда дозируются в мельницу для песка. Wehrhahn поставляет также оборудование для помола и дозирования твердых отходов непосредственно в главный смеситель, что обеспечивает гораздо более точное соблюдение рецептуры. Производители газобетона в Германии предпочитают именно этот метод использования твердых отходов.

Блоки пониженной плотности на оборудовании Wehrhahn

Большой интерес представляют разработки по производству блоков пониженной плотности на линиях Wehrhahn. Завод компании AKG-Gazbeton в Турции уже выпускает в рамках эксперимен-



Рис. 2. Высококачественные газобетонные блоки на основе золы отвала (завод «Стройкомплекс», г. Ангарск)



Рис. 3. Главный технолог завода AKG Gazbeton (Турция) очень доволен качеством панелей плотностью 200 кг/м³, произведенных на оборудовании Wehrhahn

тального производства малогабаритные утепляющие панели из газобетона плотностью не более 200 кг/м³, изготовленные полностью на оборудовании Wehrhahn (рис. 3). На предприятиях Wehrhahn в России также успешно ведутся интенсивные разработки по производству газобетонных продуктов минимальной плотности.

Энергосбережение на линиях Wehrhahn

Особое внимание Wehrhahn уделяет вопросам энергосбережения. Предлагаемое Wehrhahn оборудование по утилизации тепловой энергии, образующейся в процессе автоклавирования, позволяет экономить до 38% первичной тепловой энергии за счет повторного использования тепла пара и конденсата.

Система электроменеджмента (Wehrhahn Energie Management System, W-EMS)

В настоящее время на всех новых линиях Wehrhahn внедряется эффективная система электроменеджмента (W-EMS), позволяющая значительно сокращать электропотребление и соответственно снижать производственные расходы и сберегать природные ресурсы. W-EMS состоит из системы сбора и обработки данных электропотребления отдельными машинами и линией в целом, а также из энергосберегающих компонентов.

Сбор и обработка данных электропотребления позволяют:

- идентифицировать наиболее энергоемкие потребители;
- оптимизировать закупку электроэнергии, в том числе благодаря снижению пиковых нагрузок;
- протоколировать энергосберегающие мероприятия;
- формировать у обслуживающего персонала сознательное отношение к энергопотреблению.

Специальное программное обеспечение Powermanager сохраняет все данные электропотребления и позволяет составлять отчеты в формате EXCEL. Наиболее важная информация выводится на монитор управления и позволяет оператору вовремя распознавать неполадки оборудования по аномально высокому электропотреблению, контролировать соблюдение лимитов, а также должна мотивировать оператора на выполнение энергосберегающих мер, например отключать гидравлическое оборудование во время пауз.

Энергосберегающие компоненты

Рекуперация электроэнергии в электросеть завода. Обычно к частотным преобразователям подключено тормозное сопротивление, с помощью которого во время торможения электродинамическая энергия превращается в тепло. Если тормозное сопротивление находится в электрощитовой, то производимое тепло «уничтожается» с помощью кондиционера. На это охлаждение также затрачивается электроэнергия.

С помощью сетевого прибора рекуперации, который подключается к частотному преобразователю вместо тормозного сопротивления, электродинамическая энергия возвращается снова в электросеть завода, где сразу же используется оборудованием линии. В зависимости от мощности сетевого прибора рекуперации к нему можно подключить до шести частотных преобразователей.



Рис. 4. Семинар Wehrhahn: обмен опытом и ноу-хау для всех наших русскоговорящих клиентов

В зависимости от частоты и интенсивности процессов торможения можно экономить до 40% стоимости электроэнергии на каждый привод. И это без учета экономии электроэнергии, потребляемой кондиционером.

Энергосберегающие моторы. Почти на всех электроприводах Wehrhahn применяется энергосберегающие частотные преобразователи, благодаря которым двигатели работают с оптимальным КПД, что позволяет экономить до 30% энергии. Так, энергосберегающий мотор, установленный на мешалку, экономит энергии больше, чем потребляет семья из пяти человек, живущая в отдельном доме! На линии по производству газобетона используется от четырех до девяти таких мешалок.

«Предвидящая» автоматика отключения. Новые системы управления Wehrhahn оснащены «предвидящей» автоматикой отключения. Если предвидится, что привод в ближайшее время не будет использоваться и с энергетической точки зрения выгодно его отключить, то он автоматически отключается и при необходимости автоматически включается. Это экономит электроэнергию и обеспечивает щадящий режим работы электропривода.

Почти каждую линию Wehrhahn можно дооснастить «предвидящей» автоматикой отключения.

Третий международный семинар Wehrhahn по обмену опытом

Ресурсосбережение было одной из главных тем, обсуждавшихся на III международном семинаре Wehrhahn по обмену опытом, который состоялся в ноябре 2012 г. в г. Дельменхорсте (Германия), на родине компании Wehrhahn (рис. 4). В очередной раз в семинаре приняли участие представители почти всех заводов, работающих на нашем оборудовании в странах СНГ и Балтии. Семинар Wehrhahn проводится регулярно с 2009 г. и зарекомендовал себя как оптимальная платформа для обмена знаниями и опытом производителей газобетона между собой и со специалистами Wehrhahn. Этот обмен очень важен как для дальнейшего совершенствования оборудования Wehrhahn, так и для постоянного развития предприятий наших клиентов, в распоряжение которых предоставляются все самые последние разработки и ноу-хау Wehrhahn. Семинар Wehrhahn – оптимальная платформа для обмена опытом и знаниями, уникальная модель технического сервиса, пока еще не предлагаемая ни одним другим поставщиком оборудования для строительных материалов.

Промышленные линии для производства фиброцементных листов воздушного и автоклавного твердения, строительной извести и сухих строительных смесей входят также в объем поставок Wehrhahn.

Новейшие ресурсосберегающие технологии и первоклассный сервис – таким образом Wehrhahn обеспечивает устойчивое развитие предприятий клиентов и свое устойчивое развитие уже в течение 120 лет.

Надежное оборудование WKB – высокое качество вашей продукции

Фирма WKB Systems GmbH – немецкий производитель высокотехнологичного оборудования для производства строительных материалов (силикатного кирпича, ячеистого бетона, керамического кирпича), кузнечной промышленности, а также оптимальных решений модернизации и автоматизации производственных процессов.

Являясь надежным партнером международных заказчиков, WKB Systems GmbH предлагает полный спектр услуг в области машиностроения:

- проектирование;
- конструирование;
- производство оборудования;
- программирование;
- шеф-монтаж;
- ввод оборудования в строй;
- обучение персонала;
- послепродажное обслуживание;
- поставки запчастей.

Оборудование WKB отличается эксплуатационной и технической надежностью, высокой производительностью, простотой техобслуживания и высоким качеством производимой продукции.

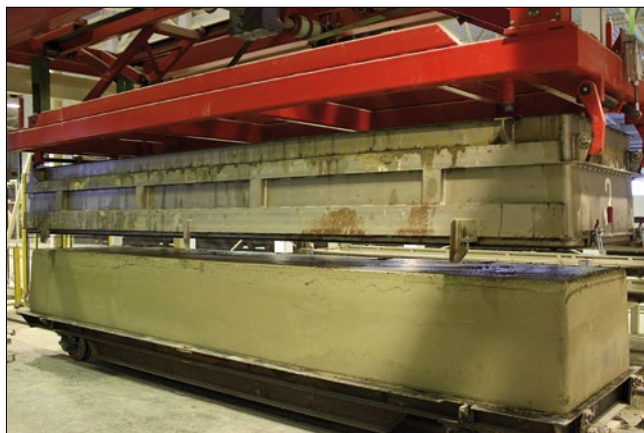
Инновации, опыт, качество на международном рынке машиностроения

Специалисты компании WKB Systems GmbH обладают многолетним профессиональным опытом, обширными ноу-хау и ориентированы на требования заказчика. Сотрудничество с ведущими производителями автоклавного газобетона и силикатного кирпича во всем мире позволяет разрабатывать современные, проверенные на практике решения, повышающие конкурентоспособность заказчиков.

Инновационные технологии, комплексные решения и индивидуальный подход характеризуют компанию WKB Systems GmbH как надежного партнера на международном рынке машиностроения. Оборудование и технологические линии WKB эксплуатируются в настоящее время почти на всех континентах – в странах Европы и СНГ, Азии, Америки, Африки, в Таиланде.

Преимущества сотрудничества с фирмой WKB Systems GmbH

- отдельные установки и заводы «под ключ» из одних рук;
- собственное программное обеспечение и конструирование;
- собственный опыт производства автоклавного газобетона и силикатного кирпича;
- адаптация технологий для российского рынка фирмой WKB Инжиниринг;



Распалубка массива

- модернизация и автоматизация технологических линий без остановки производства;
- прямые поставки запчастей и послепродажное техобслуживание со склада в России;
- поддержка заказчика на любой стадии проекта.

Оборудование WKB для производства ячеистого бетона

В сфере производства блоков ячеистого бетона фирма WKB Systems GmbH предлагает отдельные установки и технологические линии, а также полное оснащение заводов. Учитывая необходимую суточную производительность, уровень автоматизации и технологическую планировку, инженеры WKB разрабатывают индивидуальные концепции для:

- массоподготовки и смесительного отделения;
- резательного комплекса;
- участка автоклавирования с пароподготовительным отделением;
- транспортировки и отслеживания продукции;
- участка пакетирования и хранения продукции;
- управления и визуализации производства.

На участке массоподготовки используется **система контроля дозирования и смешивания компонентов**, что позволяет отслеживать весь процесс производства газобетона с заданными стабильными параметрами.

Литьевая технология фирмы WKB Systems GmbH позволяет добиться высокой однородности готовых изделий по плотности и прочности. Специально разработанная заливная форма гарантирует щадящее отделение массива от корпуса формы. Форма представляет собой стабильную конструкцию, состоящую из поддона и конусовидных бортов, поднимающихся при распалубке вверх. Распалубка и дальнейшее перемещение массива осуществляются посредством порталной установки, что исключает появление трещин в массиве, которые видны лишь после автоклавной обработки.

Основным узлом в производстве ячеистого бетона является резательный комплекс.

Линии резки WKB гарантируют отличное качество и состоят из следующих узлов: предварительная резка, два кантователя, калибровка, горизонтальная и вертикальная резка. На участке предварительной резки на горизонтально расположенном массиве срезаются неровности. После этого массив при помощи кантователя переворачивается.



Первое кантование массива



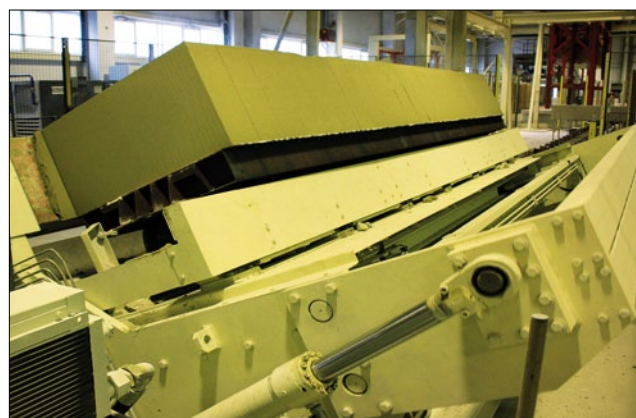
Калибровка массива



Горизонтальная резка



Вертикальная резка



Второе кантование массива

чивается на 90° и устанавливается вертикально на резательном поддоне. На операции калибровки подрезаются бока вертикально расположенного массива, осуществляется нарезка длины блока и прорезаются пазы и гребни. На участке горизонтальной резки нарезается высота блока. Пневматически натянутые металлические струны горизонтальной резки расположены под углом 0–60°. Это гарантирует вывод струн без повреждения массива. Струны вертикальной резки, расположенные в зависимости от формата блоков, движутся в противоположном направлении осциллированными движениями. Они проходят через массив сверху вниз, нарезая при этом ширину блока. В заключение осуществляется подрезка задней и передней частей массива. Обрезь подается для повторного использования в шламоабсейн). При необходимости возможен нарез захватов фрезой.

Вакуумный отсос удерживает верхний подрезный слой (горбушку), который позже падает в приямок и при помощи скребкового транспортера подается снова в производство.

Во время второго процесса кантования массив переворачивается на 90° и подается на стоящий автоклавный поддон. Нижний слой массива задерживается на резательном поддоне вакуумным отсосом. Как только автоклавный поддон отходит от участка резки, вакуумный отсос ослабляет свое действие, нижний слой массива попадает в приямок и подается на установку использования обратного шлама. Таким образом, все отходы, полученные на участке резки, попадают в производство через установку подготовки обратного шлама.

Одним из преимуществ технологической линии WKB является использование автоклавных поддонов в процессе автоклавирования, а не поддона формы, что продлевает срок эксплуатации заливных форм.

Регенерация тепла в процессе автоклавирования позволяет обеспечить цех паром на отопление и подогрев воды для производства в холодное время года.

Блоки ячеистого бетона, произведенные на линии WKB Systems GmbH, отвечают европейским стандартам качества.



Упаковка готовой продукции



Участок упаковки



Завод ячеистого бетона (ООО «КМК»)

Оборудование WKB для производства силикатного кирпича

Спектр услуг WKB Systems GmbH в области производства силикатного кирпича включает планирование и разработку инновационных решений для:

- массоподготовки и линий смешивания;
- участка прессования и гидравлических прессов;
- логистики запарочных вагонеток;
- автоклавирования;
- транспортировки и упаковки;
- отделки поверхности кирпича;
- модернизации и автоматизации производства;
- полного оснащения заводов.

Прессы являются основной составляющей каждого завода по производству силикатного кирпича. Все прессы WKB фирмы WKB Systems GmbH отличаются длительным сроком службы, надежностью, высоким качеством и разнообразием производимой продукции. Благодаря использованию прессов WKB возможно производство полнотелых и пустотелых кирпича и блоков. Самым известным прессом является пресс **WKP 750**, который впечатляет своей производительностью. Например, до 10 тыс. шт. кирпича в час может быть произведено при максимальной мощности прессования до 750 т.

Одним из преимуществ прессы является его компактность. Пресс занимает небольшую площадь и может быть использован в целях модернизации производства, например заменить оборудование с меньшей производительностью.

Для производства мелкоформатного и среднеформатного кирпича (высота до 250 мм) используется пресс **WKP 750S**. Специально сконструированный штабелеукладчик размещает силикатный кирпич в автоматическом режиме на запарочной вагонетке определенным образом, что гарантирует оптимальное использование автоклава.

Пресс двустороннего прессования **WKP 750DD** используется в производстве среднеформатных силикатных изделий (высота до 250 мм). Благодаря двустороннему прессованию гарантируется высокая и равномерная прочность кирпича. На данном прессе производится также малоформатный облицовочный кирпич и блоки с повышенными характеристиками прочности для дальнейшей обработки на установке колки и рустирования.

Установки пакетирования фирмы WKB имеют модульную конструкцию и могут быть индивидуально подобраны в соответствии с требованиями заказчика. Накопители поддонов, снабжающие установку пакетирования, являются решающим фактором для использования автоматизированной системы упаковки силикатного кирпича. Кроме того, предлагаются такие системы подачи поддонов, как цепные или роликовые транспортеры, а также роликовые конвейеры с тактовым толкателем.

С целью расширения ассортимента силикатной продукции используются установки обработки лицевой поверхности кирпича: **WKB-Emboss**, **WKB-Combi-Emboss** или **WKB-Impregnat**.

Установка **WKB-Emboss** была специально разработана для рустирования силикатного и керамического кирпича. С помощью регу-



Пресс WKP 750 – стабильность вашего производства

лирования скорости обработки достигаются разнообразные и точные рисунки рустирования. Установка может быть использована в качестве отдельного оборудования или в составе полностью автоматизированной производственной линии.

WKB-Combi-Emboss – комбинированный узел колки и рустирования, выполняющий две операции за один рабочий ход. При этом происходит раскол силикатного кирпича и одновременное рустирование половин кирпича с ложковой и тычковой сторон. После процесса рустирования кирпич подается на установку **WKB-Impregnat** для гидрофобизации обработанных поверхностей кирпича с целью защиты от агрессивного воздействия воды и других вредных факторов.

WKB Systems GmbH предлагает широкий ассортимент камнерезных пил, отличающихся высокой производительностью, особенно при распиле твердых материалов. Спектр производимой продукции включает облицовочный кирпич, угловой облицовочный кирпич, кирпич половинный, распиленный вдоль или поперек, и фасонные изделия.

Новейший технологический уровень производства благодаря решениям модернизации от WKB Systems GmbH

WKB Systems GmbH предлагает выгодные проверенные решения модернизации и автоматизации производства. Повышение производительности и рентабельности производства, сокращение длительности рабочего цикла, сокращение расходов на содержание персонала, значительное улучшение качества и расширение ассортимента производимой продукции – результаты модернизации специалистами компании WKB Systems GmbH.

Новаторские решения WKB для кузнечной промышленности и производства синтетических материалов

В сфере автоматизации кузнечного производства фирма WKB Systems GmbH предлагает оптимальные решения для:

- холодного и горячего формования;
- внедрения роботов в производство;
- смены и чистки рабочего инструмента ковочного пресса;
- подачи и транспортировки заготовок;
- технологии распыления.

Кроме того, WKB Systems GmbH разработала и выпустила автоматизированную установку для производства пенополиуретановых автомобильных сидений для одного из крупнейших производителей автомобильной промышленности.

Техобслуживание и поставка запчастей со склада в России

Дочернее предприятие, ООО ВКБ Торговля и Сервис, было основано в г. Бор (Нижегородская обл.) с целью послепродажного обслуживания наших заказчиков в России. Имеющийся склад запчастей и быстроознашивающихся деталей, а также штат компетентных сотрудников позволяют выполнять сервисные работы в кратчайшие сроки.

Другую информацию об оборудовании WKB Systems GmbH можно найти на сайте www.wkb-systems.com



WKB

innovation made by experience

ИННОВАЦИИ

ОПЫТ

КАЧЕСТВО

Силикатный кирпич



Ячеистый бетон



- оборудование и заводы „под ключ“
- шеф-монтаж и ввод в производство
- обучение персонала
- поставка запчастей

- техобслуживание
- автоматизация/модернизация производства

**надежное оборудование WKB –
высокое качество Вашей продукции**



Наш партнер



Josef Jasper
Behälter- und Apparatebau

Спектр услуг

конструирование и инжиниринг/автоклавы
технологические резервуары и аппараты/
установки подготовки воды/вытяжные трубы/колонны

www.jasper-behaelterbau.de

А.А. БЕДАРЕВ, инженер (bedarev@ogent.net), Е.И. ШМИТЬКО, д-р техн. наук, Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Оптимизация структуры газосиликата с применением мультипараметрической модели

В связи с развитием концепции энергосбережения в нашей стране назрела необходимость в более эффективном использовании сырьевых и энергетических ресурсов, что представляется возможным за счет использования в стеновых конструкциях более легких материалов с низким коэффициентом теплопроводности. В настоящее время роль основного стенового материала приобретает силикатный ячеистый бетон (газосиликат). Причина этого кроется в многочисленных преимуществах газосиликата: материал негорюч, легок и прочен, изготавливается из экологически чистого сырья и обладает при этом относительно невысокой себестоимостью [1].

В настоящее время заводы-изготовители выпускают изделия из газосиликата марок по плотности D400 и выше. Дальнейшее снижение средней плотности газосиликата сопряжено с рядом трудностей, обусловленных негативными изменениями его макроструктуры. За счет увеличения числа ячеистых пор (пор, формируемых в процессе газообразования, с размерами 10^{-4} – $0,2$ см по классификации К.Э. Горяйнова и С.К. Горяйновой [2]) в объеме материала, вынужденного их сближения и деформации возрастает вероятность возникновения дефектов межпоровой перегородки. Это приводит к падению прочностных свойств материала [2–5]. Известно, например, что такой материал, как теплопор [6], являющийся разновидностью ячеистого силикатного бетона со средней плотностью 75 – 150 кг/м³, достаточно хрупок и нуждается в дополнительной защите при транспортировке, монтаже и эксплуатации. Кроме того, затраты на его производство ввиду многостадийного помола, применения диспергированной алюминиевой пудры и комплекса других мероприятий оказываются значительно выше затрат на производство выпускаемых марок газосиликата.

Очевидно, что для получения газосиликата пониженной средней плотности с требуемым уровнем прочностных свойств необходимо создать условия для формирования минимально дефектной ячеистой структуры и как можно более прочной межпоровой перегородки. Поскольку одни и те же факторы одновременно оказывают влияние как на свойства микро-, так и на свойства макроструктуры ячеистого бетона, решение такой трудной задачи оказывается возможным лишь на основе эффективного управления процессами структурообразования на всех масштабных уровнях и стадиях процесса. Этого можно достичь, используя методы современного компьютерного моделирования. Реализации такого подхода применительно к получению легкого стенового материала посвящена данная работа. Задача потребовала разработки мультипараметрической модели на основе системно-структурного метода.

Наши исследования охватывают самые перспективные по современному меркам марки бетона: D500, D400, D300 и D100.

В исследованиях использованы: известково-песчаное вяжущее (ИПВ) активностью 30–33% и временем гашения (без применения замедлителя) 2 мин; портландцемент ЦЕМ I 42,5Н производства ОАО «Осколцемент» для управления скоростью изменения вязкопластичных свойств смеси и сроками схватывания массива; в качестве регулятора времени гидратации извести – гипс полуводный Г5; в качестве затворителя – вода по ГОСТ 23732–79. Исследования ориентированы на литьевую технологию блок-массивов.

Методика компьютерного моделирования предполагает прежде всего тщательный анализ факторов, влияющих на ход процесса. При рассмотрении данной задачи учитывалось, что качество микроструктуры определяется главным образом составом вяжущего, тонкостью его помола, В/Т соотношением и режимом автоклавной обработки, а на процессы макроструктурообразования ячеистого бетона оказывает влияние довольно обширный ряд факторов: дозировка и активность газообразователя, В/Т отношение, дозировки сырьевых компонентов, их удельные поверхности и температура, режим перемешивания и характеристики смесителя. При этом очень важно обеспечить согласованность процессов газообразования и нарастания вязкопластичных свойств смеси.

Такое обилие управляющих факторов потребовало разработки мультипараметрической модели, которая позволяет провести последовательную оптимизацию на всех масштабных уровнях и этапах исследования.

Исследования проводились следующим образом. Вначале осуществлялась оптимизация факторов, влияющих на формирование микроструктуры, а затем при оптимальных значениях этих факторов проводились исследования по оптимизации макроструктуры. Это позволило добиться получения ячеистого бетона с высокими качественными показателями. Соответственно созданию мультипараметрической модели проводилось в несколько этапов.

Конкретно на *первом этапе* проведена оптимизация состава силикатной матрицы ячеистого бетона. Для этого использованы основные положения повышения качества микроструктуры ячеистого бетона, развитые в работах Е.М. Чернышова и Е.И. Дьяченко [7, 8]. Полученные ими экспериментальные зависимости представлены в специальной методике оптимизации, суть которой заключается в следующем. На основе задаваемой минимально возможной средней плотности изделий и исходя из принципа максимального использования потенциала сопротивления разрушению микробетона вычисляется величина средней плотности силикатного микробетона. Данные плотности ячеистого бетона и силикатного микробетона используются для определения доли ячеистых пор в ячеистом бетоне. Определяется средний диаметр ячеистых пор на основе его взаимосвязи с объемной долей пористости. По экс-

Таблица 1

Наименование фактора	Марка по плотности	Уровни факторов				
		-α	-1	0	+1	+α
В/Т отношение	D500	0,50	0,54	0,58	0,62	0,66
	D400	0,57	0,61	0,65	0,69	0,73
	D300	0,62	0,68	0,74	0,80	0,86
	D100	0,78	0,82	0,86	0,90	0,94
Дозировка портландцемента, %	D500	10	15	20	25	30
	D400	10	15	20	25	30
	D300	10	15	20	25	30
	D100	10	15	20	25	30
Дозировка гипса, %	D500	0	2,5	5	7,5	10
	D400	0	2,5	5	7,5	10
	D300	0	2,5	5	7,5	10
	D100	0	2,5	5	7,5	10
Температура воды затворения, °С	D500	16	20	24	28	32
	D400	16	20	24	28	32
	D300	16	20	24	28	32
	D100	16	20	24	28	32

Таблица 2

Наименование фактора	Марка по плотности	Уровни факторов				
		-α	-1	0	+1	+α
Дозировка портландцемента, %	D500	10	12,9	20	27,1	30
	D400	10	12,9	20	27,1	30
	D300	10	12,9	20	27,1	30
	D100	12,2	13	15	17	17,8
Дозировка гипса, %	D500	0	1,5	5	8,5	10
	D400	0	1,5	5	8,5	10
	D300	0	1,5	5	8,5	10
	D100	1,8	2	2,5	3	3,2

периментальным зависимостям вычисляется ожидаемый коэффициент плотности упаковки, который совместно с данными о вероятном среднем диаметре ячеистых пор используется для вычисления толщины межпоровой перегородки. В соответствии с толщиной межпоровой перегородки производится расчет среднего диаметра зерна кремнеземистого компонента из необходимого и достаточного условия обеспечения укладки в межпоровую перегородку 4–5 зерен по ее толщине. На основе найденного значения диаметра зерна кремнеземистого компонента выполняется расчет его удельной поверхности, а затем величины массовой доли активного СаО в составе смеси. Используя данные об активности извести, осуществляется расчет ее дозировки и дозировки кремнеземистого компонента. В связи с введением портландцемента производится корректировка содержания СаО.

Зависимости, представленные в методике [7], устанавливают однозначную связь между проектируемой средней плотностью газосиликата, дозировками извести, кремнеземистого компонента, их удельными поверхностями, дозировкой портландцемента, его химическим и минералогическим составом, активностью извести и дозировкой газообразователя с позиций получения оптимального количества цементирующего вещества, что позволяет вместо перечисленных независимых управляющих факторов использовать лишь один. Например, принимая дозировку портландцемента за независимый управляющий фактор, для газоси-

ликата любой проектной марки по плотности будут определены оптимальные значения других перечисленных факторов.

Применение такого подхода позволило проводить дальнейшую оптимизацию макроструктуры ячеистого бетона на составах, обеспечивающих оптимальное микроструктурообразование, а также исключить из рассмотрения часть управляющих факторов, оптимальные значения которых уже установлены.

Сокращение числа управляющих факторов проводилось также на *втором этапе* лабораторных исследований за счет проведения специальных мероприятий. Для этого предварительно все сырьевые компоненты термостатировались и в реакцию входили с постоянной температурой, а перемешивание осуществлялось в теплоизолированном смесителе. Поэтому вместо учета влияния температуры всех сырьевых компонентов в качестве *температурного фактора* рассматривалась только температура воды затворения. Поскольку в производственных условиях температура компонентов может быть различной, для учета влияния изменяющихся технологических факторов в окончательную модель включено уравнение энергетического баланса с учетом температуры используемых материалов.

Указанные мероприятия позволили свести число независимых управляющих факторов до четырех, в качестве которых выступали: дозировка портландцемента, дозировка полуводного гипса, В/Т отношение и температура воды затворения. Другие управляющие факторы представлены как зависимые от названных независимых и включены в структуру мультипараметрической модели через соответствующие расчетные формулы.

Многие исследователи отмечают, что определяющее влияние на согласованность процессов газообразования и нарастания вязкопластичных свойств силикатной смеси оказывают ее начальные характеристики. В работах [3, 7] указывается, что начальная температура смеси, то есть температура смеси в момент ее заливки в форму, должна составлять 38°С. В случае превышения указанной температуры реакция газообразования начинается в смесителе, при этом бетон может не достигнуть расчетной плотности из-за потери газа на этапе перемешивания. Кроме того, завышенная температура способствует более быстрой гидратации извести и соответственно изменению сроков схватывания формовочной массы. Если температура к моменту заливки меньше требуемой, увеличивается время вспучивания и сроки схватывания, возможно проседание смеси и потеря газа в смеси вследствие недостаточной ее вязкости.

Кроме начальной температуры на качество ячеистой структуры влияние оказывает начальная вязкость ячеисто-бетонной смеси. В действующих нормативных документах приводятся рекомендованные значения текучести смеси как величины, обратной вязкости, в виде диаметра расплыва смеси по Суттарду. В наших исследованиях эти рекомендации выполнялись.

На *третьем этапе* для каждой из исследуемых плотностей были поставлены факторные эксперименты вида 2⁴ на основе ротатбельного центрального плана, дополненного звездными точками. Уровни варьирования факторов приведены в табл. 1. За отклик принимались значения начальных реологических характеристик (диаметр расплыва смеси по Суттарду) и температуры смеси.

Начальная температура смеси определялась при помощи погружной термопары, подключенной через систему сбора данных к ЭВМ. Это позволило вести непрерывное наблюдение и запись значений температуры в автоматическом режиме.

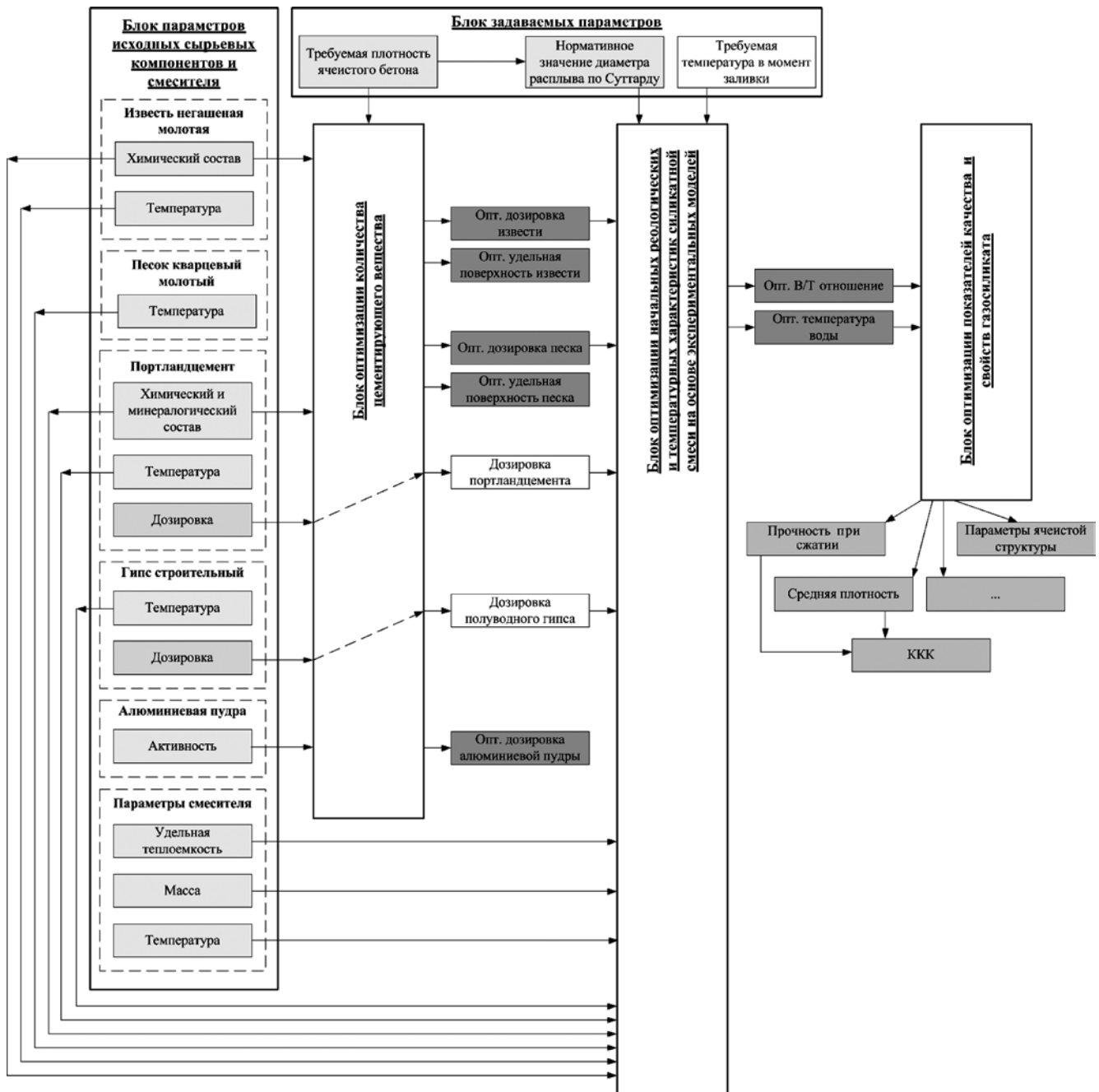


Рис. 1. Блок-схема мультипараметрической модели для оптимизации структуры ячеистого бетона

В результате проведенных экспериментов получены математические модели, позволяющие оптимизировать начальные реологические (D) и температурные (T) характеристики смеси. Например, для ячеистого бетона марки по плотности D500 они имеют вид:

$$D = -162,2530 + 386,1257 \cdot V/T + 3,8535 \cdot \text{Ц} - 4,0699 \cdot \Gamma + 1,0381 \cdot T_B - 4,3938 \cdot V/T \cdot \text{Ц} + 8,4625 \cdot V/T \cdot \Gamma + 0,0418 \cdot \text{Ц} \cdot \Gamma - 0,0355 \cdot \text{Ц} \cdot T_B - 0,0963 \cdot \Gamma \cdot T_B - 185,9561 \cdot V/T^2; \quad (1)$$

$$T = 326,7609 - 713,1882 \cdot V/T - 7,4005 \cdot \text{Ц} + 2,5122 \cdot \Gamma + 0,5448 \cdot T_B + 9,4063 \cdot V/T \cdot \text{Ц} - 4,3125 \cdot V/T \cdot \Gamma + 420,85193 \cdot V/T^2 + 0,02093 \cdot \text{Ц}^2 + 0,04774 \cdot \Gamma^2; \quad (2)$$

где D – диаметр расплыва смеси по Суттарду, см; V/T – V/T отношение; Ц – дозировка портландцемента, мас. %, в составе сухих компонентов; Γ – дозировка

гипса, мас. %, в составе сухих компонентов; T_B – температура воды затворения, °C; T – температура смеси в момент заливки, °C.

Проверка факторов на значимость осуществлялась по критерию Стьюдента, по результатам которой все незначимые факторы исключены из модели. Адекватность моделей подтверждена их проверкой по критерию Фишера.

Дальнейшая оптимизация на основе полученных зависимостей осуществлялась *после их интеграции* в структуру общей мультипараметрической модели и велась *параллельно* для температурных, вязкопластичных свойств смеси и количества цементирующего вещества путем решения систем уравнений, которые будут представлены ниже.

Следует заметить, что зависимости (1) и (2) получены для фиксированной температуры сырьевых компонентов. Если же температура сырьевых компонентов

Таблица 3

Марка по плотности	Известь молотая негашеная с активностью 85,6%		Песок молотый		Портланд-цемент	Гипс полуводный	Вода	Алюминиевая пудра	Прочность при сжатии, МПа
	удельная поверхность, м ² /кг	дозировка, кг	удельная поверхность, м ² /кг	дозировка, кг	дозировка, кг	дозировка, кг	В/Т	дозировка, кг	
D500	560	76,64	290	269,16	98,8	30,4	0,617	0,48	4,2
D400	560	102,88	310	201,13	38	38	0,762	0,541	3,5
D300	560	43,95	320	158,12	64,13	18,81	0,704	0,608	1,6
D100	560	24,33	340	56,42	12,35	1,9	0,844	0,759	0,2

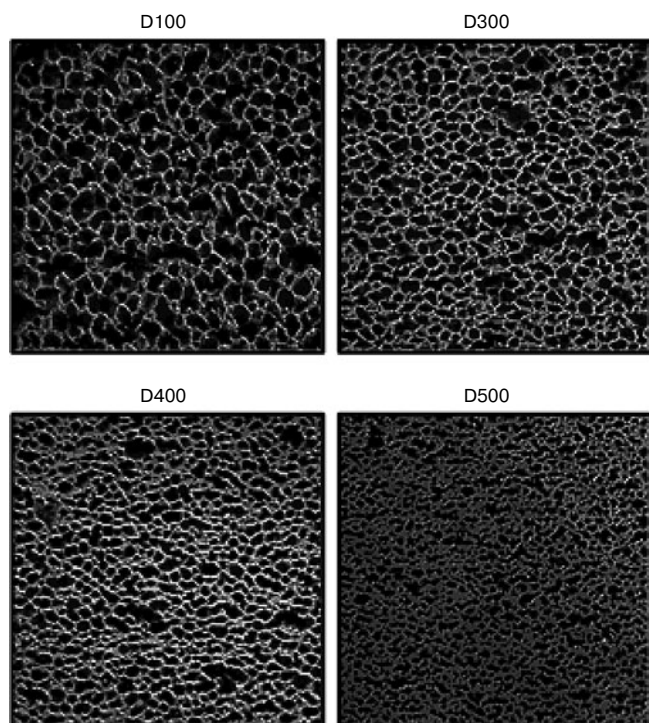


Рис. 2. Фотографии шлифов ячеистого бетона, полученного на основе оптимизации с использованием мультипараметрической модели (области 40×40 мм, масштаб 1:1)

иная, то необходимо модели (1) и (2) дополнить моделью, учитывающей общую теплоемкость системы компонентов.

Уравнение энергетического состояния системы компонентов газосиликатной смеси при перемешивании в условный нулевой момент времени для замкнутой системы без теплообмена с внешней средой и без учета тепловыделения от химических реакций имеет вид:

$$C_B \cdot m_B \cdot (T_{см} - T_B) + C_I \cdot m_I \cdot (T_{см} - T_I) + C_P \cdot m_P \cdot (T_{см} - T_P) + C_C \cdot m_C \cdot (T_{см} - T_C) + C_G \cdot m_G \cdot (T_{см} - T_G) + C_A \cdot m_A \cdot (T_{см} - T_A) + C_C \cdot m_C \cdot (T_{см} - T_C) = 0, \quad (3)$$

где $C_B, C_I, C_P, C_C, C_G, C_A$ и C_C – удельные теплоемкости соответственно воды, извести, песка, цемента, гипса, алюминиевой пудры и смесителя, кДж/(кг·К); $T_{см}, T_B, T_I, T_P, T_C, T_G, T_A, T_C$ – температуры соответственно силикатной смеси в условный нулевой момент времени при перемешивании: воды, извести, песка, цемента, гипса, алюминиевой пудры и смесителя, °С; $m_B, m_I, m_P, m_C, m_G, m_A, m_C$ – массы соответственно воды, извести, песка, цемента, гипса, алюминиевой пудры и смесителя, кг.

Таким образом, на существующем производстве расходные бункеры сырьевых компонентов в обязательном порядке должны быть оборудованы датчиками температуры.

На основе уравнений (1)–(3) и функциональных зависимостей, представленных в методике оптимизации количества цементирующего вещества [8], получены системы уравнений, описывающие влияние управляющих параметров на температурное и реологическое состояния силикатной смеси в момент ее заливки в форму следующего вида:

$$\begin{cases} T_{см} = F_1(V/T, \Pi, \Gamma, T_B, T_I, T_P, T_C, T_G, T_C, M_C, C_C, K_{осн.ц}), \\ D = F_2(V/T, \Pi, \Gamma, T_B, T_{см}, A_I, K_{осн.ц}), \\ T = F_3(V/T, \Pi, \Gamma, T_B, T_{см}, A_I, K_{осн.ц}), \end{cases} \quad (4)$$

где M_C и C_C – величина массы смесителя по отношению к массе компонентов, %, и удельная теплоемкость смесителя соответственно, кДж/(кг·К); A_I – активность извести, %; $K_{осн.ц}$ – коэффициент основности цемента.

Из-за громоздкости конкретный вид этих уравнений не представлен.

Блок-схема мультипараметрической модели для оптимизации структуры ячеистого бетона приведена на рис. 1.

Сущность представленной блок-схемы сводится к следующему. На основе данных химического состава компонентов по методике [8] определяются активность извести и коэффициент основности портландцемента, которые затем совместно с данными дозировок портландцемента и гипса используются в оптимизационном блоке расчета количества цементирующего вещества.

На основе экспериментальных зависимостей и данных требуемой плотности ячеистого бетона вычисляются оптимальные с точки зрения получения максимально прочной межпоровой перегородки, дозировки и удельные поверхности сырьевых компонентов. Затем данные первого блока оптимизации совместно с информацией о температурах сырьевых компонентов, активности извести, коэффициенте основности портландцемента и общей исходной теплоемкости смесителя используются в блоке оптимизации начальных реологических и температурных характеристик силикатной смеси (4). Блок реализует решение систем уравнений вида (4) с определением оптимальных значений В/Т отношения и температуры воды затворения. На этом оптимизация начальных характеристик силикатной смеси заканчивается.

На следующем этапе произведена оптимизация процесса формирования ячеистой структуры относительно дозировок портландцемента и полуводного гипса. Поставлены факторные эксперименты вида 2² на основе ротатбельного центрального плана, дополненного звездными точками. Уровни варьирования факторов приведены в табл. 2.

Вещественные составы компонентов рассчитывались на основе зависимостей методики [8] и решения систем уравнений вида (4), то есть таким образом, чтобы для всех значений варьируемых факторов из факторного пространства (табл. 2) выполнялись условия оптимального количества цементирующего вещества, опти-

мальной температуры смеси в момент ее заливки в форму и оптимального расплыва смеси по Суттарду. В качестве выходной характеристики рассматривалась прочность на сжатие бетона. Для этого из одного отформованного массива вырезали 6 образцов-кубов со стороной 7 см, которые подвергались автоклавной обработке при давлении 0,8 МПа по режиму 1,5 ч (подъем давления) + 8 ч (выдержка) + естественное остывание. Из центральной части массива параллельно направлению вспучивания вырезали образцы-шлифы размером 10×10×2 см для получения цифровых изображений и изучения ячеистой структуры (рис. 2).

Получены полиномиальные модели влияния добавок портландцемента и полуводного гипса на прочностные характеристики ячеистого бетона в виде коэффициента конструктивного качества (ККК), равного отношению прочности на сжатие образцов к квадрату их средней плотности:

– для ячеистого бетона марки по плотности D500:

$$ККК_{D500} = 0,00000803 + 1,9902 \cdot 10^{-7} \cdot Ц + 0,000001095 \cdot Г + 1,1097 \cdot 10^{-8} \cdot Ц \cdot Г - 6,5055 \cdot 10^{-9} \cdot Ц^2 - 1,0320 \cdot 10^{-7} \cdot Г^2; \quad (5)$$

– для ячеистого бетона марки по плотности D400:

$$ККК_{D400} = 0,000002120 + 4,9058 \cdot 10^{-7} \cdot Ц + 0,000002276 \cdot Г - 4,2487 \cdot 10^{-8} \cdot Ц \cdot Г - 5,3009 \cdot 10^{-9} \cdot Ц^2 - 8,6384 \cdot 10^{-8} \cdot Г^2; \quad (6)$$

– для ячеистого бетона марки по плотности D300:

$$ККК_{D300} = 0,000005983 + 0,000001112 \cdot Ц + 0,000001794 \cdot Г - 4,0589 \cdot 10^{-8} \cdot Ц \cdot Г - 1,8742 \cdot 10^{-8} \cdot Ц^2 - 6,6770 \cdot 10^{-8} \cdot Г^2; \quad (7)$$

– для ячеистого бетона марки по плотности D100:

$$ККК_{D100} = 0,000002264 - 9,4416 \cdot 10^{-7} \cdot Ц - 0,00000781 \cdot Г + 2,275 \cdot 10^{-7} \cdot Ц \cdot Г - 9,5 \cdot 10^{-9} \cdot Ц^2 - 7,62 \cdot 10^{-7} \cdot Г^2, \quad (8)$$

где Ц – дозировка портландцемента, мас. %, в составе сухих компонентов; Г – дозировка гипса, мас. %, в составе сухих компонентов.

Анализ зависимостей (5)–(8) позволяет установить оптимальные дозировки гипса и портландцемента и завершить построение мультипараметрической модели. В случае изменения характеристик исходных сырьевых компонентов (химического и минералогического состава, температур и пр.) и смесителя производится повторная оптимизация с использованием мультипараметрической модели на ЭВМ.

В табл. 3 представлены значения прочности на сжатие образцов-кубов и обеспечивающие их оптимальные дозировки и параметры сырьевых компонентов, рассчитанные при помощи разработанной мультипараметрической модели (на 1 м³).

Полученные высокие показатели физико-механических характеристик подтверждены исследованиями макроструктуры (рис. 2). Все образцы имеют близкую к совершенной ячеистую структуру с минимальным количеством дефектов и высоким коэффициентом сферичности.

Таким образом, разработка и применение мультипараметрической модели позволили согласованно провести оптимизацию на всех масштабных уровнях формирования структуры ячеистого бетона. Особенно наглядно это реализуется при получении ячеистого бетона марки по плотности D400, для которого средняя прочность на сжатие составила 3,5 МПа, что соответствует классу по прочности на сжатие В2,5 (по ГОСТ 25485–89 «Бетоны ячеистые. Технические условия» этот показатель не превышает значений, соответствующих классу по прочности на сжатие В1,5).

Предложенная модель позволяет получить оптимальный результат по технологии в следующих диапазонах свойств исходных материалов:

- молотая негашеная известь: активность 80–95%; удельная поверхность 550–600 м²/кг;
- портландцемент: ЦЕМ I 42,5Н / ПЦ 500-Д0-Н; минералогический состав: C₃S 55–70%, C₂S 10–20%, C₃A 5–10%, C₄AF 10–15%;
- гипс строительный Г5 по ГОСТ 129–79 нормально-твердеющий (начало схватывания не ранее 6 мин, конец схватывания не позднее 30 мин).

Следует отметить, что полученная модель обладает большим потенциалом для реализации систем программного расчета оптимального состава. Разработка и применение таких систем крайне необходимы в заводской практике для нейтрализации негативного влияния нестабильного качества сырьевых материалов на технологию и свойства ячеистого бетона. Нами в ходе разработки одной из таких систем и успешной апробации в лабораторных условиях доказана высокая эффективность оптимизации с использованием предложенной мультипараметрической модели [10]. На реализующую компьютерную программу Cellular Concrete получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ за № 2012613270.

Ключевые слова: ячеистый бетон автоклавного твердения, силикатная смесь, мультипараметрическая модель.

Список литературы

1. Сахаров Г.П. Ячеистые бетоны в посткризисный период // Научно-практический интернет-журнал «Наука. Строительство. Образование». 2011. № 1. [Электронный ресурс]. http://www.nso-journal.ru/images/stories/NSO/2011/01_8.pdf
2. Горяйнов К.Э., Горяйнова С.К. Технология теплоизоляционных материалов и изделий. М.: Стройиздат, 1982. 376 с.
3. Федин А.А. Научно-технические основы производства и применения силикатного ячеистого бетона. М.: Издательство ГАСИС, 2002. 264 с.
4. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А. Технология теплоизоляционных материалов. М.: Стройиздат, 1980. 399 с.
5. Чернов А.Н. Ячеистый бетон переменной плотности. М.: Издательство литературы по строительству, 1972. 128 с.
6. Чернышов Е.М., Неупокоев Ю.А., Потамошинева Н.Д. Высокопоризованные ячеистые бетоны для эффективных теплоизоляционных плит // Вестник ТГАСУ. Строительные материалы и изделия. 2007. № 1. С. 174–190.
7. Чернышов Е.М., Дьяченко Е.И. Структурные факторы управления сопротивлением разрушению силикатных автоклавных материалов при силовом нагружении // Эффективные композиты. Воронеж, 1989. С. 75–79.
8. Дьяченко Е.И. Влияние факторов внешней среды на вязкость разрушения силикатного ячеистого бетона // Эксплуатационная надежность строительных conglomerатов. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1987. С. 90–95.
9. Лаукайтис А.А. Влияние температуры воды на разогрев формовочной смеси // Строительные материалы. 2002. № 3. С. 37–39.
10. Бедарев А.А. Системы моделирования и оптимизации структуры ячеистого силикатного бетона Cellular Concrete и Cellular MOD Concrete // Сб. материалов IV всероссийской заочной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь в современном мире: гражданский, творческий и инновационный потенциал». Старый Оскол. Декабрь 2012. С. 327–334.

Перспективы развития и особенности использования российских специализированных алюминиевых газообразователей

В России за последние несколько лет существенно возросли требования производителей газобетона к сырьевым компонентам, в том числе к газообразователям. Это связано в первую очередь с введением в строй более двух десятков предприятий, оснащенных современным высокопроизводительным оборудованием, таких фирм, как Wehrhahn, Masa, Xella, H+H, WKB Systems, Hess.

Еще совсем недавно отечественные производители газобетона в качестве газообразователя использовали только алюминиевые пудры ПАП, что существенно ограничивало поиск оптимальных составов и режимов работы. В настоящее время потребители, хорошо зная особенности основных сырьевых компонентов (известки, песка или золы, цемента), получили возможность оптимизировать процесс газообразования и влиять на качественные показатели массива-сырца путем поиска соответствующего газообразователя. Сейчас такой выбор есть и при точном подборе газообразователя можно добиться максимальной стабильности и экономичности производства.

Изменение ситуации проходило на фоне стабильно развивающейся подотрасли производства газобетона, которая в свою очередь и привела к развитию рынка газообразователей, а именно к производству специализированных продуктов, полностью ориентированных на выпуск ячеистых бетонов автоклавного твердения. Таким образом, появились газообразователи, которые не требуют дополнительной обработки ПАВ, пожаро- и взрывобезопасны в применении, отвечают современным санитарно-гигиеническим нормам условий труда.

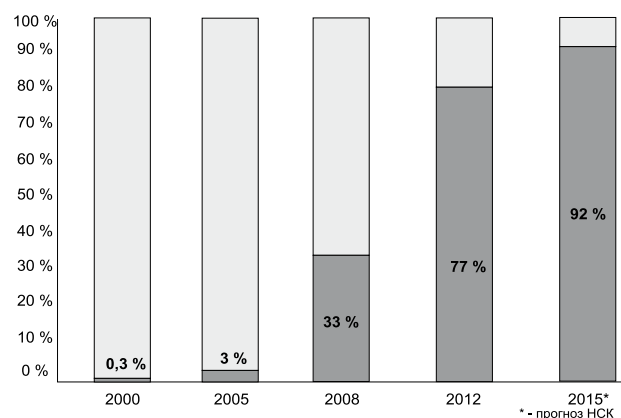
Несмотря на то что производство газобетона развивается в России с 60-х гг. XX в., активное использование специализированных алюминиевых газообразователей началось лишь с 2005 г., и сейчас доля их потребления составляет не менее 80%. В настоящее время большинство современных технологических линий по производству газобетона ориентировано только на их применение. Что касается алюминиевых пудр, то доля их потребления неуклонно сокращается. К концу 2012 г. пудры ПАП занимали менее четверти рынка газообразователей (см. рисунок). И причина этого не только в появлении более современных продуктов, но и в том, что на фоне существующих недостатков, главными из которых являются высокое пыление и гидрофобность (что обуславливает необходимость дополнительных мер безопасности и применения ПАВ), происходит дальнейшее снижение их качества. Отсутствие контроля со стороны производителей пудр таких показателей, как кинетика газовыделения и содержание активного алюминия, автоматически лишают их права называться газообразователями, и их применение несет в себе серьезные риски. Несмотря на это, заводы порошковой металлургии, до настоящего времени выпускающие пудры алюминиевые пигментные ПАП-1 и ПАП-2, предлагают их в качестве газообразователей для предприятий, производящих автоклавный газобетон.

В то же время в течение десяти последних лет ООО «НСК-ТЕК» разработало, профинансировало и успешно реализует отраслевую программу «**Российские алюминиевые газообразователи**» [1]. Опыт европейских производителей газобетона и требования технологов передовых отечественных предприятий легли в основу мультифункционального проекта по разработке, производству и продвижению отечественных газообразователей в России и странах СНГ. Практика промышленного применения

разработанных алюминиевых газообразователей показала их высокую эффективность. С 2008 г. ООО «НСК-ТЕК» занимает более 20% российского рынка, а к 2013 г. 30% всего газобетона выпускается в России с использованием газообразователей марок «Газобето». Начиная с 2007 г. они заняли достойное место среди известных европейских марок, таких как Eckart, Schlenk, Benda-Lutz.

Уникальность «Газобето» заключается в их специализации. Они дифференцированы по маркам в зависимости от требуемой плотности готовой продукции и изготовлены для производителей газобетона с учетом основных требований к газообразователям. Продукты «Газобето» представляют собой тонкоизмельченный алюминиевый порошок серебристо-серого цвета с **пониженным пылением** при пересыпании. 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. Низкая степень пыления **исключает вероятность воспламенения или взрыва** в зоне приготовления суспензии. Следует отметить **высокую активность** «Газобето», что в свою очередь значительно (на 25–30% по сравнению с зарубежными аналогами-пастами) **сокращает расход** газообразователя. Кроющая способность и показатель всплываемости у газообразователей (в отличие от пудр алюминиевых пигментных – ПАП) не регламентируются и не определяются. В сертификат качества «Газобето» включены необходимые для заводских технологов характеристики: кинетика газовыделения, содержание активного алюминия, смачиваемость. Периодически контролируются такие важные показатели, как удельная поверхность и гранулометрический состав газообразователя. На основании этих показателей формируются статистические таблицы, которые используются для оценки стабильности свойств. Срок хранения готовой продукции 1 год, в составе суспензии – 72 ч. Исследование свойств «Газобето» по истечении гарантийного срока (18 мес хранения) показало, что происходит лишь незначительное (не более 3%) снижение активности.

«Газобетолайт» и «Газобето+500» применяются для производства блоков с плотностью D500–D600. Время приготовления суспензии 30–40 мин при концентрации



Применение СГО в производстве газобетона: □ – СГО; ■ – ПАП

Характеристики газообразователей «Газобето»

Марка	Кинетика газовыделения, см ³ , не менее (справочно)			Степень измельчения (остаток на сите, %, не более)			Смачиваемость	Степень пыления, %	Активность Al, %, не менее
	2 мин	8 мин	16 мин	008	0056	0045			
Газобетолайт®	17	61	70	1		8	смачивается	0,8	89
Газобетолюкс®	22	65	69		0,3	0,5	смачивается	1,3	85
Газобето+500®	19	62	70	1		8	смачивается	1,6	91
Газобето+400®	27	62	66		0,3	0,5	смачивается	2,1	90
ПАП I	–	–	–	1		15	не смачивается	3,5	–
ПАП II	–	–	–		0,3	0,5	не смачивается	5,9	–

1/20–1/9. Время роста массива составляет соответственно 6–8 мин на ударной и до 40 мин на литьевой технологиях, при этом конечная фаза газовыделения сопровождается мелкими кратковременными выхлопами практически без просадки (до 0,5 см). Средний расход газообразователя для D500 составляет 0,4–0,5 кг/м³, для D600 0,3–0,4 кг/м³. Дополнительно проводились испытания по производству на «Газобето+500» блоков с маркой плотности D 450, при этом средняя плотность по партии составила 430 кг/м³.

Европейский опыт производства и применения ячеистого бетона говорит о том, что спрос на газобетон пониженной плотности будет неуклонно расти. В России уже сегодня выпуск газобетона плотностью D350–D400 составляет не менее 30% от общего объема производства. Для выпуска продукции такой плотности необходимо использовать марки «Газобетолюкс» и «Газобето+400». Расход газообразователя на приготовление газобетона марки D400 составляет в среднем 0,55–0,68 кг/м³. Процесс формирования массива зависит от технологии (ударная или литьевая) 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 B2–2,5, что полностью удовлетворяет требованиям ГОСТ 31360–2007.

В настоящее время ООО «НСК-ТЕК» продолжает работу над фракционным составом, улучшением физико-химических свойств и повышением эксплуатационной стабильности продукции. Стратегия развития предприятия на 2013–2015 гг. предусматривает качественное изменение рынка газообразователей. Структурирование рынка будет происходить на фоне повышения требований к качеству, безопасности, экологичности и экономичности используемого сырья, что невозможно без учета современной специфики производства ячеистых бетонов автоклавного твердения. Через два, максимум три года алюминиевые пудры ПАП полностью уступят место специализированным газообразователям, характеристики которых будут подбираться для каждого конкретного потребителя.

Литература

1. Прохоров С.Б. Перспективы использования алюминиевых порошков в стройиндустрии // Материалы международной научно-практической конференции «Перспективы производства и применения продукции глубокой переработки алюминия». Каменск-Уральский. Октябрь 2005.

**СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ АЛЮМИНИЕВЫЕ ГАЗООБРАЗОВАТЕЛИ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА**

марок

«ГАЗОБЕТО®»

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

соединяя интересы
НСК-ТЕК®
умножаем возможности

(343) 373-45-20, 373-45-21, 216-46-48
www.nsktek.ru, nsk@nsktek.ru

Реклама

П.В. СМЕРНОВА, канд. техн. наук, Л.В. МОРГУН, д-р техн. наук, Ростовский государственный строительный университет; В.Н. МОРГУН, канд. техн. наук, Институт архитектуры и искусств Южного федерального университета (ИАиИ ЮФУ) (Ростов-на-Дону)

Теоретическое и экспериментальное обоснование возможности управления величиной усадочных деформаций в пенобетонах неавтоклавного твердения

Усадку при твердении проявляют все композиционные материалы, содержащие в качестве минерального вяжущего портландцемент или его разновидности. Ее величина преимущественно обусловлена параметрами рецептуры исходных компонентов и складывается из нескольких составляющих: контракционной, влажностной, карбонизационной.

Максимальный вклад в величину усадки и, как следствие, в меру исходной дефектности строительных материалов, содержащих цементное вяжущее, вносят контракционный и влажностный виды усадки. Особенно ярко их негативное влияние на эксплуатационные свойства материалов проявляется в пенобетонах [1]. Тому есть ряд причин, к важнейшим из которых следует отнести:

- повышенный расход цемента по отношению к массе заполнителя. Как правило, в пенобетонных смесях соотношение цемент:заполнитель составляет от 1:0,5 в теплоизоляционных материалах и до 1:2 в материалах конструкционного назначения [2, 3];
- высокую величину площади удельной поверхности межпоровых перегородок в структуре пенобетонных. Для бетонов плотностью 400 кг/м³ она составляет примерно 100–110 см²/г, а для плотности 900 кг/м³ – 30–35 см²/г;
- параметры капиллярной пористости межпоровых перегородок, величина которых достигает 20–40% от объема твердой фазы [4].

Перечисленные особенности состава и структуры пенобетонов управляют величиной их контракционной и влажностной усадок. Размеры усадочных деформаций предопределяют высокую чувствительность изделий из пенобетонов к колебаниям относительной влажности окружающей среды, что влечет за собой недостаточную устойчивость этих материалов к атмосферным воздействиям и, как следствие, ограничение области применения в строительстве или дополнительные расходы при возведении зданий [3, 5].

В технологии пенобетонов существует ряд приемов, с помощью которых специалисты, сохраняя привлекательные для строительства свойства, пытаются снизить меру негативного влияния контракционной и влажностной усадок на эксплуатационную надежность материалов [5]. В данной работе представлены результаты исследований влияния некоторых рецептурных факторов на величину усадочной деформации затвердевших материалов, зависящей от особенностей массопереноса в них в период раннего структурообразования.

Рассмотрим эти процессы на микроуровне, когда величина упругих связей, возникающих в результате отвердевания цементного камня, еще пренебрежимо мала. В это период агрегативная устойчивость элементов структуры обеспечивается только комплексом слабых взаимодействий между всеми дисперсными компо-

нентами рассматриваемых смесей. Капиллярные силы в таких дисперсных системах рассматривают как результат скомпенсированности межфазных поверхностных натяжений на линии примыкания мениска к стенке капилляра. Силы вандерваальсового взаимодействия между твердыми частицами таких дисперсных систем убывают пропорционально расстоянию от их поверхности в седьмой степени [6], а капиллярное давление изменяется обратно пропорционально радиусам капиллярных менисков [5].

Бетонные смеси, не содержащие ПАВ, становятся агрегативно неустойчивыми дисперсными системами при средней толщине водных пленок на поверхности дисперсных частиц твердой фазы около 1·10⁻⁷ м [5]. При наличии вовлеченной с помощью ПАВ газовой фазы, средняя толщина водных пленок в агрегативно устойчивых суспензиях, по данным [7], достигает (5–15)·10⁻⁷ м. Следовательно, ПАВ способствуют переводу межчастичной воды из свободного состояния в связанное и тем самым создают энергетические условия для повышения агрегативной устойчивости суспензий после вовлечения в их состав дисперсной газовой фазы.

Вовлекая газовую фазу в дисперсную систему ПАВ, повышают ее седиментационную устойчивость потому, что часть свободной межчастичной воды переходит в состояние, физически связанное пенными пленками. После завершения перемешивания в таких обводненных дисперсных системах активно протекает процесс формирования кластеров из частиц твердой фазы, которые после затвердевания цемента будут обеспечивать прочность и деформативность межпоровых перегородок в пенобетоне. Наличие этого процесса экспериментально подтверждено тем, что с течением времени пеносмеси утрачивают вязкие и обретают упругие свойства, т. е. становятся пенобетонами. Величина межчастичного взаимодействия [6] в дисперсных системах, влияющих на интенсивность массопереноса в период раннего структурообразования, зависит от формы частиц:

$$F = - \frac{A \cdot r}{m \cdot H^n}, \quad (1)$$

где F – сила притяжения между частицами, Н; H – расстояние между частицами, м; A – константа, характеризующая суммарное действие ориентационного и дисперсионного факторов, -1/H; r – размер частицы, м; m, n – коэффициенты (при взаимодействии шарообразных частиц m=12, n=2; шарообразной и протяженной m=6, n=2).

Поэтому дисперсно-армированные пенобетонные смеси быстрее формируют межпоровые перегородки [8], которые обладают цепочной структурой зернистого кластера (рис. 1).

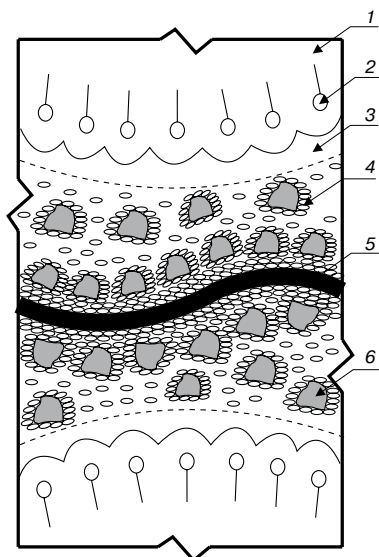


Рис. 1. Схема расположения дисперсных частиц в структуре межпоровой перегородки фибропенобетонной смеси: 1 – воздушная пора; 2 – молекула ПАВ в пленке на границе раздела газ – жидкость; 3 – физически связанная вода; 4 – частицы цемента; 5 – фибра; 6 – частицы заполнителя

Скорость формирования кластеров в любой дисперсной системе зависит от размеров частиц, расстояний между ними и величины энергетического потенциала поверхности, к которой они должны перемещаться [5, 6]. Кроме того, ранее установлено [9, 10], что понижение температуры воды затворения до +4–+20°C обеспечивает равноплотным пенобетонным смесям пониженную водопотребность и ускоренный переход из вязко-пластичного состояния в твердое.

Анализируя особенности массопереноса в пенобетонных смесях, можно утверждать, что при формировании кластеров в структуре их межпоровых перегородок мелкие частицы зернистой фазы перемещаются к поверхности энергетически мощного компонента быстрее крупных и упаковываются плотнее [5]. В фибропенобетонных смесях таким компонентом, безусловно, является фибра. Следовательно, в объеме кластеров, образованных на поверхности фибры, после гидратации и отвердевания клинкерных минералов будет образован меньший объем пустот, возникающий в результате контракции цементного камня и испарения воды, не прореагировавшей с клинкерными минералами цемента.

Экспериментальную оценку достоверности изложенной выше теории понижения дефектности структуры межпоровых перегородок в пенобетонах осуществляли в соответствии с требованиями ГОСТ 25485 и ГОСТ 24544 на образцах-балочках размером 40×40×160 мм, с медными реперами в торцах. Измерения проводились с точностью 0,01 мм на специальной стойке с индикатором часового типа. Образцы изготавливали из равноплотных пено- и фибропенобетонов (средняя плотность 620±10 кг/м³). Развитие усадочных деформаций наблюдали в течение 1 г. (рис. 2).

Экспериментально установлено, что принципиально характер развития деформаций в исследованных разновидностях пенобетонных в течение 90 дней с момента их изготовления практически идентичен и различается только по величине (рис. 2). Далее все фибропенобетоны демонстрируют стремление к затуханию деформаций усадки, а пенобетон продолжает ее наращивать. Следовательно, в его структуре продолжают развиваться массообменные процессы, обеспечивающие рост дефектности межпоровых перегородок.

Важно отметить, что на абсолютную величину усадки фибропенобетонов при твердении существенное

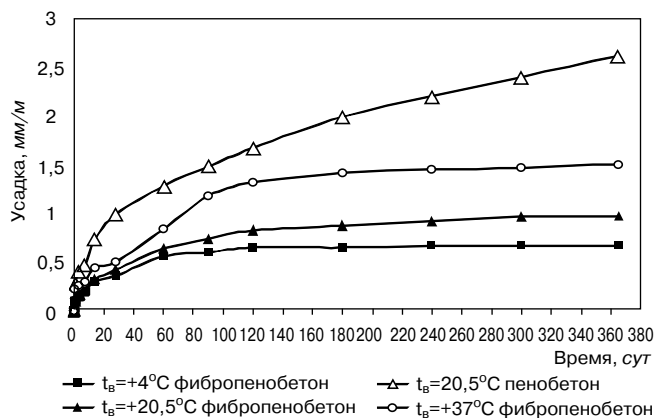


Рис. 2. График зависимости усадки при твердении пенобетонов и фибропенобетонов, изготовленных при разной температуре воды затворения

влияние оказывает температура воды затворения. Итоговая величина усадки в материалах, затворенных холодной водой, минимальна. В фибропенобетонах, изготовленных на охлажденной воде, раньше всего завершается развитие деформаций усадки. Изделия из такого материала первыми стабилизируют свои геометрические размеры, что чрезвычайно важно для применения пенобетонов неавтоклавно твердения на практике.

Ключевые слова: фибропенобетон, структурообразование, усадочная деформация, структура, межпоровая перегородка, усадка.

Список литературы

1. Моргунов Л.В., Смирнова П.В., Костыленко К.И., Пушенко О.В. О влиянии температуры на особенности формирования структуры пенобетонных смесей // Инженерный вестник Дона. 2012. № 1.
2. Рыбьев И.А. Решение научно-практических задач по обобщениям в бетоноведении // Современные проблемы строительного материаловедения: Материалы VII академических чтений РААСН. Белгород. 2001. Ч.1. С.462–465.
3. Гаджилы Р.А. Целенаправленное изменение пористой структуры строительных материалов // Строительные материалы. 2001. № 8. С.41–43.
4. Перехоженцев А.Г. Вопросы теории и расчета влажностного состояния неоднородных участков ограждающих конструкций зданий. Волгоград: ВолГАСА, 1997. 273 с.
5. Управление процессами технологии, структурой и свойствами бетонов / Под ред. Е.М. Чернышева, Е.И. Шмитко Воронеж: ГАСУ, 2002. 344 с.
6. Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения. М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1963. 380 с.
7. Блещик Н.П. Структурно-механические свойства и реология бетонной смеси и пресс вакуум-бетона. Минск: Наука и техника, 1977. 231 с.
8. Моргунов В.Н. Влияние формы компонентов на интенсивность межчастичных взаимодействий в пенобетонных смесях // Технологии бетонов. № 2 (31). 2009. С.64–66.
9. Смирнова П.В., Моргунов Л.В., Моргунов В.Н. О взаимосвязи между термодинамическими свойствами воды и пенобетонов // Строительные материалы. 2009. № 1. С.14–16.
10. Моргунов Л.В., Моргунов В.Н., Смирнова П.В., Бацман М.О. Зависимость скорости формирования структуры пенобетонов от температуры сырьевых компонентов // Строительные материалы. 2008. № 6. С.50–52.



ДНИ КНАУФ

3—4 АПРЕЛЯ
2013
МОСКВА

МИРОВОЙ ОПЫТ. 20 ЛЕТ В РОССИИ

Форум «Дни КНАУФ» – первый успех в России

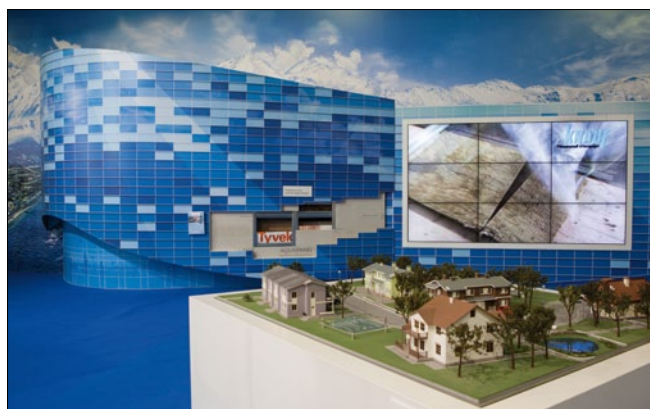
3–4 апреля 2013 г. в подмосковном Красногорске прошел первый в России форум «Дни КНАУФ». За два дня работы его посетили около 2 тыс. специалистов в сфере строительной индустрии и архитектуры. В специально оборудованном павильоне КНАУФ ГИПС было создано деловое пространство, в котором совместили выставочную (демо-зону), развлекательную зону, мастер-классы и конференции.

Главной темой форума стали инновационные технологии и материалы. В первый день, 3 апреля о трендах в сфере строительства и проектирования свое мнение выразили эксперты деловой программы форума.

Директор Института менеджмента инноваций Высшей школы экономики Д.С. Медовников представил результаты исследования влияния инновационных материалов на развитие индустрии строительства в России в рамках конференции «Инновационные строительные материалы и технологии. Мировой опыт, российский взгляд». По его мнению, в настоящее время строительная отрасль оказалась на перекрестке самых актуальных трендов технологического развития: нанотехнологий, информационных тех-

нологий, зеленых технологий и организационно-управленческих инноваций. В результате в этой сфере, несмотря на устоявшиеся традиции и консерватизм, происходит ряд радикальных изменений. Важным выводом проведенного Высшей школой экономики исследования стало то, что в настоящее время строительные компании имеют доступ к инновационным разработкам мировых производителей, но спрос со стороны потребителей на инновации все еще слабо развит. Необходима выработка четкой государственной политики по технологическому развитию отрасли, которая бы включала меры как по планомерному ужесточению строительных норм, так и по экономическому стимулированию внедрения новых технологий, созданию институтов развития инноваций в строительстве.

Выводы спикеров о происходящих в отрасли изменениях были подкреплены примерами конкретных технологий, которые предлагает компания КНАУФ на мировом и российских рынках. В своем выступлении Й. Ланге, директор центрального маркетинга КНАУФ СНГ, рассказал о системах теплоизоляции на отдельных примерах реализованных в России проектов.



Вторая сессия конференции была посвящена проблемам профессионального образования в строительной отрасли. Ее провел Г.К. Веретельников, первый вице-президент Российского союза строителей.

Спикерами конференции были Э.В. Сарнацкий, академик-секретарь отделения градостроительства РААСН, Д.Ю. Березуцкий, председатель правления НП «Ассоциация Гринстрой», Е.Г. Гашо, эксперт Аналитического центра при Правительстве РФ и др.

В этот же день в рамках форума «Дни KNAUF» прошел круглый стол на тему «Россия в ВТО: новые правила работы при проектировании объектов». Модератором выступил В.А. Новоселов, президент Союза проектировщиков. Выступающие затронули ряд актуальных вопросов, связанных с формированием нормативной базы для проектирования, условий взаимодействия зарубежных и отечественных архитектурно-проектных организаций и др.

Во второй день, 4 апреля, в форуме «Дни KNAUF» приняли участие именитые зарубежные и российские архитекторы – Ф. Муссави (Великобритания), К. Йоргенсен (Дания), А.В. Боков, президент Союза архитекторов России. Программным куратором проекта выступил Институт медиа, архитектуры и дизайна «Стрелка».

Вместе с главным редактором журнала «Проект Россия» зарубежные гости приняли участие в открытой дискуссии на тему миссии современного архитектора. Завершением конференции стала лекция А.В. Бокова на тему перспектив и технологий взаимоотношений архитекторов на российском рынке.

Главная цель форума «Дни KNAUF» – показать, как применяются на практике те или иные материалы, какую роль они могут сыграть в новаторских архитектурных и дизайнерских решениях. В формате мастер-классов и презентаций организаторы форума знакомили гостей с новейшими материалами и технологиями строительства, которые способствуют реализации самых новаторских идей и проектов современных архитекторов и дизайнеров. Каждый стенд представлял собой уникальный выставочный образец того, как продукты KNAUF используются в современной строительной практике.

Звукоизоляционные свойства плит KNAUF-акустика продемонстрировались в специально оборудованной студии звукозаписи. Из влагостойких плит KNAUF-аквапанель была построена заполненная водой трасса для гонок радиоуправляемых моделей катеров. Негорючие плиты KNAUF-файберборд на глазах посетителей испытывали в ходе огненного шоу, а надежность и прочность панелей KNAUF-суперлист любой желающий мог проверить, ударив по ним футбольным мячом.

На форуме можно было познакомиться с минераловатной теплоизоляционной продукцией KNAUF Insulation – инновационным и экологически безопасным утеплителем без содержания фенолформальдегидных смол. На мастер-классах компании гости приняли участие в монтаже изоляции в различных конструкциях. На стенде KNAUF Insulation была представлена профессиональная линейка продукции для объектного канала, а также популярный продукт для частного домостроения ТеплоKNAUF.

Особый интерес у посетителей вызвало тестирование пенополистирольных блоков из KNAUF-геофом, с помощью которых можно быстро возводить мосты, туннели, насыпи, трассы и другие транспортные сооружения без применения дорогостоящей строительной техники, и что особенно важно, вести работы в зимнее время. Появление блоков KNAUF-геофом на российском рынке ожидается в 2013 г.

Для посетителей на протяжении двух дней работы форума «Дни KNAUF» были организованы обзорные экскурсии по производству ООО «KNAUF ГИПС». Гости могли узнать интересные факты из истории предприятия, познакомиться с видами продукции, посетить первый в России учебный центр.

Мероприятие, по общему признанию, стало эффективной коммуникационной площадкой для профессионалов строительной индустрии, архитектуры и проектирования и одним из главных отраслевых событий года.

Смотрите фотоотчет с форума «Дни KNAUF», оставляйте отзывы на сайте www.dniknauf.ru



4 – 8 ИЮНЯ 2013
РОССИЯ / МОСКВА / МВЦ «КРОКУС ЭКСПО»



14-я Международная
специализированная выставка
«СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
И ТЕХНОЛОГИИ'2013»

реклама



ОРГАНИЗАТОР



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР



МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПАРТНЕРЫ ВЫСТАВКИ



fairs
around the
world



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



ГЕНЕРАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПОНСОРЫ



ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПОНСОРЫ





СТТ'2013

СПЕЦИАЛИСТЫ ЗНАЮТ!

Получите бесплатный приглашение на сайте www.ctt-expo.ru

20-я ЮБИЛЕЙНАЯ КАЗАХСТАНСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА "СТРОИТЕЛЬСТВО"



KazBuild

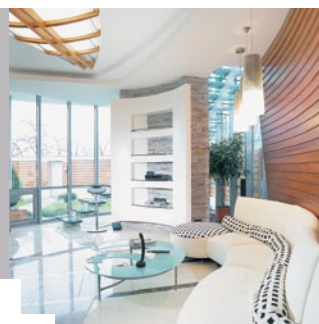
3-6 СЕНТЯБРЯ • 2013 • АТАКЕНТ

20 лет
успеха



www.kazbuild.kz

- СТРОИТЕЛЬСТВО
- ИНТЕРЬЕР



- КЕРАМИКА И КАМЕНЬ
- ОКНА, ДВЕРИ И ФАСАДЫ

пройдет параллельно



Алматы, Казахстан, 050057, ул.Тимирязева, 42, 8 этаж,
World Trade Center Almaty; Тел.: +7 727 2583434;
Факс: +7 727 2583444; E-mail: build@iteca.kz

ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

ЭКСПОКАМЕНЬ
2013

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
«КРОКУС ЭКСПО», ПАВИЛЬОН 2, ЗАЛЫ 5, 6
РОССИЯ, МОСКВА



контакты:
Тел: +7 (499) 127 3881, 120 6211, 123 0109
E-mail: expo@expostroy.ru, expostry@expostroy.ru

ДОБЫЧА, ОБРАБОТКА, ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНОГО КАМНЯ

ОРГАНИЗАТОРЫ:

- ТОРГОВО-ВЫСТАВОЧНЫЙ КОМПЛЕКС «ЭКСПОСТРОЙ НА НАХИМОВСКОМ»
- ИНВЕСТИЦИОННАЯ ГРУППА АБСОЛЮТ
- КОМИТЕТ ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННОЙ ПАЛАТЫ РФ ПО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВУ В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖКХ

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

- АССОЦИАЦИИ СТРОИТЕЛЕЙ РОССИИ
- РОССИЙСКОГО СОЮЗА СТРОИТЕЛЕЙ
- РОССИЙСКОГО ОБЩЕСТВА ИНЖЕНЕРОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

ПРИ УЧАСТИИ:

- АССОЦИАЦИИ «ЦЕНТР КАМНЯ» (РОССИЯ)
- «HUMMEL GMBH» (ГЕРМАНИЯ)
- «CONFINDUSTRIA MARMOMACCHINE — Assomarmomacchine» (ИТАЛИЯ)

25
ИЮНЯ 28



www.expostone-russia.ru

МОДИФИЦИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

НА РАСТВОРОБЕТОННЫХ
УЗЛАХ И СТРОЙПЛОЩАДКАХ



АЛЬТЕРНАТИВА сухим строительным смесям

ЕТС

Группа компаний
«Единая Торговая Система»

Компания ЕТС предлагает строительным организациям поставку «ПРЕМИКСОВ» -предварительно смешанных химических компонентов сухих строительных смесей.

«ХИМИЯ» - наша,
«МИНЕРАЛКА» - ваша.

Реальная экономия до
3 000 рублей
на тонну готовой продукции.

СибСтройЭкспо

Совместно с  **IDES**
СИБИРЬ

Международная выставка строительной
техники, оборудования и технологий

1 – 4 октября 2013 года

Новосибирск, Россия

В рамках выставки:

- ✓ Строительная и дорожная техника
- ✓ Строительное оборудование и инструмент
- ✓ Строительные материалы и конструкции
- ✓ Бетон, цемент, бетонное оборудование
- ✓ Строительная инженерия
- ✓ Средства индивидуальной защиты
- ✓ Мобильные здания

При поддержке:



Правительство
Новосибирской
области



Мэрия
г. Новосибирска



ITE Сибирская Ярмарка
Тел.: +7 (383) 363-00-63
shmigidin@sibfair.ru

Место проведения
«Новосибирск
Экспоцентр»

www.SibStroyExpo.ru

А.В. ВАСИЛЬЕВ, инженер (vav@ecko.uran.ru), М.В. ЖУКОВСКИЙ, д-р техн. наук, А.Д. ОНИЩЕНКО, инженер, Институт промышленной экологии УрО РАН (Екатеринбург); А.А. ВИШНЕВСКИЙ, канд. техн. наук, исполнительный директор, ООО «Производственно-строительное объединение «Теплит» (г. Березовский, Свердловская обл)

Строительные материалы как источник радона в зданиях, построенных по современным технологиям

Радон ^{222}Rn – природный радиоактивный газ, образующийся в почве и материалах строительных конструкций зданий, способен мигрировать и накапливаться в зданиях. Особенности конструкции и содержания зданий различного назначения обуславливают существенно более высокие уровни накопления радона по сравнению с наружной атмосферой [1]. Согласно последним эпидемиологическим данным [2, 3] существует прямая взаимосвязь между возникновением рака легких и присутствием радона внутри помещений. Таким образом, ограничение облучения радоном и ДПР является ключевым в обеспечении радиационной безопасности населения.

В ходе обследования жилищ, проведенного Институтом промышленной экологии УрО РАН с 2007 по 2009 г. [4], были проведены измерения объемной активности (ОА) радона в 404 квартирах, расположенных в многоэтажных зданиях города Екатеринбурга. Основная часть измерений проводилась в зданиях, построенных с 1950 по 1989 гг., четверть зданий была построена в последние два десятилетия. Особое внимание было уделено относительно повышенному уровню ОА радона на верхних этажах зданий (от 70 до 230 Бк/м³), обнаруженному в результате измерений в домах, построенных за последние двадцать лет (91 квартира). Эти здания принимались в эксплуатацию в период действия норматива, в соответствии с которым эквивалентная равновесная объемная активность (ЭРОА) радона не должна превышать 100 Бк/м³, что соответствует 200 Бк/м³ ОА радона при коэффициенте равновесия 0,5.

Результаты предварительных обследований позволили высказать предположение о связи накопления ра-

дона с особенностями строительных технологий (новые виды строительных материалов и используемого для их изготовления сырья, повышенная герметичность оболочки здания и др.).

Учитывая приведенные факторы, были поставлены следующие задачи исследования:

1. Натурные измерения объемной активности радона в зданиях, построенных по современным технологиям.
2. Изучение динамики ОА радона в зависимости от погодных условий и режима содержания помещения.
3. Лабораторные исследования строительных материалов и исходного сырья.
4. Моделирование поступления радона на основании данных лабораторных исследований и натурных измерений.

Натурные измерения объемной активности радона

Для исследования влияния современных строительных материалов на накопление радона в атмосфере помещений была выбрана группа из 20 помещений в зданиях, построенных с использованием преимущественно монолитного бетона либо газобетонных блоков. Измерения ОА радона проводились при помощи твердотельных трековых детекторов альфа-частиц (LR-115) в течение двух месяцев. Средние значения ОА радона в группе зданий, построенных в последнее десятилетие (табл. 1), значительно выше средних ОА радона в зданиях, построенных в 1950–1989 гг. [4], что подтверждает предположение о влиянии новых строительных технологий на уровень накопления радона в помещениях.

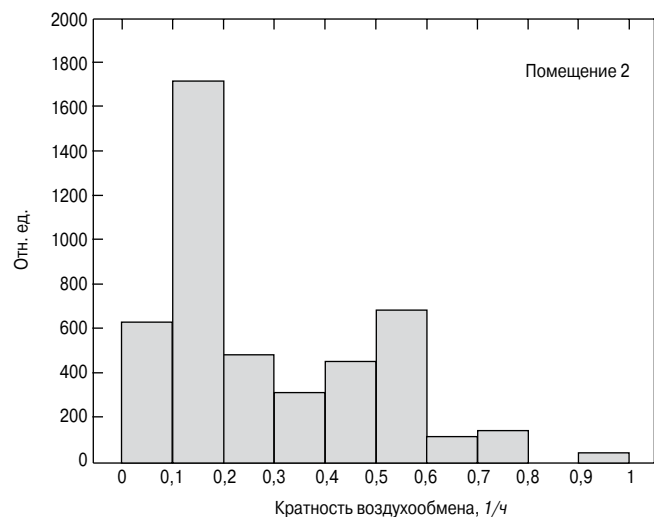
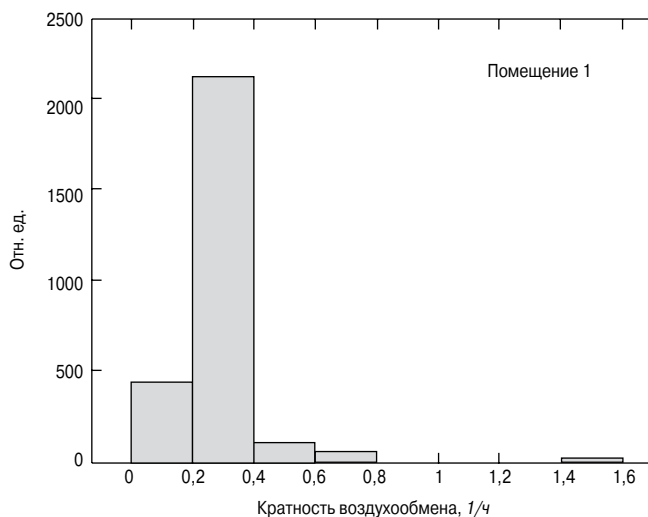


Рис. 1. Распределение значений n в помещениях

Таблица 1

Этаж	Среднее арифметическое, Бк/м ³	Среднее геометрическое, Бк/м ³	Стандартное отклонение логарифма величины, σ_{LN}
В зданиях, построенных из монолитного бетона			
Верхние этажи	103	92	0,7
В зданиях, построенных из газобетона			
Нижние этажи	91	82	0,57

Таблица 2

Характеристика	Помещение 1	Помещение 2
Тип здания	2-этажное, газобетон	10-этажное, монолитный бетон
Характер помещения	Офисное	Жилое
Вентиляция	Естественная, кондиционер	Естественная
Средняя кратность воздухообмена, ч ⁻¹	0,31	0,28
Этаж	2-й этаж	6-й этаж
Период измерений	15.08.2012–31.12.2012	24.01.2012–14.08.2012
Средняя ОА радона за период измерений, Бк/м ³	107	143
ОА радона, теплый сезон, Бк/м ³	107	121
ОА радона, холодный сезон, Бк/м ³	108	154

Изучение динамики ОА радона в зависимости от погодных условий и режима содержания помещения
 Для анализа динамики изменения ОА радона в зданиях, построенных по современным технологиям, были проведены продолжительные натурные измерения ОА радона в двух помещениях (табл. 2).

Для изучения динамики изменения ОА радона [6] проводились непрерывные измерения активности радона, температуры и фиксированной разности температуры снаружи и внутри помещений при помощи радон-монитора AlphaGUARD с часовым интервалом.

Как правило, помещения находятся в двух типичных состояниях – активном (при активной деятельности человека) и стационарном (люди покидают помещение или ложатся спать). Используя метод определения параметров поступления радона в помещение [6, 7], были получены оценки значения кратности воздухообмена (n) в помещении: в диапазоне от 0,1 до 0,3 ч⁻¹ для стационарного режима содержания помещения и от 0,5 до 1,2 ч⁻¹ для активного. На рис. 1 представлены диаграммы значений n в помещениях, из которых следует, что в период измерений помещение 1 преимущественно эксплуатировалось в режиме, близком к стационарному. Для помещения 2 наблюдается четкое различие в кратности воздухообмена между активными и стационарными режимами эксплуатации.

При анализе длительных серий измерений ОА радона в обоих помещениях было отмечено, что в пределах сезона данная величина претерпевает существенные изменения, превышающие один порядок. В ряде случаев распределение ОА радона имеет бимодальный характер, отражающий различные режимы содержания помещений: период активной эксплуатации и стационарное состояние. Вид распределения ОА радона для одного и того же помещения отличается для теплого и холодного сезонов (рис. 2)

Поступление радона в помещение осуществляется двумя механизмами: диффузионным, обусловленным

Таблица 3

Наименование материала	Активность, Бк/кг			
	⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²³² Th	Эффективная удельная активность ЕРН $A_{эфф}$
Исходное сырье				
Цемент ЦЕМ I 42,5 Н	172±52	65±14	7±5	89±16
Известь молотая	0±53	23±6	0±5	23±10
Зола уноса	167±53	34±10	34±8	93±15
Алюминиевая паста	0±140	0±24	0±16	< 32
Отсев дробления Режевского щебеночного карьера	600±130	46±12	21±6	125±18
Отсев дробления Шарташского щебеночного карьера	841±171	66±15	31±7	178±23
Конечная продукция				
Твинблоки марки D400	113±53	25±10	14±6	53±13
Твинблоки марки D500	118±40	23±8	20±6	59±12
Тяжелый (монолитный) бетон	658±137	55±12	29±7	149±19

наличием градиента объемной активности радона в среде, и конвективным, вызванным наличием разности давлений между внутренним объемом здания и внешней атмосферой [5]. Зависимость скорости поступления радона в помещение от разницы температур ΔT однозначно позволяет определить доминирующий механизм поступления радона в помещение, диффузионный (отсутствие зависимости от ΔT) или конвективный (рост скорости поступления с увеличением ΔT) [6]. Для обоих обследованных помещений был определен доминирующий диффузионный механизм поступления радона.

При доминировании диффузионного механизма поступления радона в здания и неизменных условиях ВО здания ОА радона в теплый период должны превышать соответствующие величины для холодного периода года [5]. В связи с этим можно сделать вывод, что основное влияние на сезонные вариации ОА радона в обследованных помещениях оказывает режим его содержания при повышенном уровне естественной вентиляции в теплый период года.

Лабораторные исследования строительных материалов и исходного сырья

Для установления вклада современных строительных материалов в ОА радона в помещениях были проведены лабораторные исследования образцов сырья и готовой продукции. В соответствии с модифицированным методом измерения удельной активности [8] был проведен анализ радиационных характеристик строительных материалов. Произведено определение удельной активности естественных радионуклидов (радий ²²⁶Ra, торий ²³²Th, калий ⁴⁰K) на гамма-радиометре РКГ-АТ1320 и определение эффективной удельной активности естественных радионуклидов (ЕРН) согласно ГОСТ 30108–94 «Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов».

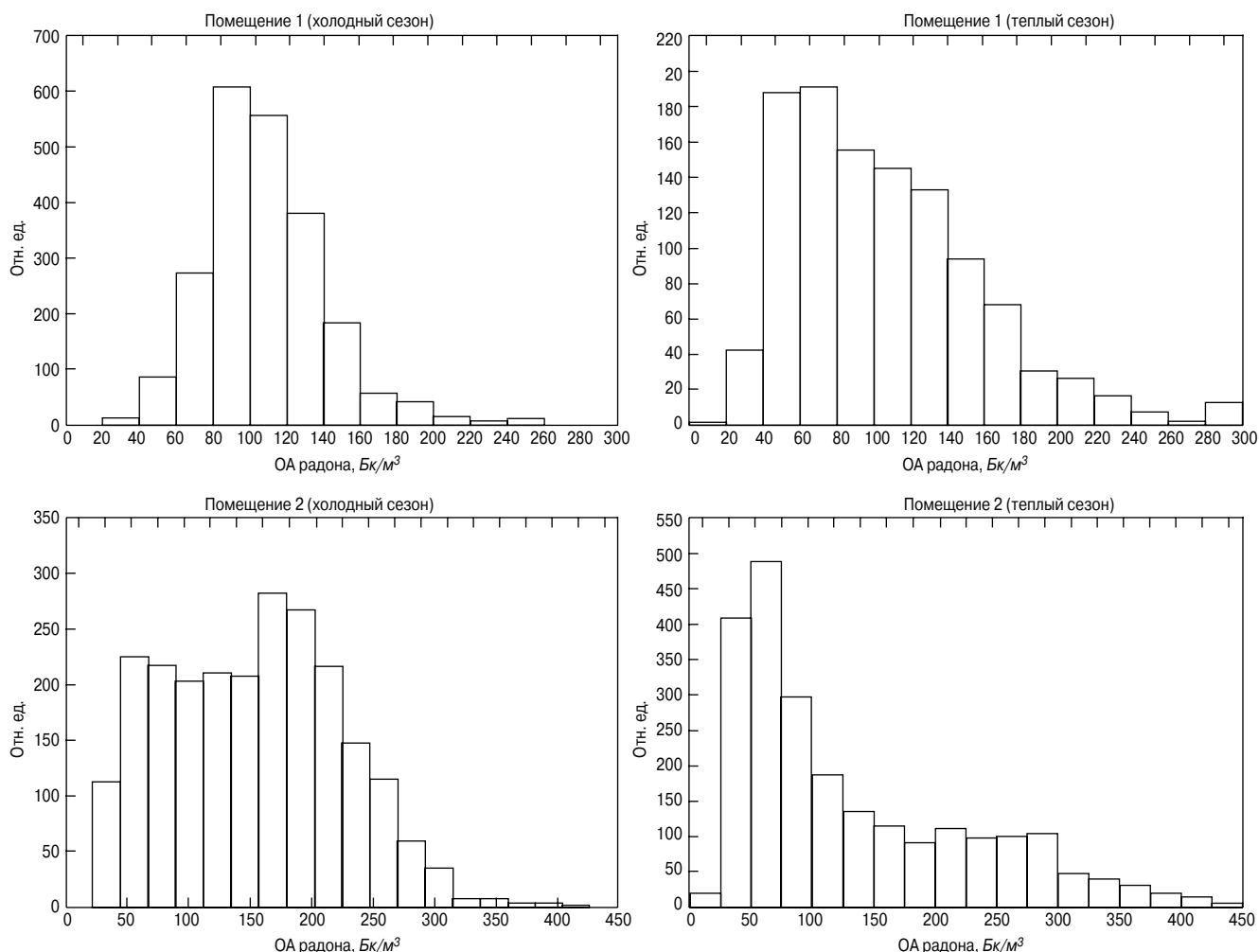


Рис. 2. Распределение ОА радона для обследованных помещений

Измеренная $A_{эфф}$ для всех материалов не превышает 370 Бк/кг (материалы I класса – материалы, используемые в строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях).

Были определены коэффициенты эманирования радона для готовых строительных материалов: для монолитного бетона коэффициент эманирования составил 0,17; для газобетона – 0,22.

Моделирование поступления радона

Для проверки того что наблюдаемые при натуральных измерениях средние значения ОА радона могут быть полностью обусловлены диффузионным переносом радона из материалов строительных конструкций, было выполнено моделирование для двух помещений, построенных по современным технологиям (табл. 3).

Для выполнения моделирования был использован программный пакет RESRAD-Building, предназначенный для оценки доз облучения людей, находящихся в зданиях и помещениях, содержащих различные источники ионизирующего излучения [9].

На основании результатов моделирования были получены уровни ОА радона в помещениях $A_{1расч} = 60$ Бк/м³ и $A_{2расч} = 160$ Бк/м³. Для помещения 2 расчетное значение соответствует экспериментально измеренному значению ОА радона. Таким образом, расчет согласуется с предположением о доминирующем диффузионном пути поступления радона в помещение за счет его выделения из строительных материалов. Наблюдаемые различия в расчетных и экспериментальных значениях ОА

радона для помещения 1 могут быть обусловлены дополнительным поступлением радона из грунта под двухэтажным зданием.

Был проведен анализ влияния изменения различных характеристик строительных материалов и режима содержания помещения на уровни ОА радона (коэффициент диффузии радона $1 \cdot 10^{-6} - 4 \cdot 10^{-4}$ м²/с, коэффициент эманирования 0,16–0,28, пористость 0,05–0,75 и n 0,1–0,5 ч⁻¹). В результате моделирования было получено, что основной вклад в изменчивость ОА радона обусловлен изменениями n (рис. 3); следующий за ним параметр, но имеющий существенно меньшее влияние, – это коэффициент эманирования. При низкой n (менее 0,2 ч⁻¹) в помещении может наблюдаться превышение нормируемого уровня ЭРОА радона в 100 Бк/м³.

Выводы

Проведенные исследования позволяют выделить следующие ключевые моменты:

1. Использование современных технологий строительства приводит к тому, что уровни ОА радона в помещениях приближаются к современным санитарным нормативам вследствие:

- использования монолитного бетона в качестве перекрытий, а в ряде случаев и несущих стен;
- замены пустотелых плит на монолитные плиты перекрытия, что приводит к ухудшению удаления радона;
- применения современных методов герметизации зданий (стеклопакеты, пенные уплотнители), приводящего к снижению кратности воздухообмена.

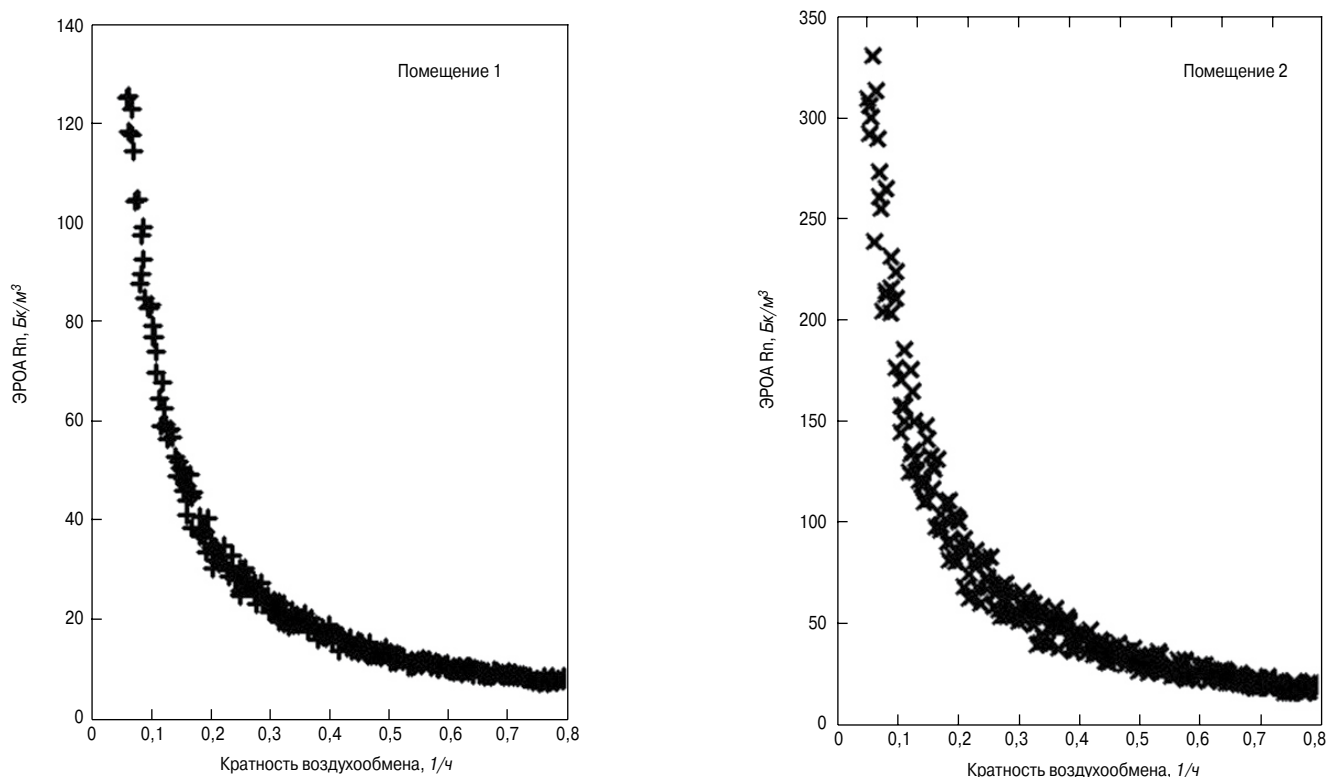


Рис. 3. Зависимость ожидаемого значения ЭРОА радона от режима содержания помещения

Таким образом, даже при соблюдении требований к удельной активности строительных материалов уровни объемной активности радона в помещениях могут быть повышенными и в ряде случаев превышать санитарные нормативы. При низкой n (менее $0,2 \text{ ч}^{-1}$), обустроенной высокой герметизацией зданий, в помещении может наблюдаться превышение норматива ЭРОА радона в 100 Бк/м^3 (НРБ-99/09). В процессе проектирования и строительства здания n должна быть обеспечена в эксплуатируемом помещении на нормативном уровне не ниже $0,35 \text{ ч}^{-1}$.

2. Использование газобетона в качестве теплоизоляционных и ограждающих конструкций не вносит ощутимого вклада в ОА радона внутри помещений.

3. Результаты исследований указывают на необходимость дополнительного нормирования удельной активности строительных материалов по радию. Норматив в $A_{\text{эфф}}=370 \text{ Бк/кг}$, введенный для обеспечения защиты от гамма-излучения, не обеспечивает допустимых уровней ОА радона. Данный вопрос неоднократно обсуждался на страницах журнала [10, 11]. Так, в работе [10] предлагается внести в ГОСТ по проектированию жилых и общественных зданий величину максимальной активности радия-226 на уровне 120 Бк/кг при проверке строительных материалов на наличие природных радионуклидов с целью охраны здоровья граждан и улучшения экологии окружающей среды. По нашим оценкам, содержание ^{226}Ra в строительных материалах при современных технологиях строительства не должно превышать величину порядка 100 Бк/кг .

4. Для малоэтажных зданий, построенных с использованием блоков из газобетона, нельзя исключить дополнительное поступление радона из грунта под зданием.

Ключевые слова: радон, механизмы поступления радона, кратность воздухообмена, строительные материалы.

Список литературы

1. Гулябниц Л.А. Противорадоновая защита жилых и общественных зданий: Пособие по проектированию, проект. Ч. 1. // Жилищное строительство. 2012. № 2. С. 28–31.
2. Darby S, Hill D, Auvinen A, Barros-Dios JM, Baysson H, et al. Radon in homes and lung cancer risk: a collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *British Medical Journal*, v. 330, 2005. Pp. 223–227.
3. Krewski D, Lubin JH, Zielinski JM, Alavanja M, et al. Residential radon and risk of lung cancer: a combined analysis of seven North American case-control studies. *Epidemiology* (2005), V. 16. Pp. 137–145.
4. Ярмошенко И.В., Онищенко А.Д., Жуковский М.В. Обследование уровней накопления радона в жилых зданиях города Екатеринбурга // Вопросы радиационной безопасности. 2010. № 3(59). С. 62–69.
5. Жуковский М.В., Кружалов А.В., Гурвич В.Б., Ярмошенко И.В. Радоновая безопасность зданий. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. 180 с.
6. Жуковский М.В., Васильев А.В. Определение механизмов и параметров поступления радона в помещение // АНРИ. 2012. № 1. С. 3–12.
7. Жуковский М.В., Донцов Г.И., Шориков А.О., Рогатко А.А. Модификация метода накопительной камеры для измерения плотности потока радона с поверхности почвы // АНРИ. 1999. № 3. С. 9–20.
8. Жуковский М.В., Новиков Д.В. Модифицированный метод измерения удельной активности Ra-226 в образцах грунта // АНРИ. 2011. № 2. С. 25–30.
9. <http://web.ead.anl.gov/resrad/home2/Build.cfm>
10. Гулябниц Л.А. Казусы нормативно-методического обеспечения радиационной безопасности зданий // Жилищное строительство. 2010. № 5. С. 63–65.
11. Орловский Ю.И. Радоновая опасность в строительстве и защита от нее // Строительные материалы. 2007. № 5. С. 58–61.



90 лет

Марку Львовичу Нисневичу, доктору технических наук

Более 50 лет Марк Львович Нисневич занимается разработкой и совершенствованием нормативной базы промышленности нерудных строительных материалов (НСМ). Его работы на многие годы определили направление развития отрасли и, по всей видимости, сохраняют свою значимость на десятилетия. Благодаря усилиям М.Л. Нисневича были разработаны классификация НСМ и номенклатура показателей качества, созданы основные действующие стандарты. Его работы оценены не только в нашей стране, но и за рубежом.

В 1940 г. после окончания школы харьковчанин Марк Львович Нисневич поступил в Ленинградское высшее военно-инженерное техническое училище. Великая Отечественная война внесла суровые коррективы в судьбу практически всех выпускников школ начала 1940-х гг. В 1941 г. курсанты училища принимали участие в боях за оборону Ленинграда в составе отдельной роты штаба морской пехоты. После прорыва блокады Марку Львовичу, как и другим курсантам, было присвоено почетное звание блокадника, по завершении переподготовки его направили в сухопутные войска. До конца войны Марк Львович командовал подразделениями саперов. После Победы он смог вернуться в училище, которое закончил с отличием по специальности инженер-строитель.

В 1950 г., окончив адъюнктуру Военно-инженерной Краснознаменной академии им. В.В. Куйбышева, он защитил диссертацию. Четыре года Марк Львович в звании майора работал старшим преподавателем в школе офицеров. В 1954 г. демобилизовался и поступил на работу в институт ВНИИнеруд (Москва), который затем был объединен с институтом НИИжелезобетон. С тех пор его трудовая жизнь навсегда была связана с нерудной промышленностью строительных материалов.

В этот период качество заполнителей определялось испытаниями в бетонах при заданных расходах цемента. Марк Львович предложил изменить сложившуюся практику. Совместно с ВНИИнеруд (Тольятти) были определены наиболее значимые показатели заполнителей бетона – прочность и морозостойкость щебня и гравия из различных горных пород и методы испытаний. На основании тщательного изучения требований различных потребителей: бетонщиков, дорожников, гидротехников, транспортников – совершенствовались действующие и создавались новые стандарты. В результате **под руководством М.Л. Нисневича впервые в мировой практике были разработаны унифицированные стандарты на нерудные строительные материалы**. Новые стандарты оказали существенное влияние на выбор технологии производства НСМ, проектирование ДСЗ и проведение геолого-разведочных работ.

Выполненные исследования находили практическое применение. Основными породами, из которых в послевоенный период производился щебень для строительных объектов Москвы и Московской области, были известняки и гравийно-валунные породы, которые содержат глину в виде комков и примазок. Руководимый Марком Львовичем коллектив разработал проект, на основании которого был изготовлен опытный образец отсадочной машины, промывающей известняковые и гравийные породы. В этот период были также созданы приборы для определения прочности горных пород и щебня.

В 1970–1980-гг. Марк Львович возглавил работы по международной стандартизации нерудных строительных материалов в структурах СЭВ и ИСО. К сожалению, из-за отсутствия финансирования не все совместные работы удалось завершить.

В 1973 г. было принято решение о создании нового научно-исследовательского и проектно-изыскательского института ВНИПИИстромсырье, который становился базовым по стандартизации нерудных строительных и облицовочных материалов. Под руководством М.Л. Нисневича и при его творческом участии коллективом отдела был выполнен большой объем научно-исследовательских и экспериментальных работ, связанных с разработкой стандартов и обоснованием каждого включаемого требования в выпускаемый документ. В эти годы были разработаны новые ГОСТы на щебень и песок из пористых горных пород, на щебень из доменного шлака, на мел для электродных покрытий и мрамор для сварочных работ. Отдел принимал активное участие в создании нового ГОСТа на щебень для балластного слоя железнодорожного пути.

Большое народохозяйственное значение имело предложение широко использовать для нужд сельского хозяйства отсева дробления карбонатных пород, которые ранее становились отходами. Выполненные трудоемкие опытные работы по известкованию кислых почв подтвердили эффективность использования этого вида минеральной продукции, что привело к созданию нового ГОСТа на муку известняковую (доломитовую).

В конце 1970-х гг. Марк Львович Нисневич защитил в Московском горном институте докторскую диссертацию, в которой обосновывалась важность сохранения минерально-сырьевой базы страны путем комплексного использования сырья. Эти идеи были воплощены в новых ГОСТах на отсева дробления осадочных и изверженных пород. Работа над созданием новых стандартов продолжалась. Примером может служить определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов нерудных и других строительных материалов.

Вопросы контроля качества нерудных материалов, отраженные в его книгах и статьях, не устарели до сих пор. Марк Львович обладает широким кругозором и эрудицией в области технологии производства нерудных и других строительных материалов. В отделе под его руководством были защищены девять кандидатских диссертаций – редкий показатель для отраслевого института.

Марк Львович Нисневич в течение многих лет участвовал в организации всесоюзных совещаний работников нерудной промышленности (ныне международных конференций), постоянно представлял доклады. Неоднократно награждался медалями ВДНХ.

Отличительные черты характера Марка Львовича – необычайная скромность (например, о его фронтовых наградах долгое время не знал никто из сотрудников), доброта, стремление помочь людям в трудных ситуациях и умение сплотить коллектив для решения сложных творческих задач. Нельзя не отметить и такие качества, как исключительная интеллигентность, редкое умение при обсуждении сложных вопросов четко формулировать предмет спора и находить основы для принятия решения.

И в настоящее время Марк Львович заинтересованно следит за ситуацией в отрасли, активно общается с коллегами, никогда не отказывает в совете или консультации.

Редакция, редакционный совет и коллеги от всей души желают Марку Львовичу Нисневичу здоровья, бодрости и долгих лет жизни на радость его большой и дружной семье, а также всем сотрудникам и друзьям.

А.А. ЛУКАШ, канд. техн. наук, Е.С. ГРИШИНА, инженер,
Брянская государственная инженерно-технологическая академия (ФГБОУ ВПО БГИТА)

Дома из оцилиндрованных бревен: перспективы производства, недостатки и пути их устранения

Для решения серьезной проблемы улучшения жилищных условий граждан была разработана национальная программа «Доступное и комфортное жилье – гражданам России». Одно из условий ее выполнения – расширение ассортимента выпускаемой продукции, создание новых высокоэффективных строительных материалов и увеличение объемов их производства.

У индустрии малоэтажного деревянного домостроения в нашей стране огромные возможности для роста. Обусловлено это как низкой ценой, быстровозводимостью, энергоэффективностью и высоким качеством этих домов, так и универсальностью технологий, которые позволяют удовлетворять потребности покупателей из различных сегментов рынка. Согласно плану российского правительства в среднесрочной перспективе рынок жилья должен вырасти до 130–150 млн м² в год (около 1 м² на человека в год – норма для развитых стран). По мнению некоторых экспертов, основная часть вводимых мощностей должна приходиться на каркасное домостроение. Для сравнения, сегодня мощности этой индустрии, даже с учетом всех введенных за последнее время предприятий, не превышают 1 млн м², т. е. потенциально она может вырасти в десятки раз.

Проблему недостаточного количества жилья подстегивает растущий средний класс, который является основным потребителем. Большая часть населения проживает в многоквартирных домах, при этом даже в городах с высокой плотностью населения растет потребность в комфортном, просторном и экологически чистом индивидуальном жилье. Ничто не способно решить эту проблему лучше, чем деревянный дом.

Можно выделить несколько основных технологий, которых придерживаются производители домов: изготовление из цельных бревен ручной рубки, оцилиндрованных бревен, клееных брусев; изготовление с применением панелей; каркасное домостроение.

Малые объемы панельного и каркасного домостроения не способствуют качеству, поскольку строительные работы в целях экономии ведутся в основном за счет спонтанно привлекаемой рабочей силы. Наши граждане настроены критически к технологиям, такие дома в народе получили название карточных домиков.

Сегодня из-за постоянного роста цен на энергоносители возрастают цены на цемент, кирпич, следовательно, и на готовую продукцию, а на древесину на корню такими темпами они расти не будут. Стоимость квадратного метра готового жилья остается довольно стабильной.

Начинают разрабатываться программы по строительству коттеджных поселков для постоянного проживания средних слоев населения регионов и мегаполисов. Существует необходимость развивать сельские территории, для чего требуется привлекать новую рабочую силу, предлагая хорошие жилищные условия [1].

Древесина обладает превосходными строительно-техническими характеристиками, отличной теплопроводностью. Равные по удержанию тепла, деревянные стены в четыре раза тоньше кирпичных. Стены деревянного дома дышат, поддерживая оптимальный для проживания уровень влажности в помещении. Любой в деревянном доме чувствует себя комфортно и уютно. Существуют две основные технологии деревянного домостроения – из оцилиндрованных бревен и клееных брусев.

Оцилиндрованные бревна получают обработкой в специальном станке, где им придают одинаковую форму и размер по всей длине, делают компенсационный пропил и посадочный паз, благодаря чему обеспечивается плотное прилегание бревен друг к другу. Компенсационный паз выглядит как небольшой пропил сверху в центральной части бревна и служит для гашения напряжений, возникающих в нем во время сушки.

На производстве в бревнах формируют все угловые соединения для уменьшения трудоемкости работ непосредственно во время монтажа здания, дом собирают, как конструктор. Процесс сушки бревен в собранном доме длится от одного до двух лет, за это время сруб дает усадку 5–7%, что, конечно, создает ряд неудобств при эксплуатации. Немногие фирмы и заказчики готовы ждать год, пока оцилиндрованное бревно высохнет естественным образом.

Для предотвращения растрескивания и уменьшения усадки сруба в строительстве деревянных домов стали использовать технологию с применением клееных брусев. Это многоуровневый процесс, который условно можно разделить на несколько этапов. После получения пиломатериалов определенного сечения древесину сосны высушивают до влажности 10–12%, затем производят строгание и удаление дефектных мест. После сращивания по длине полученные ламели фрезеруют и склеивают под давлением в прессах. Клееный брус профилируют, торцуют, производят нарезку и упаковку.

Применение данной технологии позволяет решить проблему усадки сруба, что дает возможность быстрой отделки стен. Однако большое количество операций ведет к удорожанию конечной продукции за счет производственных расходов. При изготовлении оцилиндрованных бревен выход готовой продукции около 80%, а при производстве клееных брусев – около 40%, в результате чего их стоимость повышается минимум в три раза. Высокая стоимость оборудования и необоснованно завышенные цены на монтаж, недолгая история применения материала в строительстве домов и большое количество рекламаций порождают сомнения у покупателей не в пользу данного строительного материала.

В настоящее время предложена масса вариантов по использованию отходов, и, имея средства и площади на предприятии, можно говорить о безотходной перера-

ботке древесины. Это требует немалых средств, а перерабатывать 60% древесины в отходы, пусть и полезные, с точки зрения рационального использования ресурсов нецелесообразно.

Повышенным требованиям (определенные условия влажности и температуры в производственных помещениях, отсутствие малейших сквозняков) к технологическому процессу изготовления клееных брусев порой невозможно соответствовать в условиях наших недостаточно обеспеченных производств, а это не может не повлиять на качество готовой продукции. Существуют примеры, когда после нескольких лет эксплуатации клееный брус просто распадался в стене на ламели. Кроме того, при производстве клееных брусев используют клеи с гарантией на работу всего 40–50 лет. Дома же из бревен стоят не одно столетие.

Производство домов из оцилиндрованных бревен выполняется без применения фенолформальдегидных клеев, что дает им значительное преимущество в вопросах экологии по сравнению с домами из клееных брусев.

Несмотря на очевидные преимущества оцилиндрованных бревен, существуют проблемы по их использованию.

Основными недостатками производства домов из оцилиндрованных бревен являются трещины, появляющиеся на поверхности бревен, и усадка, которая связана с их усушкой. Особенности процесса сушки древесины определяются механизмом перемещения влаги внутри материала. При неравномерном распределении влаги внутри древесины происходит ее движение в направлении пониженной влажности. Влага перемещается внутри материала под воздействием градиента влагосодержания по объему материала. Движение влаги также происходит, если существует градиент температуры по объему пиломатериала. Это движение происходит в сторону пониженной температуры. Чем сильнее прогрета древесина, тем выше ее теплопроводность за счет снижения вязкости влаги в капиллярах.

Следовательно, чем быстрее испаряется влага, тем больше трещин возникает на поверхности бревна. Поверхностные слои уменьшаются в объеме больше, чем сердцевина, за счет более интенсивного удаления влаги. Центральная часть давит на наружные слои, что приводит к растрескиванию. Для решения данной задачи предлагается использование:

- СВЧ-установок, которые с помощью волн, действующих на центральную зону бревна, удаляют влагу через торцы;
 - вакуумных сушильных камер, где в условиях интенсивного нагрева древесины в высокотемпературном процессе высушиваемый материал достигает температуры выше точки кипения воды при данных параметрах и температуре окружающей древесину среды. Свободная влага внутри клеток и в межклеточных пространствах закипает. После выкипания всей свободной влаги температура материала начинает повышаться, стремясь к уровню температуры среды. В этот период основной причиной движения влаги является перепад влажности по толщине пиломатериала;
 - сушильных камер периодического действия с заданными параметрами режима сушки и применением специальной технологической обработки материала.
- Первые два способа довольно специфичны, дорогостоящи и энергоемки.

Для устранения основных недостатков производства домов из оцилиндрованных бревен (трещины на поверхности бревен и их усадка) необходимо разработать способы сушки круглой древесины большого диаметра, позволяющие обеспечить равномерный выход влаги по всей длине и сечению материала, т. е. одновременно высушивать центральную и периферийную части бревна.

Таким образом, на основе вышеизложенного установлено следующее.

1. Производство домов из оцилиндрованных бревен имеет преимущество по сравнению с производством домов из клееных брусев как по расходу материалов, так и по вопросам экологии.
2. Основными недостатками производства домов из оцилиндрованных бревен являются трещины, появляющиеся на поверхности бревна, и усадка, которая связана с его усушкой. Необходимо запретить строительство домов из невысушенных оцилиндрованных бревен так как при высыхании древесины получается «парниковый эффект», благоприятный для развития грибов, сруб при высыхании до эксплуатационной влажности дает усадку: изменяется высота стен, оконных и дверных проемов, что делает невозможным выполнение отделочных работ, а образующиеся на поверхности бревна трещины ухудшают внешний вид и приводят к снижению прочностных и эксплуатационных показателей.
3. Необходимо разработать эффективные способы сушки круглой древесины большого диаметра, позволяющие обеспечить равномерный выход влаги по всей длине и сечению материала, т. е. одновременно высушивать центральную и периферийную части бревна.

Ключевые слова: *домостроение, древесина, бревно, брус, оцилиндровка, усадка, усушка.*

Литература

1. *Мальцев В.В.* Малоэтажное деревянное домостроение: концепция нового века. Дерево.RU, 2006. 215 с.

ГОТОВИТЕСЬ К ВЫХОДУ КНИГА Защита деревянных конструкций

Автор – А.Д. Ломакин, канд. техн. наук, ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко

В книге приведены результаты исследований, проведенных автором и разработанные им рекомендации по конструкционной и химической защите деревянных конструкций. Большое внимание уделено защите несущих ДКК и конструкций из ЛВЛ от эксплуатационных воздействий и возгорания.

Приведены известные и разработанные автором методы оценки защитных свойств покрытий для древесины, методика и результаты натуральных климатических испытаний покрытий на образцах и фрагментах конструкций. Описаны результаты мониторинга влажностного состояния несущих КДК в таких крупных объектах, как ЦВЗ «Манеж», крытый конькобежный центр в Крылатском в Москве и др., при проведении которого использована разработанная автором методика оценки влажности древесины с использованием модельных образцов. В книге также уделено внимание вопросам эксплуатации деревянных конструкций и обеспечению их сохранности при транспортировании, складировании на строительной площадке и проведении монтажных работ.

Книга рассчитана на специалистов и научных работников, работающих в области защиты деревянных конструкций, технологов предприятий по производству КДК и заводов деревянного домостроения, сотрудников проектных организаций и преподавателей ВУЗов. Она может быть полезной также и для организаций, занимающихся строительством зданий и сооружений с применением деревянных конструкций.

Формат книги 165 x 235 мм, 428 стр.
Ориентировочная цена 700 р.,
цена по предварительной заявке 550 р.
Срок выхода книги июль 2013 г.

Заявки для приобретения направлять по тел./факсу: (499) 976-20-36, 976-22-08
E-mail: mail@rifsm.ru

А.Д. ЛОМАКИН, канд. техн. наук, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко (Москва)

Защита клееных деревянных конструкций в заводских условиях

Защиту клееных деревянных конструкций (КДК) от эксплуатационных воздействий производят преимущественно на предприятиях-изготовителях.

В перечень работ по защитной обработке конструкций входят нанесение грунтовочного антисептика и покровного состава. Грунтовочный антисептик наносят в любом случае, даже когда по условиям эксплуатации необходимости в нем нет. Эта мера вынужденная и вызвана необходимостью предохранить конструкции от возможного поражения плесневыми и окрашивающими грибами в процессе строительства, который по тем или иным причинам может быть весьма продолжителен. В тех случаях, когда известно, что монтаж КДК и устройство кровли проводятся в короткие сроки (2–3 мес) и конструкции не будут длительное время подвергаться атмосферным воздействиям, можно ограничиться только грунтованием. В противном случае нанесение покровных слоев (защитно-декоративных составов или лакокрасочных материалов) считается мерой обязательной.

Огнезащитная обработка конструкций, если она предусмотрена проектом, должна производиться только на месте строительства и после устройства кровли. Это в первую очередь относится к вспучивающимся огнезащитным составам на водной основе, которые не являются водо- и атмосферостойкими. Нарушение этого требования приводит к негативным последствиям (размывание покрытия и необходимость шлифования поверхности с повторной огнезащитной обработкой).

Несущие КДК (балки, прогоны, фермы и др.) могут иметь одинарное сечение или состоящее из двух и более элементов, соединенных в одно целое с помощью клеенных металлических стержней. При этом по конструктивным соображениям элементы могут быть сплочены в одно целое с зазорами или без них.

Большепролетные конструкции, такие как фермы, арки и рамы, транспортируют отдельными монтажными элементами, а укрупнительную сборку осуществляют уже на строительной площадке. Исходя из этого каждый элемент должен быть максимально обработан за-

щитными составами в заводских условиях. Иногда в процессе проведения монтажных работ возникает необходимость производить подгонку конструктивных элементов по месту (чаще всего эта операция связана с торцевкой и подрезкой элементов по длине). В таких случаях уже на строительной площадке производят дополнительную защитную обработку обнажившихся поверхностей элементов теми же составами, которыми они были обработаны на заводе.

Качество защитной обработки элементов конструкций во многом зависит от подготовки поверхности.

После склеивания элементы КДК подвергают фрезерованию на рейсмусовых станках и торцеванию в соответствии с детализированными чертежами. При этом шероховатость поверхности древесины R_m по ГОСТ 7016–82* должна быть не более 200 мкм. Обязательным условием является обработка кромок элементов радиусной фрезой с образованием закругления радиусом не менее 10–12 мм. Такая мера преследует две цели: снижение касательных напряжений в покрытиях, имеющих максимальное значение у кромок элементов, которые приводят к отслаиванию; снижение интенсивности обугливания ребер сечений, скругление которых при воздействии открытого пламени наблюдают через 10–15 мин после начала карбонизации древесины (рис. 1, а). Скругление ребер элементов снижает также вероятность повреждения их при строповке (появление отщепов и задиров) в процессе погрузочно-разгрузочных и монтажных работ. Перед монтажом обнажившаяся после механической обработки древесина должна быть покрыта защитными составами (рис. 1, б).

Обязательным является удаление с помощью ручного электрофрезера гнилых, табачных и выпадающих сучков, крупной червоточины и смоляных кармашков шириной более 10 мм. Отверстия после высверливания сучков заделывают пробками на клею. Направление волокон древесины в пробках должно совпадать с направлением волокон в элементе. Пробки устанавливают также в местах вклеивания металлических стержней

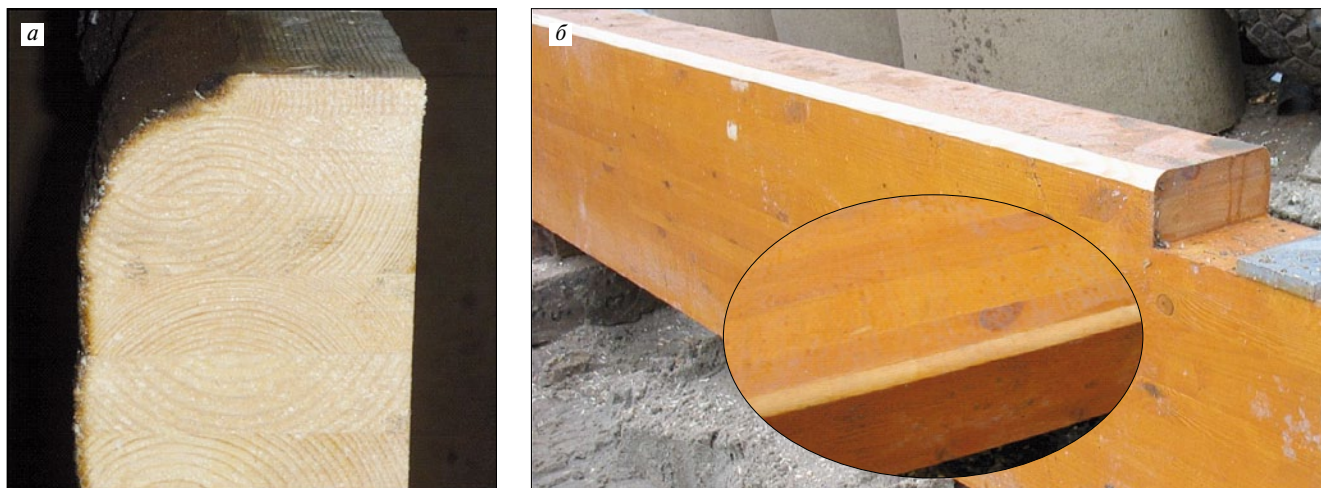


Рис. 1. Скругление ребра клееного элемента при воздействии открытого пламени (а) и снятие фаски на кромке элемента (б)

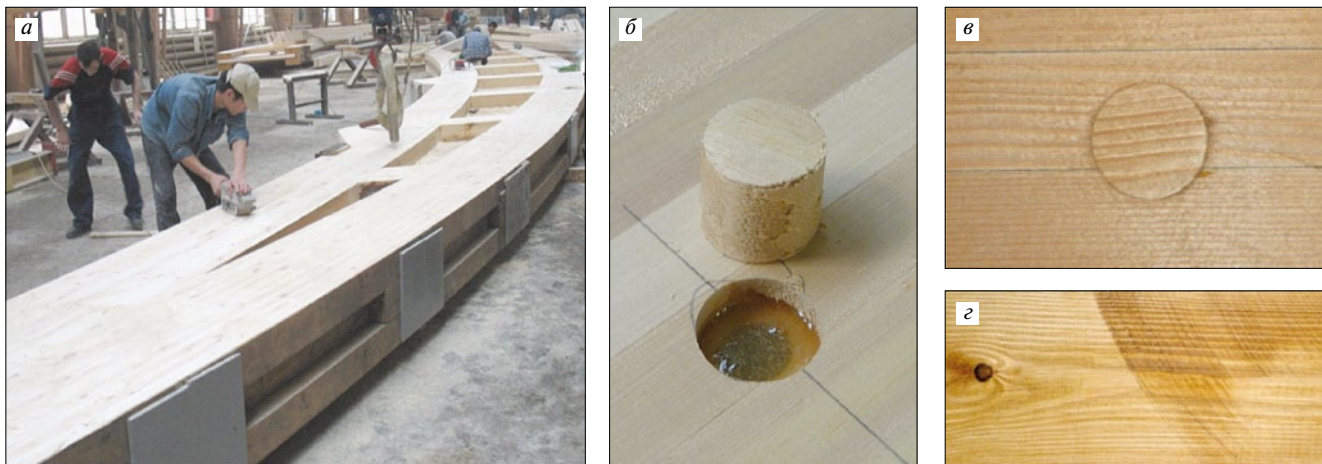


Рис. 2. Подготовка поверхности элемента КДК перед нанесением защитных составов: а – шлифование поверхности ленточной шлифовальной машинкой; б – заделка отверстия пробкой в месте установки металлического стержня; в – поверхность элемента с пробкой после шлифования; г – неравномерное окрашивание древесины в результате шлифования ее поперек волокон

(рис. 2). Там, где были удалены смоляные кармашки, устанавливают планки на клею. Дефектные места, а также участки с установленными деревянными пробками и планками подлежат шлифованию. Общепринятое правило шлифовать поверхность древесины в направлении вдоль волокон на заводах КДК часто нарушают, поскольку при использовании ленточных шлифовальных машинок, обладающих высокой производительностью, в местах зачисток появляются новые дефекты в виде углублений, ложбинок и царапин. Для сравнения, если виброшлифовальная машинка снимает около 1 г в минуту, эксцентриковая — порядка 2,5–5 г, то ленточная — уже 12–15 г/мин.

Для шлифования дефектных мест на заводах КДК чаще используют углошлифовальные машинки, которые шлифуют древесину как вдоль, так и поперек волокон, в результате чего структура поверхностного слоя нарушается. При использовании пигментированных составов древесина окрашивается неравномерно: на участках, где ее шлифовали в направлении поперек волокон, она приобретает более интенсивное окрашивание (рис. 2, д).

Особое внимание следует уделять подготовке к нанесению защитных составов торцевых поверхностей элементов. Видимые поверхности, особенно подвергающиеся атмосферным воздействиям, должны быть шлифованными.

Шлифование торцов способствует быстрому стеканию воды, попавшей на них при эксплуатации на открытом воздухе, а также значительно снижает расход защитных составов. Шлифование торцовых поверхностей производят шкурками № 80, а затем № 100–120. Торцовые поверхности стыкуемых элементов допускается оставлять нешлифованными.

Перед нанесением защитных составов все поверхности элементов, включая торцовые, обеспыливают.

В клееных элементах можно выделить три зоны, к каждой из которых предъявляются свои требования к защитным составам:

- боковые поверхности и нижние грани;
- верхние грани;
- торцовые поверхности, образуемые при опиловке элементов под тем или иным углом, чаще всего под прямым.

Такое деление объясняется тем, что каждая из этих зон в различной степени подвергается эксплуатационным воздействиям и соответственно требует тех или иных мер защиты.

Боковые поверхности элементов КДК обрабатывают грунтовочным антисептиком в два слоя со средним расходом 90–120 мл/м².

Наносят антисептик валиком и кистью с промежуточной сушкой или без нее (способом «мокрый по

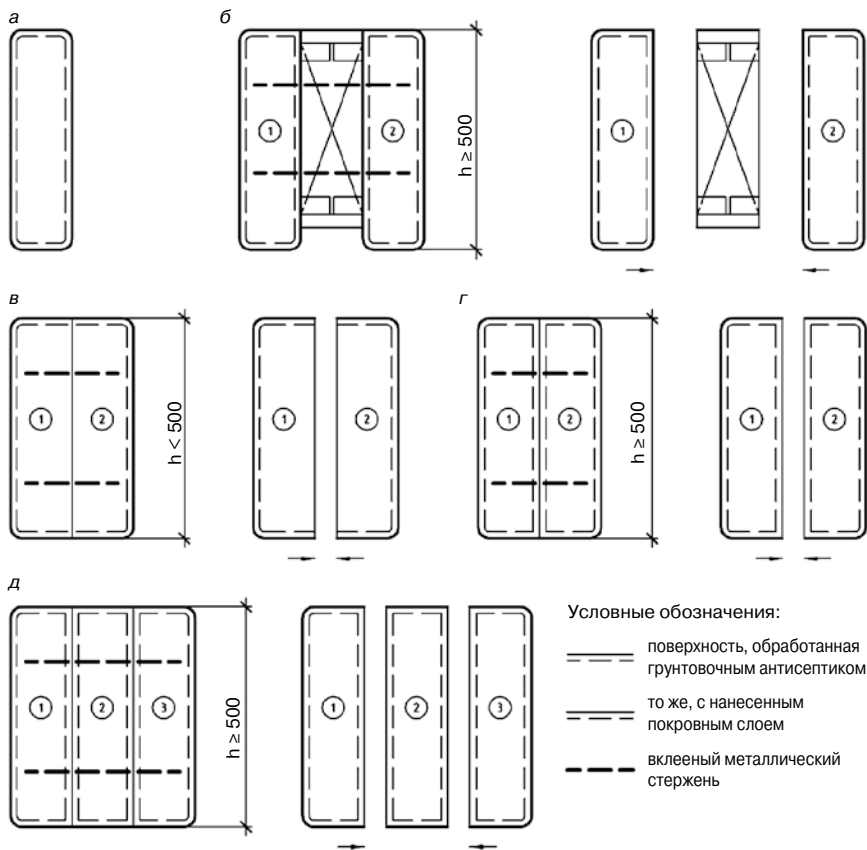


Рис. 3. Принципиальные схемы защитной обработки поверхностей КДК (кроме торцевых), имеющих в сечении: а – один элемент; б – два элемента (спаренное сечение) с зазором между ними; в – два элемента высотой менее 50 см, склеенных между собой; г – то же, высотой более 50 см; д – три элемента высотой более 50 см, склеенных между собой



Рис. 4. Торцы элементов несущих КДК, защищенные эпоксидной шпатлевкой ЭП-0010 (физкультурно-спортивный центр «Строгино», Москва)

мокрому»). При нанесении способом «мокрый по мокрому» антисептик проникает глубже, чем при нанесении его с промежуточной сушкой. При этом сокращается время на обработку [1].

Для нанесения водных грунтовочных антисептиков используют валики с коротким ворсом и кисти с искусственным или смешанным ворсом. Органорастворимые грунтовочные антисептики наносят кистью с натуральным или смешанным ворсом.

Нанесение грунтовочных антисептиков производят вдоль волокон древесины. В направлении поперек волокон допускается только разравнивание антисептика по уже нанесенному слою. На вертикальные поверхности нанесение антисептика начинают снизу, так чтобы образующиеся потоки всегда стекали по уже смоченной поверхности.

При нанесении антисептика валиком необходимо последующее разравнивание нанесенного слоя широкой кистью (особенно это относится к колерованным составом), что способствует более равномерному окрашиванию обрабатываемой поверхности. Разравнивание грунтовочных антисептиков кистью обязательно также при нанесении их на вертикальные поверхности.

В элементах составного сечения высотой более 50 см антисептированию подлежат все поверхности каждого из сплавляемых элементов (рис. 3, з, д). В таких элементах высотой менее 50 см антисептик на сплавляемые поверхности допускается не наносить (рис. 3, в).

После высыхания обработанных грунтовочным антисептиком поверхностей элементов КДК на них наносят покровные слои (защитно-декоративные составы или лакокрасочные). Продолжительность сушки антисептированных поверхностей зависит от вида грунтовочного антисептика и может колебаться от 3–4 до 24 ч при температуре воздуха $20 \pm 2^\circ$.

Покровные слои на КДК, имеющие в сечении один элемент, а также на КДК, сечение которых состоит из двух и более элементов, сплавляемых по ширине с зазором, наносят на все поверхности (рис. 3, а, б). При этом нанесение покровных слоев на элементы, подлежащие сплавливанию, производят на внутренние поверхности до сплавливания.

В зависимости от предполагаемых условий эксплуатации покровные слои наносят в два или три слоя валиком и кистью с общим расходом ориентировочно $100\text{--}150 \text{ мл/м}^2$. При использовании тонированных составов для исключения неравномерного окрашивания обрабатываемой поверхности необходимо соблюдать те же правила, что и при нанесении грунтовочных антисептиков.

Требования к рабочему инструменту для нанесения покровных слоев те же, что и для нанесения грунтовочных антисептиков. Продолжительность межслойной и



Рис. 5. Защита торцов несущих КДК каркаса навеса на санно-бобслейной трассе в г. Сочи комплексным покрытием, не скрывающим текстуру древесины (а), и образцы клееной древесины с этим покрытием после года экспонирования на открытом воздухе под углом 45° к горизонту (б)

окончательной сушки покрытий при нормальных температурно-влажностных условиях должна соответствовать значениям, рекомендуемым производителем защитного средства.

Торцовые поверхности пропитывают водным или органорастворимым грунтовочным антисептиком, который наносят кистью за один раз до насыщения.

После высыхания обработанных антисептиком поверхностей на них наносят влагоизоляционный состав.

В зависимости от условий эксплуатации и требований архитекторов защиту торцов клееных элементов можно производить по одному из трех вариантов.

Вариант 1. Нанесение на торцы эпоксидной шпатлевки ЭП-0010 (рис. 4). Эффективность такого покрытия подтверждена многолетним опытом использования его для защиты торцов несущих КДК в зданиях различного назначения.

Шпатлевку наносят в два слоя. Для первого слоя (грунтовочного) используют шпатлевку, разбавленную на 20% растворителем № 646, которую наносят кистью.

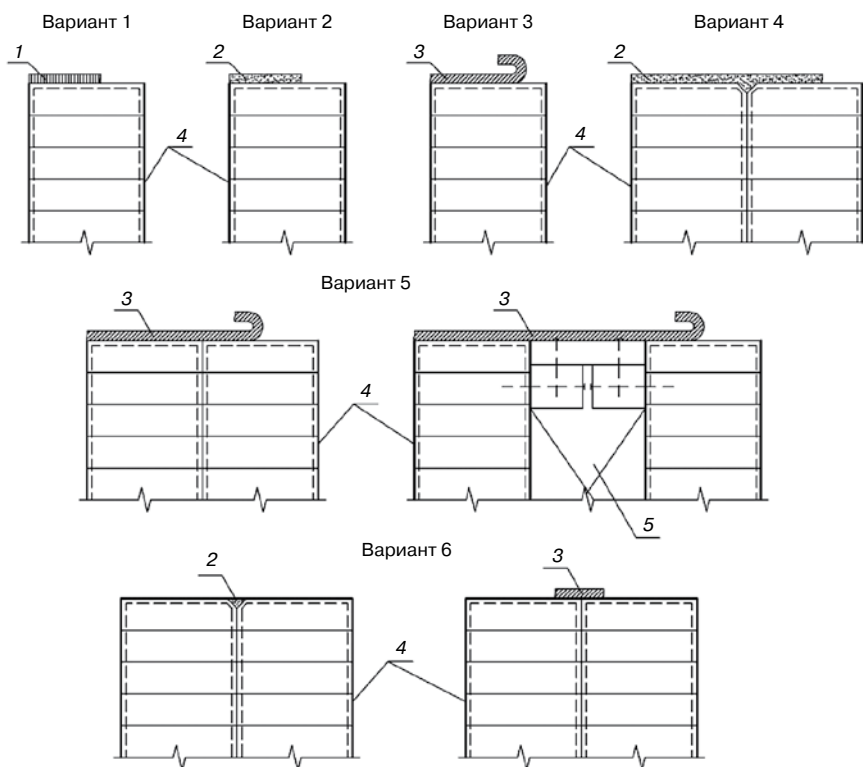


Рис. 6. Варианты защиты верхних граней КДК: 1 – шпатлевка ЭП-0010; 2 – герметик Акцент 125 или Acryl 100; 3 – самоклеящаяся герметизирующая лента Герлен-Д или ЛИПС ЛТ; 4 – деревянный клееный элемент; 5 – вставка между сплавляемыми элементами; 6 – доска, закрывающая зазор между сплавляемыми элементами (вклеенные стержни условно не показаны)

Расход грунтовочного состава зависит от впитывающей способности и шероховатости обрабатываемой поверхности и составляет 500–800 г/м². Для второго слоя используют неразбавленную шпатлевку, которую наносят через 24 ч шпателем с расходом около 1,5 кг/м².

Вариант 2. Для защиты торцов элементов, находящихся внутри отапливаемых и неотапливаемых помещений, а также под навесом, могут быть использованы акриловые и силиконовые герметики. Герметики наносят шпателем в 1–2 слоя на поверхности, предварительно обработанные грунтовочным антисептиком. Торцы, защищенные акриловыми герметиками, которые обычно выпускают в колерованном виде, можно при необходимости дополнительно окрашивать в другие цвета акриловыми эмалями.

Вариант 3. В некоторых случаях по требованиям архитекторов видимые торцы КДК покрывают составами, не скрывающими текстуру древесины. Так, защита торцов несущих конструкций каркаса над сооружениями санно-бобслейной трассы в г. Сочи (рис. 5) включала



Рис. 7. Строительство санно-бобслейной трассы в г. Сочи. Верхние грани несущих КДК каркаса навеса защищены герметиком Акцент 125

последовательное выполнение следующих операций:

- механическая обработка торцовых поверхностей шлифованием;
- нанесение на торцы грунтовочного антисептика **Akvi wood primer** до насыщения с расходом 500 г/м² с последующей сушкой при нормальных условиях в течение 24 ч;

- нанесение на торцы одного слоя бесцветного водного грунтовочного лака **Pinjalac edge cover** (расход 200 г/м²) с последующей сушкой 3–4 ч;

- нанесение финишного покрытия – бесцветной лазури **Belinka toplasur UV plus** с общим расходом в три слоя около 140 г/м².

Верхние грани КДК в большей степени подвержены негативным воздействиям эксплуатационной среды. В зданиях, где верхние грани могут увлажняться конденсатом, скапливающимся с кровельного покрытия, например в холодных складах руды, которая поступает туда в горячем виде, создаются условия для возникновения гниения древесины. В складах минеральных удобрений на верхних гранях КДК откладываются соли, образующие при увлажнении растворы, которые могут вызывать разрушение наружных слоев древесины.

При больших сроках строительства, когда конструкции длительное время остаются открытыми, их верхние грани подвергаются атмосферным осадкам и воздействию УФ-лучей. Зимой верхние грани КДК покрываются снегом, который при таянии увлажняет древесину. В элементах составного сечения дождевая и талая вода проникает в зазоры между смежными элементами, вызывая разбухание древесины, которое в свою очередь приводит к деформации сечения. Поэтому в ряде случаев дополнительные меры защиты верхних граней несущих КДК от неблагоприятных воздействий крайне необходимы.

Наряду с использованием конструктивных мер защиты верхних граней (антисептированные доски, металлические или пластиковые козырьки и др.), которые выполняют обычно на строительной площадке, в заводских условиях верхние грани конструкций могут быть защищены по одному из вариантов, показанных на рис. 6. Тот или иной вариант выбирают в зависимости от типа конструкции, предполагаемых условий эксплуатации, а также от продолжительности монтажных работ, в течение которых КДК остаются незащищенными от атмосферных воздействий.

Ниже приведено краткое описание технологических операций по защите верхних граней несущих КДК.

Конструкции одинарного сечения защищают по вариантам 1–3.

Вариант 1. На поверхность, предварительно обработанную грунтовочным антисептиком, шпателем наносят один слой неразбавленной эпоксидной шпатлевки ЭП-0010 с ориентировочным расходом 1 кг/м².

Вариант 2. На поверхность, предварительно обработанную грунтовочным антисептиком на водной основе, шпателем наносят один слой акрилатного силиконализованного герметика **Акцент 125**, или **Акцент 136** (ООО «Олива»), или герметика на акрилкаучуковой основе **Acryl 100** (фирма Remmers, Германия). Расход герметика около 1,5 кг/м². Этот вариант защиты верх-



Рис. 8. Защита верхних граней несущих клееных деревянных балок покрытия самоклеящейся лентой Герлен-Д: а – бассейн в Барвихе; б – многофункциональный комплекс семейного отдыха и реабилитации здоровья в Москве

них граней несущих КДК был использован при строительстве навесов на санно-бобслейной трассе в г. Сочи (рис. 7).

Вариант 3. На поверхность, обработанную грунтовочным антисептиком, накатывают самоклеящуюся бутилкаучуковую герметизирующую ленту **Герлен Д** или **ЛИПС ЛТ** (завод «Филикровля», Москва) шириной, соответствующей ширине сечения клееного элемента (рис. 8). Обе ленты с одной стороны дублированы холстом и при необходимости могут быть окрашены алкидными и акриловыми лакокрасочными материалами. Поскольку ленты имеют высокую адгезию не только к чистой древесине, но и к древесине с любым лакокрасочным покрытием, накатывать их можно на поверхность с уже нанесенным покровным слоем. Это важно, если дополнительную защиту верхних граней производят на строительной площадке, а на заводе верхние грани защищены защитно-декоративным или лакокрасочным покрытием.

Конструкции составного сечения, состоящие из двух и более элементов, защищают по вариантам 4–6 (рис. 6).

Вариант 4. В устье между смежными элементами, образованное фасками, вводят герметик с помощью пистолета, а затем шпателем на поверхности, обработанные водным грунтовочным антисептиком, наносят герметик на всю поверхность.

Вариант 5. Защиту верхних граней элементов составного сечения самоклеящейся лентой **Герлен Д** или **ЛИПС ЛТ** производят по всей поверхности после анти-септирования.

Вариант 6. В тех случаях, когда сроки монтажа конструкций небольшие и они остаются незащищенными от атмосферных воздействий не более трех месяцев, достаточно ограничиться герметизацией мест сопряжения сплавляемых элементов с целью избежать попадания в них атмосферных осадков. Этот вариант допускается использовать в конструкциях, предназначенных для эксплуатации в зданиях и сооружениях с нормальным температурно-влажностным режимом, где исключено попадание капельно-жидкой влаги на верхние грани элементов.

В устье, образованное фасками сплавляемых элементов, с помощью пистолета вводят один из герметиков, указанных в варианте 2. После высыхания герметика на верхнюю грань наносят покровный слой.

Вместо акрилового герметика можно использовать самоклеящиеся ленты **Герлен Д** или **ЛИПС ЛТ** толщиной 2 мм и шириной 50 или 80 мм. В этом случае ленту прикатывают либо до, либо после нанесения покровного слоя.

Некоторые отечественные заводы, выпускающие несущие КДК, не имеют специализированных цехов по защитной обработке конструкций. Поэтому все технологические операции по подготовке поверхностей к обработке защитными составами и по нанесению и сушке составов производят на тех же площадях, где изготавливают конструкции. Особую сложность вызывает обработка крупногабаритных конструкций, имеющих большую длину и сечение. Всякие манипуляции, связанные с любыми перемещениями конструкций по цеху и воротами, необходимыми для нанесения защитных составов на все поверхности, причем в несколько слоев, в значительной степени усложняют технологический процесс.

Учитывая специфику производства, на заводах КДК предпочтение отдается составам бесцветным или слаботонированным, так как добиться качественного и равномерного окрашивания больших поверхностей с использованием ручного инструмента, преимущественно валиков и кистей, тонированными составами весьма проблематично. Использовать же распылители для нанесения составов, особенно органорастворимых, по экологическим соображениям и требованиям пожарной безопасности из-за непригодности сборочных цехов для этих целей нельзя.

Если по условиям эксплуатации для защиты КДК могут быть использованы равноценные по своей эффективности водоразбавляемые и органорастворимые составы, то на предприятиях предпочтение чаще отдают первым как по экологическим, так и по технологическим соображениям (резко сокращается весь цикл защитной обработки благодаря коротким интервалам межслойной и окончательной сушки). Однако в ряде случаев решающим фактором в выборе состава играет его стоимость, которая выше у водоразбавляемых составов.

Ключевые слова: клееная деревянная конструкция, шлифование, фрезерование, грунтовочный антисептик, покровный слой, шпатлевка, герметик, герметизирующая лента.

Список литературы

1. Турковский С.Б., Погорельцев А.А., Преображенская И.П. Клееные деревянные конструкции с узлами на вклеенных стержнях в современном строительстве («система ЦНИИСК»). М.: РИФ «Стройматериалы», 2012. 300 с.
2. Ломакин А.Д. Защита древесины и древесных материалов. М.: Лесная промышленность. 1990. 253 с.

А.Г. ПЕРЕХОЖЕНЦЕВ, д-р техн. наук,
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

Моделирование температурно-влажностных процессов в пористых строительных материалах. Часть 5

Определение коэффициентов влагопроводности при совместном переносе жидкой и парообразной влаги по характеристикам их пористой структуры

В реальных условиях сложно разделить потоки парообразной и жидкой влаги. По мере увлажнения материала преобладают те или иные виды влагопереноса. Так, в начальный момент появления конденсата образуются адсорбированные пленки, покрывающие внутреннюю поверхность крупных пор и заполняющие мелкие поры. Перенос влаги на этой стадии увлажнения происходит в виде пара и жидких пленок в порах, свободных от конденсата. При дальнейшем увлажнении постепенно утолщается конденсированная пленка и закупориваются сквозные поры в узких местах. Момент смачивания пленок в узких местах и соответствующие их перераспределения из-за разной кривизны образовавшихся менисков отмечаются на кривых зависимости $a=f(w)$. В дальнейшем наряду с парообразным переносом влаги возможно пленочное течение влаги. При наличии контакта пористого тела с жидкостью, имеющей свободную поверхность, происходит капиллярное впитывание влаги и по мере заполнения пор преобладающим механизмом переноса становится объемное капиллярное течение (фильтрация) жидкой влаги. Таким образом, удельный поток парообразной и жидкой фазы влаги в изотермических условиях будет равен:

$$J = J_1 + J_2, \quad (1)$$

где J_1 – изотермический удельный поток парообразной влаги; $J_2 = J_2^{пл} + J_2^0$ – то же жидкой фазы влаги, равный сумме потоков пленочной и объемной влаги соответственно.

В изотермических условиях между влагосодержанием и относительной влажностью воздуха существует однозначная связь, которая определяется адсорбционной изотермой или изотермой равновесных влагосодержаний при капиллярном испарении. Это позволяет произвести равнозначную замену градиента давления водяных паров на градиент влагосодержаний:

$$(\partial p / \partial x) = (\partial w / \partial p)_T^{-1} (\partial w / \partial x),$$

где $(\partial w / \partial p)_T$ характеризует удельную изотермическую пароемкость материала c_p , которую определяют по изотерме равновесных влагосодержаний $w_0 = f(p/p_s)_T$. После замены градиента и подстановки соответствующих значений параметров для воды получим значение удельного потока парообразной влаги [1]:

$$J_1 = - \frac{1,863 \cdot 10^{-4} (T/273)^{1,81} (0,101/P_B)}{(\partial w / \partial p)_T (1 - p_1/P_B)} \int_{r_0}^{r_{\max}} f_V(r) dr \frac{\partial w}{\partial x}. \quad (2)$$

Общий удельный изотермический поток жидкой и парообразной влаги, отнесенный к градиентам влагосодержаний, получим, подставляя в (1) значения потоков:

$$J = - \left(\frac{1,863 \cdot 10^{-4} (T/273)^{1,81} (0,101/P_B)}{(\partial w / \partial p)_T (1 - p_1/P_B) T} \int_{r_0}^{r_{\max}} f_V(r) dr \frac{\partial w}{\partial x} + \right. \\ \left. + \frac{0,096 \cdot \sigma_r \cdot m_2^S}{\gamma_0 \cdot \eta_r \cdot r_i^2 (\partial w / \partial r)} \int_{r_i}^{r_{\max}} \frac{h_i^3(r)}{r_i} f_V(r) dr + \right. \\ \left. + \frac{0,009 \cdot \sigma_r \cdot m_2^a}{\gamma_0 \cdot \eta_r \cdot r_i^2 (\partial w / \partial r)} \int_{r_0}^{r_{\max}} r_i^2 f_V(r) dr \right) \frac{\partial w}{\partial x}. \quad (3)$$

Коэффициент диффузии влаги a_w , м²/ч, при совместном переносе парообразной и жидкой фаз с учетом пленочной и объемной диффузий получим из (3):

$$a_w = \frac{1,863 \cdot 10^{-4} (T/273)^{1,81} (0,101/P_B)}{(\partial w / \partial p)_T (1 - p_1/P_B) T} \int_{r_0}^{r_{\max}} f_V(r) dr + \\ + \frac{0,096 \cdot \sigma_r \cdot m_2^S}{\gamma_0 \cdot \eta_r \cdot r_i^2 (\partial w / \partial r)} \int_{r_i}^{r_{\max}} \frac{h_i^3(r)}{r_i} f_V(r) dr + \\ + \frac{0,009 \cdot \sigma_r \cdot m_2^a}{\gamma_0 \cdot \eta_r \cdot r_i^2 (\partial w / \partial r)} \int_{r_0}^{r_{\max}} r_i^2 f_V(r) dr. \quad (4)$$

На рис. 1 представлены результаты расчета коэффициента влагопроводности по (4) при совместном переносе влаги для пенобетона (510 кг/м³) и красного кирпича (1700 кг/м³) и данные опыта, полученные О. Кришером и К. Маллером (О. Krisher, К. Mahler) [2] методом капиллярного впитывания влаги со свободной поверхности для пористого бетона (porenbeton 650 кг/м³) и черепицы (dachziegel 1880 кг/м³).

Как видно на рис. 1, данные опытов для сходных материалов хорошо согласуются с результатами расчетов. Это означает, что при использовании методики определения влагопроводности, в основе которой ле-

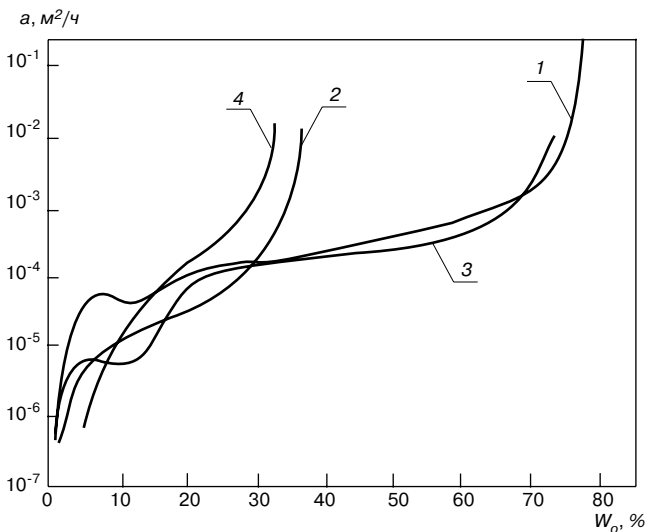


Рис. 1. Сравнение зависимостей коэффициентов диффузии влаги от объемного влагосодержания, полученных из опыта [2] и расчетом по (4): 1 – пенобетон; 2 – красный кирпич (расчет); 3 – пористый бетон; 4 – черепица (опыт)

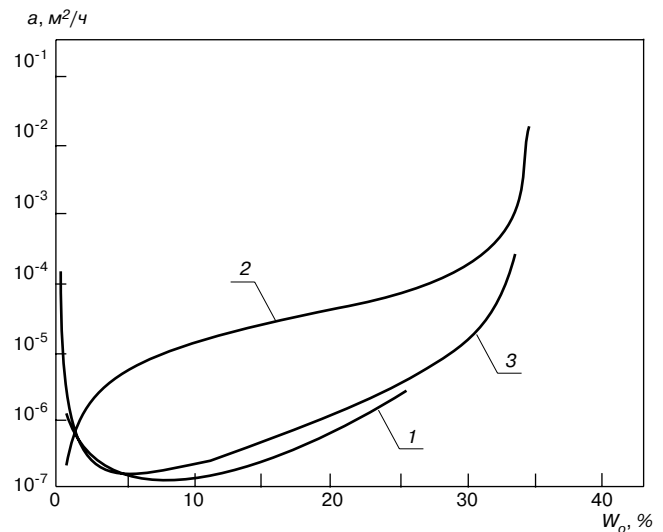


Рис. 2. Сравнение зависимостей коэффициента диффузии влаги от объемного влагосодержания красного кирпича, полученных из опыта (1), расчетом диффузии объемной влаги (2) и совместного переноса паровообразной и пленочной влаги (3)

жит метод капиллярного впитывания, данные результаты соответствуют совместному влагопереносу, включая и фильтрационную составляющую. Однако, как было показано выше, применение коэффициентов влагопроводности, полученных таким образом, для расчета ограждающих конструкций зданий недопустимо, так как недопустимы ограждающие конструкции, имеющие прямые контакты (без гидроизоляции) со свободной поверхностью воды. Поэтому для ограждающих конструкций необходимо применять методики определения коэффициентов влагопроводности, в основе которых лежит процесс испарения влаги (от полного насыщения).

На рис. 2 приведены зависимости коэффициентов диффузии объемной влаги (кривая 2), совместной диффузии паровообразной и пленочной влаги (кривая 3) и данные опыта, полученные методом двусторонней сушки (кривая 1) для красного глиняного обожженного кирпича. Сравнение этих зависимостей показывает, что лишь на начальной стадии увлажнения (до $w_0=1-1,5\%$) вклад потока пара превышает диффузионный поток объемной влаги. При дальнейшем увлажнении коэффициенты диффузии объемной влаги (капиллярной влагопроводности) перекрывают коэффициенты совместного переноса паровообразной и пленочной влаги. Однако опытные данные кривой 1 хорошо согласуются с кривой 3. Это означает, что процесс внутреннего влагообмена происходит в основном вследствие переноса паровообразной и пленочной влаги. Хотя при влажности, близкой к насыщению, значение коэффициента пленочной диффузии приближается к значению коэффициента диффузии объемной влаги.

Вклад отдельных составляющих потока влаги в общий поток для различных пористых материалов различен и зависит от распределения объемов пор по размерам их радиусов. Так, на начальной стадии увлажнения керамзитобетона (примерно до $w_0=5\%$) основной вклад в общий поток влаги дает паровообразная составляющая. При этом коэффициенты объемной и пленочной диффузии на этой стадии увлажнения возрастают, а паровообразной – уменьшаются. Это дает основание предполагать, что по мере заполнения стыковых участков микро- и мезопор подвижность жидкой фазы сохраняется, но при этом часть пор, в которых происходит перекрытие поверхностных сил противоположных стенок, закупоривается для паровообразной фазы. При дальнейшем

увлажнении вклад паровообразной влаги продолжает уменьшаться, а коэффициент пленочной (стыковой) диффузии влаги возрастает до некоторого максимума и затем подвижность пленки резко снижается. По всей видимости, этот максимум соответствует увеличению подвижности пленок в стыковых манжетах, после выравнивания давления в которых она резко уменьшается. Для керамзитобетона этот диапазон увлажнения соответствует влагосодержанию 9–10%. За пределами этого диапазона значения коэффициента фильтрации превышают значения коэффициента пленочной диффузии почти на порядок. Однако при влагосодержании, близком к насыщению, значения коэффициентов пленочной и объемной диффузии вновь приближаются, так как свободная внутренняя поверхность в этом случае резко уменьшается и влагоперенос происходит по принципу диффузии объемной влаги.

Определение изотермического удельного потока влаги, отнесенного к градиентам влагосодержаний по формуле (3) без дополнительных условий сопряжения влагосодержаний на стыках соприкасающихся материалов, ограничено конструкциями, состоящими из одного капиллярно-пористого материала. В многослойных конструкциях на стыке различных пористых материалов значения влагосодержания не равны между собой, поэтому для определения потока влаги через многослойные конструкции необходимо иметь еще граничные условия четвертого рода, т. е. условия сопряжения влагосодержания на стыках различных материалов при термодинамическом равновесии либо привести потоки к потенциалам влажности [3].

Ключевые слова: пористая структура, влагопроводность.

Список литературы

- 1 Лыков А.В. Явление переноса в капиллярно-пористых телах. М.: Гостехиздат, 1954. С. 98–121.
- 2 Кришнер О. Научные основы техники сушки. М.: Изд-во иностр. лит., 1961. 540 с.
- 3 Перехоженцев А.Г. Потенциал переноса влаги влажных капиллярно-пористых материалов // Изв. вузов. Строительство. 1992. № 2. С. 101–104.

Импортный цемент и контрафакт представляют угрозу для безопасности строительства в РФ

По прогнозам аналитиков, потребление цемента в РФ в 2013 г. может составить 70 млн т при росте мощностей по производству цемента до 103 млн т. При этом рост импортного цемента на территории РФ в 2012 г. составил 81% по сравнению с 2011 г., что является самым высоким показателем за последние пять лет. Эта ситуация несет две угрозы. Первая – низкое качество импортного цемента и его несоответствие российским климатическим условиям. Вторая угроза связана с ценовым демпингом, вследствие которого российские производители не получают необходимых средств для модернизации существующих производств и строительства новых заводов. В 2012 г. в Россию цемент импортировался из более чем 40 стран, среди которых Турция, Иран, Китай, где климатические и другие условия (и соответственно требования к характеристикам цемента) значительно отличаются от российских. Так, согласно заключению Испытательно-исследовательского центра строительных материалов, изделий и конструкций ГУП «НИИ «Мосстрой» «...применение

сегодня импортного цемента ведет к снижению прочности характеристик и сроков долговечности строящихся объектов и в ряде случаев должно быть просто запрещено».

Усугубляет проблему то, что в России в настоящее время отменена обязательная сертификация цемента и, как следствие, отсутствие государственного контроля в данном направлении. Импортный цемент не сертифицируется или добровольно сертифицируется только первая партия, а последующие партии не проверяются на соответствие заявленному качеству и могут быть заменены поставщиком на цемент более низкого качества. При этом сертификаты на ряд цементов иностранного производства выдаются сертификационными органами, не имеющими собственных лабораторий, и с наличием грубейших несоответствий требованиям ГОСТа. Следствием является резкое снижение безопасности построенных объектов. По данным экспертов, на настоящий момент контрафактная продукция на рынке тарированного цемента занимает, по разным оценкам, от 20 до 50% в зависимости от региона.

По материалам НО «СОЮЗЦЕМЕНТ»

«Сибцем» намерен увеличить инвестиции в развитие своих предприятий

ХК «Сибирский цемент» («Сибцем», Кемерово) в 2013 г. намерена вложить в развитие своих предприятий 747 млн р. против 543 млн р. в 2012 г. Таким образом, инвестиции возрастут на 37,6%. В том числе в 2013 г. в модернизацию предприятий будет вложено 577 млн р. (в 2012 г. – 343 млн р.), в реализацию экологических программ – 170 млн р. (200 млн р.). На модернизацию ООО «Топкинский цемент» планируется направить 256 млн р. Средства будут вложены в приобретение транспорта (бульдозера Komatsu и двух автосамосвалов БелАЗ), установку весовых дозаторов для клинкера, гипса и шлака на цементную мельницу для точного дозирования компонентов, а также на модернизацию железнодорожных весов, что позволит максимально оптимизировать процесс взвешивания вагонов, унифицировать и автоматизировать учет отгруженного цемента. Кроме того, будет модернизирован тепловоз, задействованный в вывозе продукции «Топкинского цемента»; электроцех предприятия оснастят еще двумя турбокомпрессорами Samsung (в 2012 г. были заменены три аналогичных агрегата), которые позволят снизить себестоимость продукции за счет увеличения объемов производства и сокращения затрат на электроэнергию. На

модернизацию ООО «Тимлюйский цементный завод» холдинг намерен направить 241 млн р. Средства планируется вложить в строительство современного упаковочного отделения, где будут запущены две линии по фасовке цемента в бумажные мешки по 50 кг и мягкие контейнеры. Кроме того, более 100 млн р. будет направлено на освоение расположенного в Бурятии Таракановского месторождения известняка, юго-западный фланг которого планируется ввести в работу летом 2013 г. Только разведанных запасов известняка в 25 млн т достаточно, чтобы обеспечить «ТимлюйЦемент» работой на ближайшие 30 лет.

В модернизацию ООО «Красноярский цемент» в 2013 г. планируется вложить 80 млн р. Значительная часть средств будет направлена на реализацию экологических проектов. В частности, на реконструкцию газоочистной установки цементной мельницы № 8 цеха «Помол», в результате чего на 99% будет сокращено количество выбросов в атмосферу от данного агрегата. Кроме того, в этом же цехе планируется установить рукавный фильтр на сброс клинкера от холодильника на транспортеры. До конца 2013 г. также намечено обновление парка хоппер-цементовозов.

По материалам пресс-службы ХК «Сибирский цемент»

ООО «Зика» в конце марта 2013 г. отметило десятилетие деятельности в России

Компания «Зика» реализует продукцию торговой марки Sika в России – ведущего производителя материалов строительной химии. В настоящее время в России работает два завода по производству добавок в бетон (в г. Лобня Московской области и Санкт-Петербурге) и шесть филиалов в разных регионах страны с центральным офисом в г. Лобня.

ООО «Зика» развивает два масштабных направления – Строительство и Промышленность, которые делятся на четыре структурных подразделения согласно целевому назначению продукции.

В настоящее время готовится к запуску производство ССС в Тверской области, которое будет специализироваться на выпуске составов для устройства промышленных напольных покрытий.

Собственная информация

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

Харьковский машиностроительный завод поставил оборудование для завода во Вьетнаме

ПАО «Харьковский машиностроительный завод «Красный Октябрь» завершило контракт на изготовление и отгрузку комплекта оборудования для одного из кирпичных заводов во Вьетнаме.

В рамках данного соглашения украинское предприятие поставило заказчику помольное и смесительное оборудование для линии по выпуску кирпича.

Вьетнамский рынок является для предприятия одним из наиболее значимых, поскольку на протяжении последних двадцати лет эта динамично развивающаяся страна с хорошей сырьевой базой керамических материалов стала одним из главных заказчиков оборудования для выпуска кирпича.

С 1993 г. завод поставил оборудование для более 100 вьетнамских заводов. Несмотря на сильную конкуренцию, прежде всего с южнокорейскими и китайскими производителями, предприятие оценивает свою долю рынка в этой стране более чем в 70%. Кроме того, успешная работа на рынке Вьетнама открывает двери в соседние страны, такие как Лаос и Камбоджа.

На заводе отмечают, что некоторым вьетнамским заводам в ближайшем будущем потребуется модернизация, и «Красный Октябрь» будет готов принять участие в процессе технического перевооружения этих предприятий, поскольку на заводе уже разработана линейка оборудования последующих поколений.

По материалам ПАО «Харьковский машиностроительный завод «Красный Октябрь»

Правительство Беларуси возместит цементным заводам часть процентов по кредитам

В 2013 г. Правительство Беларуси возместит организациям цементной промышленности страны часть процентов за пользование банковскими кредитами. Согласно постановлению Совета Министров № 213 от 25 марта государство возместит ПРУП «Белорусский цементный завод», ПРУП «Кричевцементношифер» и ОАО «Красносельскстройматериалы» часть процентов за пользование банковскими кредитами, выданными в белорусских рублях, в размере 50% ставки рефинансирования Национального банка, установленной на дату возмещения; в иностранной валюте – в размере 50% ставки по кредиту, определенной в соответствующем кредитном договоре, с возмещением в белорусских рублях по официальному курсу Нацбанка на дату возмещения. Возмещение будет осуществляться за счет средств, предусмотренных в республиканском бюджете на прочие расходы в области промышленности, строительства и архитектуры. Такие меры предпринимаются для обеспечения финансирования и повышения эффектив-

ности работ при реализации инвестиционных проектов по строительству технологических линий по производству цемента и угледобготовительных отделений с переводом действующих технологических линий производства клинкера с природного газа на уголь, инженерной и транспортной инфраструктуры к ним. Условием оказания этим организациям господдержки является выполнение ими в 2013 г. основных целевых показателей прогноза социально-экономического развития Беларуси по темпам роста производительности труда и рентабельности продаж, доведенных в установленном порядке.

Министерству архитектуры и строительства совместно с Государственным комитетом по имуществу предстоит обеспечить в установленном порядке увеличение доли Беларуси в уставных фондах открытых акционерных обществ «Кричевцементношифер», «Белорусский цементный завод» и «Красносельскстройматериалы» на сумму возмещения части процентов за пользование банковскими кредитами в 2013 г.

По материалам информационного агентства «БЕЛТА»

Германское предприятие переносит свое производство в Казахстан

Первое германское предприятие перерабатывающей отрасли – компания Funke Kunststoffe GmbH (Германия) – производитель ПВХ-профилей и ПФХ-труб, поставщик инженерных систем из пластика переносит свое производство из Германии в Казахстан.

Соответствующее соглашение о строительстве завода по производству ПВХ-профилей и ПФХ-труб было достигнуто в 2010 г. при содействии посольства Республики Казахстан в Германии и непосредственном участии Министерства индустрии и новых технологий РК и АО «КазНексИнвест».

Проект, совокупный объем инвестиций которого составит 25 млн евро, подошел в настоящее время к завершающей стадии реализации. Запуск производ-

ства компании Funke-Kunststoffe в Астане ожидается уже в ближайшие месяцы.

Завод, на котором будет занято 80 специалистов, в том числе 28 из Германии, укомплектуют самым передовым технологическим оборудованием, а качество продукции, производимой под торговой маркой компании, будет полностью отвечать международным стандартам. Начиная с июля 2013 г. произведенная в Казахстане продукция начнет активно поставляться на рынок не только Казахстана, но и Восточной Европы и Азии.

Германский инвестор твердо убежден, что открытие производства в Казахстане является важным, достаточно взвешенным и стратегически выверенным решением компании.

По материалам агентства «Казинформ»

Как подготовить к публикации научно-техническую статью



Журнальная научно-техническая статья – это сочинение небольшого размера (до 3-х журнальных страниц), что само по себе определяет границы изложения темы статьи.

Необходимыми элементами научно-технической статьи являются:

- постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами;
- анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и на которые опирается автор, выделение ранее не решенных частей общей проблемы, которым посвящена статья;
- формулирование целей статьи (постановка задачи);
- изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных результатов;
- выводы из данного исследования и перспективы дальнейшего поиска в избранном направлении.

Научные статьи рецензируются специалистами. Учитывая открытость журнала «Строительные материалы»® для ученых и исследователей многих десятков научных учреждений и вузов России и СНГ, представители которых не все могут быть представлены в редакционном совете издания, желательно представлять одновременно со статьей отношение ученого совета организации, где проведена работа, к представляемому к публикации материалу в виде сопроводительного письма или рекомендации.

Библиографические списки цитируемой, использованной литературы должны подтверждать следование автора требованиям к содержанию научной статьи.

НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ:

1. Включать ссылки на федеральные законы, подзаконные акты, ГОСТы, СНИПы и др. нормативную литературу. Упоминание нормативных документов, на которые опирается автор в испытаниях, расчетах или аргументации, лучше делать непосредственно по тексту статьи.

2. Ссылаться на учебные и учебно-методические пособия; статьи в материалах конференций и сборниках трудов, которым не присвоен ISBN и которые не попадают в ведущие библиотеки страны и не индексируются в соответствующих базах.

3. Ссылаться на диссертации и авторефераты диссертаций.

4. Самоцитирование, т. е. ссылки только на собственные публикации автора. Такая практика не только нарушает этические нормы, но и приводит к снижению количественных публикационных показателей автора.

ОБЯЗАТЕЛЬНО следует:

1. Ссылаться на статьи, опубликованные за последние 2–5 лет в ведущих отраслевых научно-технических и научных изданиях, на которые опирается автор в построении аргументации или постановке задачи исследования.

2. Ссылаться на монографии, опубликованные за последние 5 лет. Более давние источники также негативно влияют на показатели публикационной активности автора.

Несомненно, что возможны ссылки и на классические работы, однако не следует забывать, что наука всегда развивается поступательно вперед и незнание авторами последних достижений в области исследований может привести к дублированию результатов, ошибкам в постановке задачи исследования и интерпретации данных.

Статьи, направляемые для опубликования, должны оформляться в соответствии с техническими требованиями изданий:

- текст статьи должен быть набран в редакторе Microsoft Word и сохранен в формате *.doc или *.rtf и не должен содержать иллюстраций;
- графический материал (графики, схемы, чертежи, диаграммы, логотипы и т. п.) должен быть выполнен в графических редакторах: CorelDraw, Adobe Illustrator и сохранен в форматах *.cdr, *.ai, *.eps соответственно. Сканирование графического материала и импорт его в перечисленные выше редакторы недопустимо;
- иллюстративный материал (фотографии, коллажи и т. п.) необходимо сохранять в формате *.tif, *.psd, *.jpg (качество «8 – максимальное») или *.eps с разрешением не менее 300 dpi, размером не менее 115 мм по ширине, цветовая модель CMYK или Grayscale.

Материал, передаваемый в редакцию в электронном виде, должен сопровождаться: рекомендательным письмом руководителя предприятия (института); лицензионным договором о передаче права на публикацию; **распечаткой, лично подписанной авторами**; рефератом объемом до 500 знаков на русском и английском языках; подтверждением, что статья предназначена для публикации в журнале «Строительные материалы»®, ранее нигде не публиковалась и в настоящее время не передана в другие издания; сведениями об авторах с указанием полностью фамилии, имени, отчества, ученой степени, должности, контактных телефонов, почтового и электронного адресов. Иллюстративный материал должен быть передан в виде оригиналов фотографий, негативов или слайдов, распечатки файлов.

В 2006 г. в журнале «Строительные материалы»® был опубликован ряд статей «Начинающему автору», ознакомиться с которыми можно на сайте журнала www.rifsm.ru/files/aytoru.pdf

Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте издательства <http://www.rifsm.ru/page/7>