

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>

Силикатные материалы

А.В. МОНАСТЫРЕВ

Всегда ли нужно закупать оборудование зарубежных фирм для известкового производства 4

Рассмотрены конструкции печей обжига известки, разработанные в СССР, приведены их конструктивные особенности и экономические характеристики. Дан обзор шахтных печей с керамическими кернами зарубежных фирм систем «Ультимос», «Максимум», «Кальцистатик» и аналогичных печей российской конструкции. Приведены основные характеристики и особенности печей компании TERRUZZI FERCALX.

В.И. ЧЕРЕПАНОВ, Е.В. НЕКРАСОВА, Н.А. ЧЕРНЫХ, Ю.Ф. ПАНЧЕНКО

Водостойкость силикатного кирпича 10

Известно, что при хранении образцов силикатного кирпича в воде она проникает в структуру силикатного камня, разъединяя частицы и нарушая сцепление между ними. Обеспечение силикатному образцу воздушно-сухих условий, при которых удаляется вода и восстанавливается структура материала, приводит к восстановлению его прочности. Если бы прочность снижалась вследствие химических реакций, то этот процесс не мог бы быть обратимым. Для подтверждения или опровержения этой гипотезы, а также с целью обоснования утверждений производителей о значительном улучшении характеристик силикатных изделий в результате технического перевооружения производств и совершенствования технологии НП «Ассоциация производителей силикатных изделий» и завод ООО «Инвест-силикат-стройсервис» инициировали исследования по определению влагостойкости на предприятиях силикатной отрасли. Приведены результаты определения водостойкости силикатного кирпича, выявлено увеличение плотности силикатного камня после 100 циклов увлажнения-высушивания. Показаны результаты проведения ДТА и рентгенофазового анализа минералогического состава силикатного камня.

Практический семинар «Производство и применение силикатных изделий в строительстве» – новый формат отраслевого информационного обмена (Информация) 12

Г.В. КУЗНЕЦОВА, Н.Н. МОРОЗОВА

Проблемы замены традиционной технологии силикатного кирпича с приготовлением известково-кремнеземистого вяжущего на прямую технологию 14

Обновление силикатных заводов происходит за счет внедрения нового современного оборудования, что, естественно, может приводить к частичному изменению технологии подготовки силикатной массы. Существующее сырье не всегда позволяет принять новый способ производства. Традиционная технология приготовления известково-кремнеземистого вяжущего с использованием шаровых мельниц для мелких песков – это один из способов получения качественной продукции. Прямой технологии должно соответствовать сырье другого качества. Представлены результаты исследования влияния активности известки и видов песка на сырьевую прочность кирпича при прямой технологии подготовки смеси.

А. БАБЕЛЬ

Дозирование и подача пигментов при окрашивании силикатного кирпича на ООО «Борский силикатный завод» 18

Приведены основные группы пигментов для окрашивания силикатного кирпича в массу. Описан дозатор пигментов типа FLEX 100-1, предназначенный для пяти различных цветов, отличающийся высокой точностью дозирования, экологичностью и быстродействием. Установка оснащена дополнительно фильтр-циклоном, что сокращает весь цикл (дозирование самой известково-песчаной массы в смеситель, подачу пигмента, перемешивание и выгрузку на транспортную ленту готовой окрашенной силикатной массы) до 3 мин.

Е.Н. ФЕДОСЕЕВА, А.Д. ЗОРИН, В.Ф. ЗАНОЗИНА, Л.Е. САМСОНОВА, М.Л. МАРКОВА, Н.М. ГОРЯЧЕВА Железооксидный пигмент из отходов металлургических производств для силикатного кирпича	21
Разработаны основы технологии изготовления железоксидного пигмента из пылевидных отходов металлургических производств Нижегородской области, используемых в качестве сырья. Изучены прочностные свойства силикатного кирпича, окрашенного исследуемым пигментом. Они удовлетворяют требованиям ГОСТ 379–95 на силикатные материалы.	
Неорганические пигменты Vaufergox® для окрашивания силикатного кирпича (Информация)	26
В.В. СТРОКОВА, В.В. НЕЛЮБОВА, Н.И. АЛТЫННИК, И.В. ЖЕРНОВСКИЙ, Е.Г. ОСАДЧИЙ Фазообразование в системе цемент – известь – кремнезем в гидротермальных условиях с использованием наноструктурированного модификатора	
30	
Изучено влияние наноструктурированного модификатора силикатного состава на фазообразование в системе ячеистых композитов автоклавного твердения. Установлено, что реакционно-активный компонент НМ способствует смещению С-С-Н-фазообразования в низкоосновную область. При этом в системе формируется оптимальное соотношение низко- и высокоосновных гидросиликатов кальция, что способствует повышению прочностных характеристик автоклавного газобетона с использованием наноструктурированного модификатора и его долговечности в процессе эксплуатации.	

Материалы и конструкции

Л.К. КАЗАНЦЕВА, Г.И. СТОРОЖЕНКО L.K. KAZANTSEVA, G.I. STOROZHENKO Общие свойства пеностекла из природного сырья Peculiar properties of foamed glass from natural raw material		34
Дано описание природного минерального сырья и способов получения различных видов пеностекла на его основе. Приведен перечень особых видов пеностекла (радиационно-защитное, конструктивное с армированием сетками, акустическое), полученных и запатентованных в Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук. Разработанные способы и составы в настоящее время проходят полупромышленную апробацию, после чего гранулированное пеностекло из широко распространенного кремнеземистого сырья можно будет получать в промышленных масштабах. The paper gives the description of the natural mineral raw material and methods of production of various types of foamed glass on this base. A list of special kinds of the foamed glass (acoustic, radiation protective, structural with mesh reinforcement) is given; these materials were manufactured and patented in the Institute of Geology and Mineralogy SB RAS. Developed methods and compositions are at the moment under semi-industrial testing; finally, the granulated foamed glass from common silica raw material can be produced in industrial scales.		
Аквипанель. Новый взгляд на стены (Информация)		40
А.Д. ЛОМАКИН Усушечные трещины в стеновых бревнах и брусках		42
Классифицированы усушечные трещины в стеновых бревнах и брусках, установлено влияние технологических пропилов на появление и развитие трещин. Приведены сведения о герметиках, используемых для изоляции усушечных трещин и описана технология производства работ по их нанесению.		

Отрасль в современных условиях

Н.И. КАРПЕНКО, В.Н. ЯРМАКОВСКИЙ Основные направления ресурсоэнергосбережения при строительстве и эксплуатации зданий. Часть 2 (продолжение). Ресурсоэнергосбережение на стадии монтажа (возведения) конструктивной системы здания и его эксплуатации		46
Представлены основные направления ресурсоэнергосбережения, пути и способы их реализации с конкретными практическими примерами на стадии монтажа конструктивной системы здания (в сборном варианте) или возведения (в монолитном варианте), а также на стадии эксплуатации здания. Приведены примеры снижения металлоемкости конструктивных систем зданий при монтаже сборно-омоноличенного каркаса с усовершенствованными стыками, сокращения расхода арматуры при возведении монолитного каркаса здания, снижения трудоемкости, материалоемкости и энергоемкости технологического процесса возведения наружных ограждающих конструкций при использовании монолитной теплоизоляции из особо легких бетонов. Показано, что переход к ограждающим панелям с наружным и внутренним слоями из конструкционного легкого бетона классов по прочности В12,5 – В15 и средним утепляющим слоем из особо легкого теплоизоляционного бетона будет способствовать ресурсоэнергосбережению на стадии эксплуатации здания.		
О.Д. САМАРИН Еще раз о целесообразности повышения теплозащиты несветопрозрачных ограждений зданий		56
Рассмотрен расчет дополнительных затрат на повышение теплозащиты несветопрозрачных ограждений жилого здания до базового уровня по сравнению с пониженным, допускаемым СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Актуализированная редакция СНиП 23-02–2003. Показано отсутствие окупаемости данных затрат при среднем уровне цен на материалы и тарифов на энергоносители и действующей ставке ипотечного кредита.		

А.А. РУДЫЧЕВ, А.Ю. ЛЫЧЕВ, Е.А. НИКИТИНА

Управление инвестиционной деятельностью предприятия по производству строительных материалов 60

Рассмотрены сущность, подходы, цели, этапы и методы формирования инвестиционной деятельности предприятия по производству строительных материалов. Формирование инвестиционной политики предприятия основывается на анализе рынка продукции, либо уже производимой предприятием, либо новой, намеченной к выпуску. Без комплекса результативных маркетинговых исследований выработка стратегии и на ее базе тактики инвестиционной деятельности фирмы является малоэффективной.

Г.Р. БУТКЕВИЧ, О.Е. ХАРО

Отраслевые конференции как отражение актуальных проблем развития отрасли нерудных строительных материалов 62

Представлены результаты анализа тематики докладов всероссийских научно-практических конференций руководителей и ведущих специалистов нерудных предприятий промышленности строительных материалов. Показано, что в советский и постсоветский периоды произошли существенные изменения приоритетов отраслевого развития. Наиболее острыми проблемами настоящего времени названы вопросы недропользования, тарифная политика естественных монополий и постоянно ухудшающееся состояние отраслевой науки.

Тематический раздел журнала «НАУКА»

Е.И. ЮМАШЕВА, И.В. КОЗЛОВА

Публикационные показатели как зеркало стратегии реформирования российской науки 66

Рассмотрены индекс цитирования и импакт-фактор как расчетные показатели оценки публикационной активности, одного из критериев результативности научной деятельности. Показано, что Российский индекс научного цитирования, созданный на платформе Научной электронной библиотеки, – многофункциональная информационная система, в которую интегрированы также данные из Scopus и Web of Science в настоящее время отражает полный поток российских публикаций и их цитирований. В отличие от баз Scopus и Web of Science, РИНЦ доступен бесплатно. Рассмотрены пути повышения публикационной активности российских ученых и научных организаций.

И.Я. ГНИП, С.И. ВАЙТКУС, С.А. ВЕЯЛИС

Исследование деформативности и прочности полистирольного пенопласта при сдвиге кратковременной нагрузкой с использованием статистического планирования эксперимента 70

Представлены результаты экспериментальных исследований деформируемости и прочности полистирольного пенопласта плотностью 16–24 кг/м³ при сдвиге кратковременной нагрузкой. Методом статистического планирования эксперимента получены математические модели оптимизации толщины пенополистирольных образцов (при длине 200 мм и ширине 100 мм) для определения модуля сдвига и предела прочности. Приведена графическая интерпретация полученных моделей. Определена величина относительного сдвига, соответствующая условному пределу пропорциональности и пределу прочности.

В.Р. ФАЛИКМАН

Наноматериалы и нанотехнологии в производстве строительных материалов 77

Проанализирована ситуация в строительном сегменте рынка наноматериалов и нанотехнологий. Определены основные направления исследований, барьеры и драйверы применения наноматериалов и нанотехнологий в производстве строительных материалов.

О.В. АРТАМОНОВА, Е.М. ЧЕРНЫШОВ

Концепции и основания технологий наномодифицирования структур строительных композитов. Часть 1. Общие проблемы фундаментальности, основные направления исследований и разработок 82

Обсуждаются концепции и основания наномодифицирования структур неорганических строительных материалов в задачах по разработке современных технологий. Рассматривается эволюционный маршрут формирования твердого вещества и обосновывается «арсенал нано» модифицирования структуры.

А.Н. ГРИШИНА, Е.В. КОРОЛЕВ, А.Б. САТЮКОВ

Синтез и исследование устойчивости зелей гидросиликатов бария 91

Предложена методика синтеза наноразмерных гидросиликатов бария. Исследовано влияние температуры синтеза, вида соединения бария и рН среды на кинетику изменения размера частиц зелей гидросиликатов бария. Установлено, что для получения стабильных коллоидных растворов гидросиликатов бария целесообразно использовать щелочные барийсодержащие растворы.

А.А. ГУВАЛОВ, А.В. КАБУСЬ, А.В. УШЕРОВ-МАРШАК

Влияние органоминеральной добавки на раннюю гидратацию цемента 94

Приведены результаты термокинетического анализа начальной гидратации цемента в присутствии комплексной органоминеральной добавки типа суперпластификатор – дисперсный компонент. Результаты показали, что органоминеральная добавка, содержащая в составе суперпластификатор типа полиарилсульфонат и микрокремнезем, в отличие от традиционных добавок подобного типа не замедляет начальную гидратацию цемента.

Б.Я. ТРОФИМОВ, Л.Я. КРАМАР, К.В. ШУЛДЯКОВ

Влияние количества шлака в цементе на морозостойкость тяжелого бетона 96

Показано, что максимальная морозостойкость, в том числе и при замораживании до -50°C пропаренного бетона, достигается при содержании доменного гранулированного шлака в цементе около 50%. Это способствует росту прочности после тепловой обработки, снижает модуль упругости и льдистость бетона.

Новости 102

А.В. МОНАСТЫРЕВ, канд. техн. наук, член НППИ

Всегда ли нужно закупать оборудование зарубежных фирм для известкового производства

В последнее десятилетие появилось достаточно много информации по оборудованию для обжига извести отечественного производства и зарубежных фирм, содержащей данные об устройстве и технико-экономических показателях (ТЭП) работы современных шахтных печей, особенностях их конструкции, требованиях к обжигаемому сырью и стоимости эксплуатации, которые необходимо учитывать при покупке [1, 2, 3]. Несмотря на это, иногда публикуются материалы со слабо аргументированными доводами преимуществ и недостатков шахтных печей отечественной и зарубежной конструкции.

Например, авторы статьи [4] не приводят результатов обследования работающих в России шахтных печей итальянской фирмы TERRUZZI FERCALX SPA и не объясняют причин их неудовлетворительной работы, только сообщают, что пущенная в 2008 г. на Старооскольском КСМ шахтная печь проектной производительностью 200 т/сут была ими доработана. При строительстве печи по проекту ОАО «Липецкстальпроект» в ее зоне обжига был установлен крестообразный керамический керн без подачи в него топлива. В результате работы печи с пятью балочными маслоохлаждаемыми горелками и керном показатели ее работы улучшились: производительность «достигала» 200 т/сут кальциевой извести активностью более 90%, временем гашения 2–5 мин, содержанием остаточного CO_2 5–6% и удельным расходом условного топлива 135–140 кг. Но какие же это хорошие показатели качества извести, если по ГОСТ 9179–77 «Известь строительная» она по содержанию CO_2 относится к третьему сорту! При таком содержании в извести CO_2 ее активность будет 84%, а не 90%. В связи с этим вызывает сомнение и приведенный удельный расход условного топлива, так как охлаждаемые маслом балочные горелки остались и потери тепла с нагретым маслом сохранились. Поэтому сооружение керамического керна в таких печах целесообразно только при условии замены им балочных горелок.

К сожалению, следует отметить, что руководители отечественных организаций недооценивают роль рекламы в получении заказов на внедрение новой техники. В связи с этим необходимо шире и более квалифицированно рекламировать положительные стороны шахтных печей, мельниц, дозирующего, транспортного и другого оборудования известкового производства, эффективно работающего в промышленности, а также находящегося на стадии проектных разработок.

Например, еще в 1970-е гг. в СССР и за рубежом были разработаны достаточно эффективные недорогие шахтные печи, отопляемые природным газом, которые при некоторой проектной доработке в настоящее время могут успешно использоваться для реконструкции действующих печей отечественных предприятий. В частности, это газифицированные шахтные печи конструкции А.В. Монастырева [5], оснащенные консольными фурменными горелками типа ГФИ [6]. На Домодедовском заводе стройматериалов (Московская обл.) в 1971 г. по типовому проекту «Гипрострома» (Москва) были построены и введены в эксплуатацию две шахтные печи производительностью 100 т/сут каждая. В шахте печи установлены две водоохлаждаемые балочные горелки массой 3 т каждая для центрального

ввода топлива в зону обжига и два яруса из 16 диффузионных горелок периферийного ввода топлива [3]. Для обеспечения балочных горелок водой на заводе была построена насосная станция и градирня.

В печах обжигался известняк прочностью 10–40 МПа фракции 40–150 мм влажностью 6–8% со средним химическим составом (%): $\text{CaCO}_3=89,28$; $\text{MgCO}_3=6,12$; $\text{SiO}_2=3,65$; $\text{R}_2\text{O}_3=0,95$; ППП=42,56. Из-за высокой жесткости воды балочные горелки выходили из строя каждые три месяца работы печей. Около года печи работали с производительностью 83,8 т/сут при удельном расходе условного топлива 156 кг и выпускали некондиционную строительную известь, содержащую активные $\text{CaO}+\text{MgO}=68,1\%$ со временем гашения 5 мин, температурой гашения 59°C , остаточным $\text{CO}_2=12\%$.

После выполнения исследовательских работ печи были реконструированы и оснащены установленными в два яруса воздухоохлаждаемыми фурменными горелками типа ГФИ (рис. 1) в количестве 16 шт. и смонтированными в зоне охлаждения в один ярус четыремя фурменными консольными вводами топлива (рис. 3), в которые отдельным вентилятором подавались очищенные от пыли инертные газы (часть отходящих из печи газов) с температурой $115\text{--}120^\circ\text{C}$ [3]. Инертные газы подавались в зону охлаждения печи вместе с топливом для того, чтобы природный газ загорался только в пределах зоны обжига. На рис. 2 приведен общий вид печи после реконструкции [5, 7].

После обучения персонала и наладочных работ печи стали работать с показателями: производительность от 107,4 т/сут (зимой) до 120 т/сут (летом), активность извести 74–78% при остаточном CO_2 5–6%, времени гашения 6–7 мин и температуре гашения $70\text{--}72^\circ\text{C}$. Температура отходящих из печи газов изменялась от 150°C (зимой) до 180°C (летом). Средний удельный расход условного топлива составил 141,7 кг, электроэнергии – 15 кВт·ч. Окупаемость реконструкции двух печей составила менее одного года.

Срок службы защитных фурм периферийных горелок, отлитых из жаропрочной стали марки 35Х23Н7 СЛ,



Рис. 1. Вид периферийной горелки типа ГФИ, установленной в зоне обжига печи, при ее обслуживании обжигальщиком

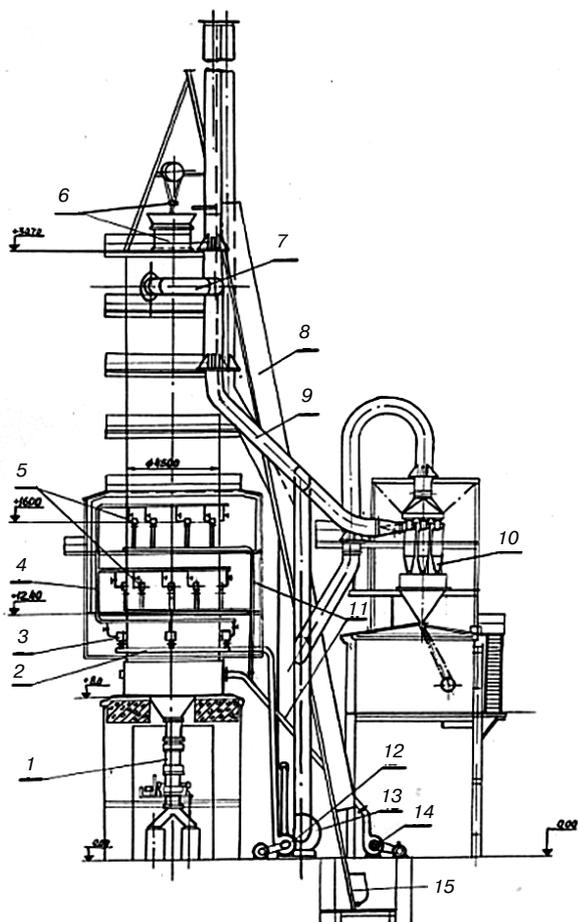


Рис. 2. Шахтная печь «Гипрострома» с охлаждаемыми водой балочными горелками, реконструированная с применением горелок типа ГФИ, производительностью 120 т/сут: 1 – шлюзовой затвор; 2 – коллектор рециркуляционных газов; 3 – устройство фурменное ввода топлива и рециркуляционных газов в приосевую область зоны охлаждения печи; 4 – газопровод; 5 – периферийные горелки типа ГФИ (рис. 1); 6 – двухклапанный механизм загрузки сырья; 7, 9 – трубопроводы отходящих газов печи; 8 – скиповый подъемник; 10 – группа циклонов НИИОГАЗ типа ЦН-15; 11 – трубопровод дутьевого воздуха; 12 – вентилятор подачи рециркуляционных газов в фурмы 3; 13 – дымосос; 14 – вентилятор подачи воздуха; 15 – ковш

носая часть которых выступала в материал на 150 мм, составил 3 года. За 12 лет непрерывной работы двух шахтных печей ни одна из защитных фурм устройства ввода топлива в зону охлаждения печи, отлитых из той же стали, не вышла из строя, что доказывает возможность отливки защитных фурм этих вводов из менее легированной стали.

В первый год работы печей на них были выполнены исследования по определению температуры материала в поперечном сечении зоны обжига печи при помощи специально сконструированного зонда из шести платиновых-платиновых термопар, погружаемого в слой материала. Многочисленные измерения показали, что на уровне верхнего яруса периферийных горелок перепад температуры поверхности кусков материала находится в пределах $\pm 50^\circ\text{C}$ (рис 4, б). Печи, оборудованные только воздухоохлаждаемыми горелками типа ГФИ, работали более 12 лет и были разрушены в перестроенный период.

Усовершенствованные шахтные печи производят производительностью 30, 50, 80, 100 и 150 т/сут, оснащенные консольными фурменными горелками типа ГФИ конструкции А.В. Монастырева, при обжиге чистого известняка (содержание глинистых примесей до 3%) среднекристаллического строения, не растрескивающегося при нагревании до 800°C , фракции 40–80 мм или 80–120 мм обеспечивают неравномерность нагрева материала по

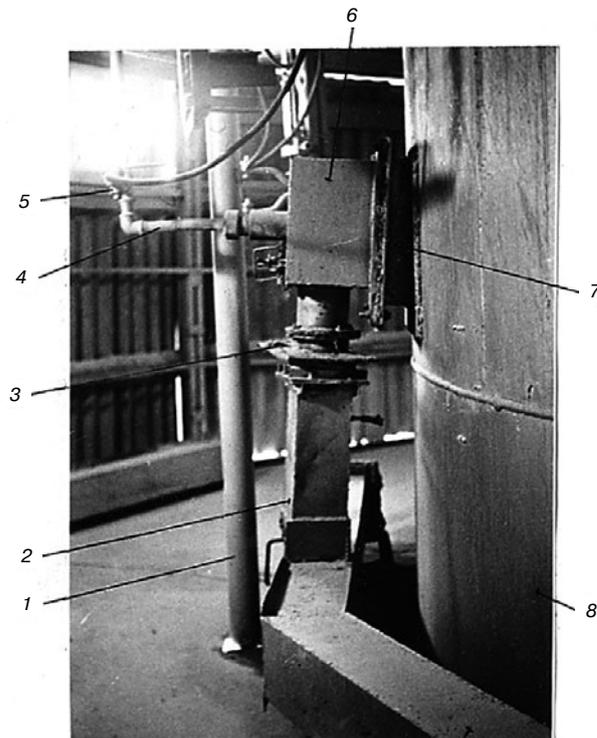


Рис. 3. Устройство фурменное, установленное в зоне охлаждения печи с ее подключением к газопроводу и коллектору рециркуляционных газов: 1 – газопровод; 2 – патрубок отвода рециркуляционных газов к фурменному устройству ввода топлива и рециркуляционных газов; 3 – шибер; 4 – труба; 5 – кран пробковый; 6 – коробка; 7 – фурма монтажная; 8 – кожух печи

поперечному сечению зоны обжига шахты в пределах $\pm 50^\circ\text{C}$ и содержание остаточного CO_2 в пределах 3,5–4%. Получаемая строительная известь содержит 80–86% активных $\text{CaO}+\text{MgO}$ при времени гашения 3–5 мин и температуре гашения $70\text{--}80^\circ\text{C}$.

На печах применены конструкции механизма загрузки известняка, включающие современные двухклапанные затворы, в которых верхним клапаном служит крышка приемного бункера, а нижним – задвижка с электроприводом. Распределение известняка крупной фракции в приосевую область шахты выполняется поворотным сплошным лотком, приводом которого служит электродвигатель с редуктором. Для футеровки в зонах подгрева и охлаждения печей используются шамотные огнеупоры, в зоне обжига – магнетитохромитовые. На трубопроводе отходящих из печи газов установлен теп-

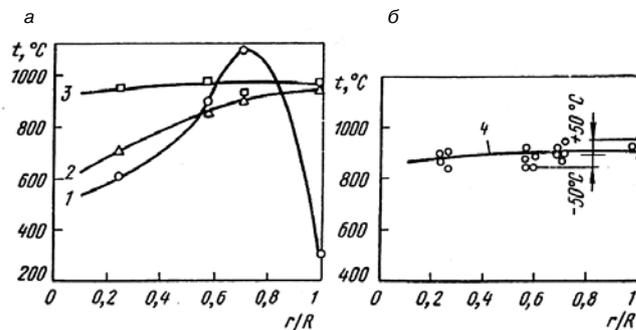


Рис. 4. Кривые распределения температуры поверхности кусков обжигаемого материала в поперечном сечении зоны обжига реконструированной шахтной печи на уровне верхнего яруса периферийных горелок типа ГФИ: а – при пуске печи; б – после выхода на рабочий режим; r – текущий радиус; R – радиус шахты в свету, равный 1,6 м; 1 – при работе только периферийных горелок; 2 – спустя 1 ч после пуска топлива через четыре фурменных устройства в зону охлаждения печи; 3 – через 2 ч после пуска топлива через фурменные устройства; 4 – средняя температура поверхности материала в зоне обжига за 5 сут работы печи

лообменник, в котором воздух, нагретый до температуры 150–180°C, используется в периферийных горелках верхнего яруса. Это снижает температуру печных газов перед пылеочисткой до 180–200°C и расчетный удельный расход условного топлива до 140–145 кг. Удельный расход электроэнергии составляет 16–18 кВт·ч.

Продолжительность службы фурменных устройств типа ГФИ, установленных в зоне обжига для периферийного ввода природного газа, равен 3–4 годам, а установленных в зоне охлаждения печи для ввода топлива в приосевую область зоны обжига – более 12 лет. Окупаемость реконструкции действующей на предприятии печи без наращивания шахты до 1 года, с наращиванием шахты на 4–5 м – 1,5 года; окупаемость строительства новой печи 2–3 года в зависимости от ее размеров.

Шахтные печи с керамическим керном зарубежных фирм. Первые шахтные печи прямоугольного поперечного сечения с одностенным керамическим керном системы «Ультимос» производительностью 50–200 т извести в сутки были разработаны в 1960–1967 гг. инженером В. Асбе (США) и отапливались как газом, так и мазутом [8]. При выпуске извести с остаточным $CO_2=2-2,5\%$ и отоплении мазутом общий расход топлива, включая расход тепла на подогрев и распыление мазута паром, составлял 171,4 кг, что существенно выше показателей работы шахтных печей «Гипрострома» тех лет ($CO_2 = 5-6\%$, расход условного топлива до 200 кг), отапливаемых мазутом.

Дальнейшим развитием печей с керном явилась разработка в 1968–1969 гг. В. Асбе шахтной печи системы «Максимус» (рис. 5). На опорной плите 1 установлена шахта 3, имеющая в поперечном сечении прямоугольную форму [9]. Вертикальные стенки шахты параллельны, не имеют выступов, поэтому не требуют для футеровки огнеупорного кирпича сложной формы, что снижает ее стоимость. В футеровке шахты по ее периметру выполнены в три яруса отверстия. В верхнем ярусе (сечение II–II) в стенках шахты по периметру выполнено 12 отверстий 16 для ввода в слой материала средней части зоны обжига негорючей смеси газов, что способствует снижению температуры возле футеровки шахты. Периферийные горелки расположены в окнах нижнего яруса, расположенного на 2–2,5 м выше начала зоны охлаждения печи. Природный газ T горелок инжектирует вторичный холодный воздух B посредством системы труб с расходом $\alpha=0,5$ (13).

По оси шахты установлен керамический керн, высота которого доходит до половины рабочей высоты шахты. Керн снабжен тремя ярусами каналов для выхода топливной смеси газов через девять отверстий 15 в полости шахты, в которых опускается обжигаемый известняк. Для получения топливной смеси в каналы керна подаются топливо, горячий воздух и рециркуляционные газы в таком соотношении, чтобы содержание CO_2 в смеси составляло 6,5% по отношению к воздуху, что необходимо для предотвращения загорания топлива в каналах керна. Горячий воздух отбирается вентилятором 17 из зоны охлаждения печи при помощи стальной балки 2, рециркуляционные газы отбираются из балки 11 вентилятором 12.

Режим обжига известняка в печи отрегулирован таким образом, что поступающее в нижнюю часть зоны обжига топливо из-за недостатка первичного воздуха, отобранного из зоны охлаждения, сгорает не полностью и температура газов не превышает 1150°C. Продукты неполного сгорания поднимаются по шахте, отдают свою теплоту обжигаемому материалу и, достигнув середины зоны обжига, догорают в слое за счет поступающего через отверстия 16 в шахте вторичного горячего воздуха. Топливная смесь газов, выходящая из отверстий 15 керна верхнего уровня, сгорает в слое материала начала зоны обжига с коэффициентом избытка воздуха

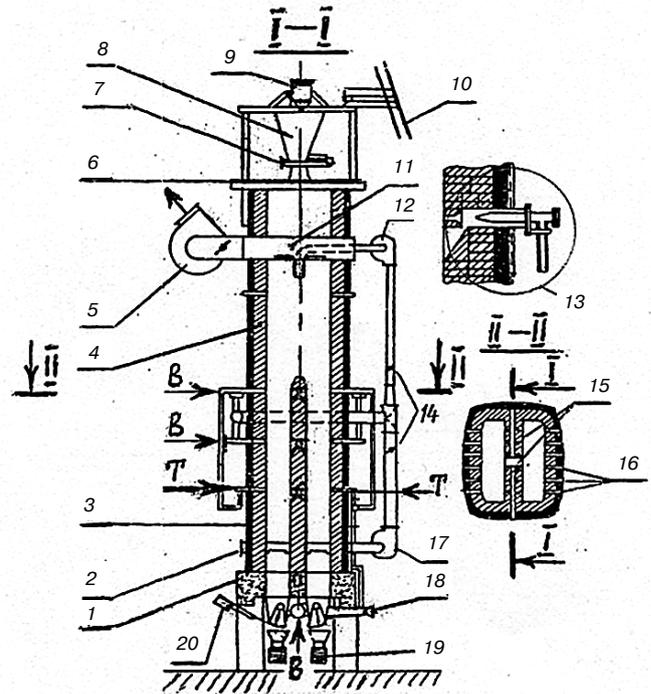


Рис. 5. Шахтная печь В. Асбе «Максимус»: Т – топливо (природный газ); В – воздух; 1 – опорная плита; 2 – балка отбора горячего воздуха; 3 – шахта печи; 4 – футеровка; 5 – дымосос; 6 – плита перекрытия; 7 – клапан-задвижка с приводом; 8 – бункер; 9 – приемная воронка; 10 – скиповый подъемник; 11 – балка центрального отсоса печных газов; 12, 17 – вентиляторы; 13 – устройство инжектирования вторичного воздуха; 14 – заслонка ПРЗ; 15 – отверстия в керне для прохода топлива; 16 – отверстия в футеровке для прохода воздуха; 18 – труба отбора атмосферного воздуха; 19 – конвейер извести; 20 – привод челюстного затвора

$\alpha=1,15-1,2$, развивая температуру газов в материале до 1300–1350°C. Но высокая температура газов не вызывает пережога образовавшихся на поверхности кусков извести из-за интенсивного отвода теплоты на реакцию диссоциации $CaCO_3$.

В результате при отоплении печи природным газом и производительности 100 т/сут выпуск на ней быстрогорящей извести, содержащей остаточный CO_2 менее 2%, сопровождался удельным расходом условного топлива на обжиг в пределах 138–140 кг.

В начале 1978 г. в Италии были введены в эксплуатацию две известеобжигательные шахтные печи системы «Кальцистатик» производительностью по 150 т/сут каждая (рис. 6) [10]. Печи рассчитаны на отопление природным газом или мазутом. Вертикальная ровная шахта печей прямоугольного поперечного сечения не требует применения для футеровки 5 дорогого огнеупорного кирпича сложной формы, что существенно снижает ее стоимость. В футеровке шахты примерно в середине зоны обжига в один ярус (сечение А–А) установлено 14 периферийных камерных горелок 3. Из текста статьи [10] следует, что в камеры горелок 3 подаются горячий воздух и очищенные от пыли в циклоне 13 рециркуляционные газы (часть отходящих из печи газов).

Внутри шахты в виде стенки сооружен керамический керн 4, опирающийся на арку 1. В керне расположены на одном уровне канал и сообщающиеся с ним два ряда отверстий 2 по шесть штук с каждой стороны керна для выхода газообразного топлива в слой материала. Отверстия в керне расположены ниже отверстий периферийных горелок 3.

Доставленное наверх печи подъемником 9 с ковшем 10 сырье сначала поступает в приемный бункер 8, снабженный весовым дозатором, который загружает его дозу в приемную воронку 12. Из воронки сырье по сигналу уровнемера сырья загружается в шахту через

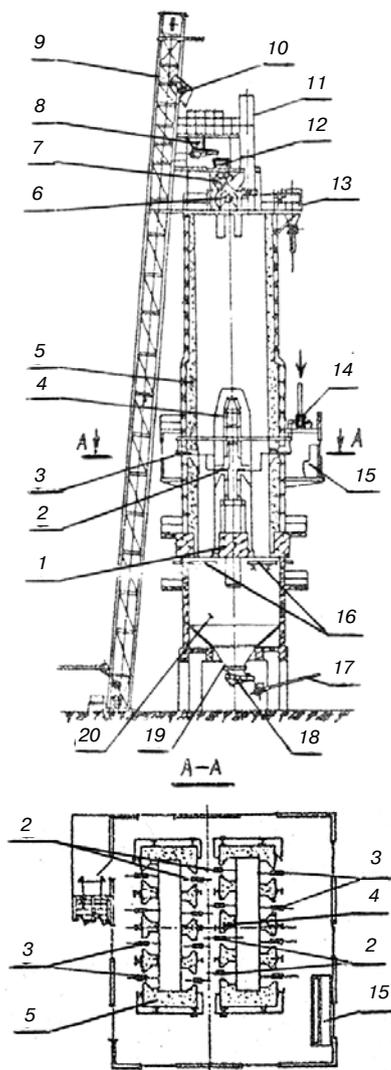


Рис. 6. Шахтная печь с керамическим керном фирмы «Кальцистатик» (Италия): 1 – опорная арка керна; 2 – керновые горелки; 3 – периферийные горелки; 4 – керамический керн; 5 – футеровка; 6 – дымосос; 7 – шлюзовой затвор; 8 – бункер с весовым дозатором; 9 – скиповый подъемник; 10 – ковш; 11 – дымовая труба; 12 – приемная воронка; 13 – циклон пылесодительный; 14 – вентилятор; 15 – пульт и щит КИП; 16 – клапаны выгрузки; 17 – конвейер извести; 18 – питатель; 19 – отверстие выгрузки; 20 – бункер извести.

двухклапанный затвор 7. Поступивший в печь известняк, опускаясь в противотоке с поднимающимся газовым потоком, проходит зоны подогрева и обжига, превращаясь постепенно в известь. Выгрузка извести из зоны охлаждения печи выполняется через два канала, в каждом из которых установлено четыре клапана 16, в результате чего она равномерно выгружается по поперечному сечению шахты. Загрузка печи сырьем и выгрузка извести автоматизированы. Обжигальщик извести контролирует обжиг известняка в печи при помощи приборов КИП и А, расположенных на пульте и щите 15.

В зависимости от требования потребителя извести в печи устанавливается определенный режим обжига. Например, при обжиге чистого известняка фракции 40–90 мм для получения металлургической извести с остаточным CO_2 менее 0,5% в печи устанавливают режим среднего обжига, при котором расход топлива и воздуха для его горения увеличивается, условная скорость газов в зоне обжига печи возрастает и удельный расход основного топлива составляет 140 кг. Для производства стандартной быстрогасящейся извести, применяемой в строительстве, производстве силикатного кирпича, для

сельскохозяйственных нужд или очистки сточных вод, устанавливают мягкий режим обжига с общим аэродинамическим сопротивлением материала в печи порядка 1,5 кПа. При этом режиме содержание в извести остаточного CO_2 доходит до 3%, удельный расход условного топлива снижается до 135 кг, электроэнергии – до 9 кВт·ч.

Основным недостатком шахтных печей с керамическим керном зарубежных конструкций, в результате которого они были постепенно заменены печами другой конструкции, являлся ограниченный срок службы керна, составлявший 1,7–1,8 года.

Шахтные печи с керамическим керном российской конструкции. Новым этапом развития шахтных печей с керамическим керном явилось использование при сооружении керамического керна более стойкого дорогого огнеупорного кирпича марки ПХСУТ («Магнезит», Свердловской обл.) с использованием кладочного раствора, приготовленного на основе самораспространяющегося высокотемпературного синтеза [3], обеспечивающего надежную работу керна в течение 5–7 лет. При этом керамический керн выполняется как в виде одной плоской стенки, диаметрально расположенной в шахте круглого поперечного сечения, так и в виде крестообразной формы. Впервые керамический керн крестообразной формы для шахтной печи диаметром в зоне обжига 4,3 м (в свету) был предложен д-ром техн. наук, профессором Уральского государственного технического университета Я.М. Гордоном [1] и использован при реконструкции и строительстве новых шахтных печей производительностью 100, 150 и 200 т/сут [3].

На рис. 7 приведен общий вид шахтной печи с крестообразным керном конструкции ОАО «Липецксталь-проект» производительностью 200 т/сут, устройство и работа которой подробно описаны [1, 2, 3]. Шахтные печи с крестообразным керном в АПО «Узметкомбинат» (Узбекистан) – одна печь 100 т/сут, на «Северском трубном заводе» (Свердловская обл.) – две печи производительностью 70–100 т/сут, на ОАО «Ижсталь» – одна печь 70–90 т/сут и три печи по 200 т/сут на Николаевском глиноземном заводе (Украина) в настоящее время выпускают быстрогасящуюся известь с содержанием активных $\text{CaO} + \text{MgO} = 89–92\%$ при остаточном $\text{CO}_2 = 2–3\%$ и удельном расходе условного топлива 150–152 кг.

Более высокий удельный расход топлива на обжиг известняка в печах отечественной конструкции по сравнению с зарубежными обусловлен в основном отсутствием отбора из зоны охлаждения печи части горячего воздуха с его использованием в керновых горелках.

Шахтные печи проектной производительностью 200 т/сут фирмы TERRUZZI FERCALX SPA (Италия) [3]. Шахтная печь состоит из вертикальной прямой футерованной шахты прямоугольного поперечного сечения, в зоне обжига которой установлено пять балочных горелок, скипового загрузочного устройства, двухклапанного механизма загрузки, выгрузочного устройства, двух теплообменных аппаратов для подогрева воздуха, идущего на сжигание топлива в балочных горелках, трех вентиляторов для подачи воздуха в печь, дымососа и двух рукавных фильтров.

Поступающий в балочную горелку при температуре 160–170°C первичный воздух получают в рекуператоре за счет охлаждения отходящих печных газов с 300–310 до 175–180°C. Горячий вторичный воздух с температурой 240–250°C получают в другом рекуператоре охлаждением отбираемого из зоны охлаждения печи при температуре 400–410°C запыленного воздуха.

Установленные в два яруса балочные маслоохлаждаемые горелки (две на нижнем ярусе и три на верхнем) позволяют равномерно перекрыть поперечное сечение шахты горячим топливом и образовать в зоне обжига равномерное температурное поле без использования пе-

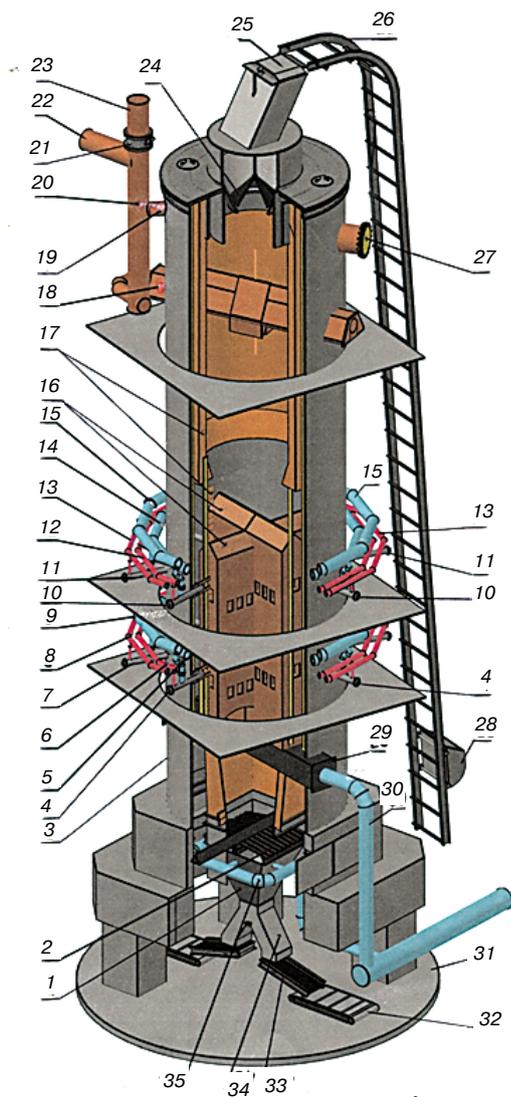


Рис. 7. Шахтная печь с крестообразным керамическим керном конструкции ОАО «Липецкстальпроект» производительностью 200 т/сут: 1 – бункер; 2 – механизм выгрузки; 3 – кожух; 4, 10 – горелки керновые; 5, 14 – коллектор горячего воздуха керновых горелок; 6, 8, 12, 13 – коллекторы топлива керновых и периферийных горелок; 7, 11 – горелки периферийные; 9, 15 – коллектор инертных газов; 16 – керн; 17 – футеровка; 18 – балка отбора печных газов; 19, 20, 22, 23 – трубы печных газов; 21 – заслонка ПРЗ; 24, 25 – клапаны механизма загрузки; 26 – скиповый подъемник; 27 – клапан безопасности; 28 – ковш; 29 – опорная балка; 30 – воздухопровод; 31 – опорная плита; 32 – конвейер; 33 – питатель; 34 – течка; 35 – коллектор холодного воздуха

риферийных горелок. Топливо и горячий первичный воздух, выходящие в слой материала из отверстий нижней части корпуса балки, сгорают не полностью, поэтому в слое материала возле горелки не развивается высокая температура. Горячий вторичный воздух, выходящий из отверстий ее верхней части, способствует дополнительному сжиганию топлива. Двигающийся по шахте вторичный воздух заканчивает полное сгорание. Подача первичного и вторичного воздуха в горелку осуществляется регулятором в расчетных объемах, что исключает химический недожог топлива.

Отбор части воздуха из зоны охлаждения извести приводит к тому, что ниже двух балочных горелок в печи создается слабый прямоток газов и материала. В результате управления по специальной программе гидравлическим режимом в печи на участке шахты между нижним ярусом балочных горелок и балками отбора горячего воздуха создается зона томления извести, в которой она находится примерно 6 ч. В зоне томления при температуре материала в пределах от 1100°C на входе в

зону до 900°C на выходе из нее в сердцевине крупных кусков извести продолжается диссоциация CaCO_3 , доходящая почти до полного разложения за счет накопленного поверхностными слоями CaO тепла, т. е. без затраты топлива. Наличие зоны томления в печи способствует снижению в извести остаточного CO_2 и увеличению содержания в извести кристаллов CaO размером 1,5–2 мкм, что снижает время ее гашения.

Положительными сторонами шахтных печей фирмы TERRUZZI FERCALX являются: низкий проектный удельный расход условного топлива (129–130 кг), достигаемый утилизацией тепла отходящих из печи газов, полным сжиганием в зоне обжига топлива; наличием в печи томильной зоны; автоматический весовой контроль загружаемого в печь известняка и выгружаемой извести, используемый по специальной программе для управления режимом обжига известняка; эффективная очистка газообразных продуктов от пыли. В мире эксплуатируется несколько десятков печей фирмы производительностью 200–400 т/сут.

В России за последние несколько лет построены четыре печи фирмы: две в ЗАО «Известь Сысерти» (Свердловская обл.), одна на Угловском КСМ (Новгородская обл.) и одна на Старооскольском КСМ. При эксплуатации печей проектные показатели не достигнуты. Например, на двух печах ЗАО «Известь Сысерти» средняя производительность печи составляет 170 т/сут при получении извести с содержанием в среднем активных $\text{CaO} + \text{MgO}$ в пределах 82–84%, остаточного CO_2 3–5% при удельном расходе условного топлива 161,35 кг, электроэнергии – 20 кВт·ч. На печи Угловского КСМ результаты еще ниже. При этом на печах упомянутых предприятий уже вышло из строя по одной балочной горелке.

Основной причиной указанных показателей работы печей фирмы TERRUZZI FERCALX SPA считаю не проведенные на них пусконаладочные работы специалистами фирмы с отчетом о проделанной работе.

Список литературы

1. Мадисон В.В., Рязанов В.Т., Гордон Я.М., Абовян П.Р. Опыт промышленного внедрения шахтных печей для обжига известняка, отапливаемых природным газом // *Материалы международной конференции «Теплофизика и информатика в металлургии: достижения и проблемы»* // Екатеринбург, 2000. С. 136–142.
2. Монастырев А.В. Критерии выбора современной шахтной печи при реконструкции или создании нового известкового производства // *Строительные материалы*. 2008. № 11. С. 18–23.
3. Монастырев А.В., Галиахметов Р.Ф. Печи для производства извести. Воронеж: Истоки, 2011. 392 с.
4. Мамаев А.Н., Литвинова Г.Д., Скоков С.А. Совершенствование конструкции шахтной газовой печи для обжига известняка фирмы Terruzzi Fercalx SPA // *Строительные материалы*. 2013. № 5. С. 36–38.
5. Монастырев А.В. Шахтная печь. А. с. 382896. СССР. Оpubл. Открытия, изобретения. 1976. № 11.
6. Монастырев А.В. Устройство для сжигания газообразного топлива в шахтной печи. А. с. 242026. СССР. Оpubл. Открытия, изобретения. 1969. № 14.
7. Виноградов В.В., Монастырев А.В. Опыт реконструкции шахтных известкообжигательных печей // *Строительные материалы*. 1975. № 1. С. 8–10.
8. Асбе В. Работа печей «Ультимус» // *Rock Products*. 1967. № 7.
9. Асбе В. Печь «Максимус» – результат развития шахтных печей за 50 лет // *Rock Products*. 1969. № 7.
10. Rizzi A. Der Kalkschachtofen «Calcistatic» // *Zement-Kalk – Gips*. 1978. № 4. S. 211–212.

masa

Milestone to your success.

Реклама

Производство силикатного кирпича
и фигурных элементов

Качественное оборудование под заказ

Партнерство с фирмой «Маза» - залог успешного производства строительных материалов.
Благодаря профессиональным и гибким решениям фирма «Маза» ведет своих Клиентов к успеху.
Опыт, надежность и преданность своему делу - основа многолетнего сотрудничества.



www.masa-group.com

Masa GmbH
Werk Porta Westfalica
Osterkamp 2, 32457 Porta Westfalica
Germany
email: info@masa-group.com

В.И. ЧЕРЕПАНОВ, генеральный директор, Е.В. НЕКРАСОВА, заместитель директора по развитию, Н.А. ЧЕРНЫХ, главный технолог, Ю.Ф. ПАНЧЕНКО, заместитель главного технолога, ООО «Инвест-силикат-стройсервис» (Тюмень)

Водостойкость силикатного кирпича

Производство силикатных автоклавных материалов в России зародилось в конце XIX в. Однако массовое развитие производства и применения силикатного кирпича можно отнести к 40-м гг. XX в. Это связано с тем, что долгое время существовало мнение о его низкой водостойкости и морозостойкости.

Еще в 60-х гг. Б.Г. Скрамтаевым, И.А. Якубом и А.Т. Королевой были проведены исследования водостойкости автоклавных силикатных материалов и установлено, что у образцов после 30- и 90-суточного пребывания в воде уменьшается предел прочности при сжатии по сравнению с первоначальной. Для выяснения возможности восстановления прочности часть образцов после 30-суточного хранения в воде выдерживали в течение 60 сут в воздушно-сухих условиях. Предел прочности при сжатии этих образцов восстанавливался. Авторы объясняли это тем, что при хранении образцов в воде она проникает в структуру силикатного камня, разъединяя частицы и нарушая сцепление между ними. Обеспечение силикатному образцу воздушно-сухих условий, при которых удаляется вода и восстанавливается структура материала, приводит к восстановлению его прочности. Если бы прочность снижалась вследствие химических реакций, то этот процесс не мог бы быть обратимым [1].

Для подтверждения или опровержения этой гипотезы, а также с целью обоснования утверждений производителей о значительном улучшении характеристик силикатных изделий в результате технического перевооружения производств и совершенствования технологии, НП «Ассоциация производителей силикатных изделий» и завод ООО «Инвест-силикат-стройсервис» инициировали проведение исследований по определению влагостойкости на предприятиях силикатной отрасли. При этом были выбраны две методики: первая – ускоренная, характеризующая водостойкость коэффициентом размягчения; вторая – показывающая изменение свойств кирпича после определенного количества циклов увлажнения-высушивания [2].

В настоящее время имеются данные о проведенных исследованиях по ускоренной методике на ОАО «Яро-

славский завод силикатного кирпича», ООО «Комбинат строительных материалов» (Республика Татарстан, г. Набережные Челны), ООО «Каменск-Уральский завод строительных материалов» (Свердловская обл.), ЗАО «Тверской комбинат строительных материалов № 2», ОАО «Силикат» (г. Гулькевичи Краснодарского края). На заводе ООО «Инвест-силикат-стройсервис» были проведены исследования по обеим описанным методикам.

Результаты определения водостойкости силикатного кирпича плотностью не ниже 1850 кг/м³ и прочностью 17,2–19,6 МПа по ускоренной методике показали, что действительно прочность кирпича в водонасыщенном состоянии снижается на 11% по сравнению с прочностью в сухом состоянии, т. е. коэффициент размягчения составляет 0,89. Такое значение коэффициента размягчения в полной мере позволяет назвать силикатный кирпич плотностью от 1850–1900 кг/м³ и прочностью не ниже 17,2 МПа водостойким материалом.

Результаты испытания силикатного кирпича по второй методике (см. таблицу) показали, что даже после 100 циклов попеременного увлажнения-высушивания прочность кирпича в сухом состоянии практически не изменилась, однако произошло повышение плотности силикатного камня.

Увеличение плотности силикатного кирпича свидетельствует о том, что в силикатном камне происходят химические процессы, сопровождающиеся присоединением вещества. Для установления природы этих хи-

Количество циклов увлажнения-высушивания	Плотность, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа
0	1880	21,6
25	1925	21,3
35	1944	22,5
50	1955	18,6
75	1996	22,2
100	1970	19,9

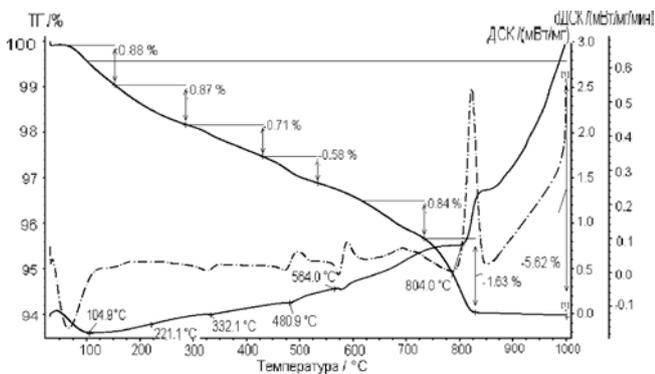


Рис. 1. Дифференциально-термический анализ контрольных образцов силикатного кирпича

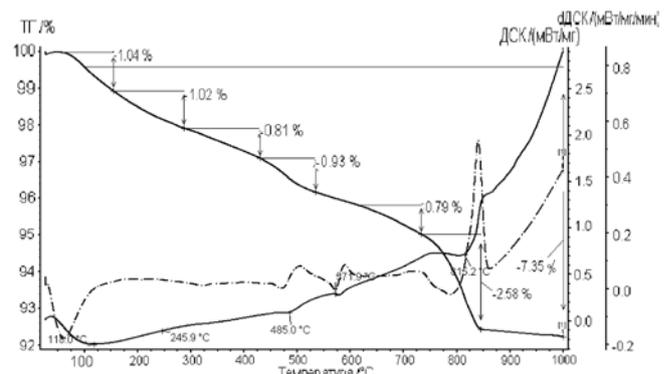


Рис. 2. Дифференциально-термический анализ образцов силикатного кирпича после 100 циклов увлажнения-высушивания

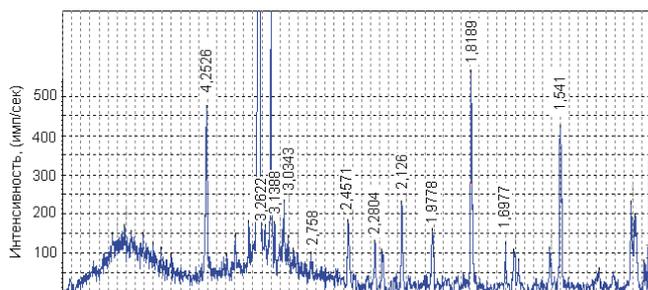


Рис. 3. Рентгенограмма силикатного кирпича до увлажнения-высушивания

мических процессов – карбонизации или гидратации были проведены дифференциально-термические и рентгенографические исследования контрольных образцов кирпича и образцов кирпича после 100 циклов увлажнения-высушивания (рис. 1, 2).

На кривых ДТА интервал температур 430–530°C соответствует разложению $\text{Ca}(\text{OH})_2$. При этом потеря массы контрольного силикатного камня составляет 0,58%, что соответствует разложению 2,38% $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а силикатного камня после 100 циклов попеременного увлажнения-высушивания – 0,93%, что соответствует 3,67% $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Все это свидетельствует о том, что при воздействии попеременного увлажнения-высушивания, по крайней мере до 100 циклов, из силикатного камня не только не вымывается $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а происходит дальнейшая гидратация извести и взаимодействие ее с песком, о чем свидетельствует увеличение содержания гидросиликатов кальция, а именно: С-С-Н (II) с 12,73 до 13,47% (пики на кривой ДТА в интервалах температур 150–300 и

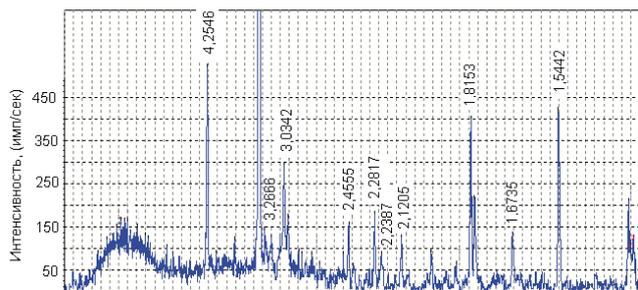


Рис. 4. Рентгенограмма силикатного кирпича после 100 циклов увлажнения-высушивания

610–730°C); тоберморита – с 11,12 до 17,60% (пик на кривой ДТА в интервале температуры 730–829°C). Минералогический состав силикатного камня подтверждается рентгенофазовым анализом, представленным на рис. 3, 4.

Таким образом, обоснованность ограничения применения силикатного кирпича во влажных условиях эксплуатации, обозначенная в СП 15.13330.2010 СНиП II-22–81* «Каменные и армокаменные конструкции», спорна и должна быть доказана путем дальнейшего всестороннего и полного исследования его водостойкости и морозостойкости.

Список литературы

1. Скрамтаев Б.Г., Якуб И.А., Королева А.Т. О водо- и кислотостойкости силикатных материалов // Строительные материалы. 1963. № 12. С. 31–32.
2. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. М.: Высшая школа, 1981. 335 с.

ООО «Евросиликат»
Республика Беларусь, Брестская область, г. Иваново

Продается СИЛОСНЫЙ СКЛАД ЦЕМЕНТА на 800 т
ФУНДАМЕНТНЫЕ ПОДУШКИ под автоклавы

Телефоны:
+375-29-6544576, +375-44-7110503

Реклама



Практический семинар «Продукция силикатных изделий в строительстве»

10–11 сентября 2013 г. в Ганновере (Германия) с успехом прошел практический семинар «Производство и применение силикатных изделий в строительстве», организованный российской Ассоциацией производителей силикатных изделий (АПСИ) совместно с немецким Федеральным союзом производителей силикатных изделий при активном содействии компании MASA (Германия) и информационной поддержке журнала «Строительные материалы»®. В нем приняли участие 35 руководителей и ведущих специалистов силикатных заводов, инженеринговых и машиностроительных компаний, ученые вузов из разных регионов России.

В первый день семинара состоялось пленарное заседание, где участников приветствовал глава немецкого Федерального союза производителей силикатных изделий (ФСПСИ) г-н **Х. Хюбнер**. Он отметил, что благодаря низкой энергоемкости производства, высокой экологичности и потребительским качествам силикатные изделия занимают прочные позиции в современном строительстве, хотя производителям постоянно приходится вести маркетинговую борьбу за свою долю рынка. В Германии всемерному продвижению силикатных материалов большую поддержку оказывает ФСПСИ. В заключение г-н Хюбнер пожелал успехов российским коллегам в обогащении новыми идеями, а также в популяризации силикатных изделий в России под руководством АПСИ.

Как практически во всех технологиях производства строительных материалов, качество силикатных изделий зиждется на качестве сырья. Доклады г-на **В. Эдена** (ФСПСИ) и г-на **М. Кларе** (MASA) были посвящены требованиям к качеству и составу известки, песка и воды. Кроме того, г-н М. Кларе отметил, что хотя силикатные изделия вскоре отметят 125-летие, они являются не только традиционным надежным строительным материалом, но и современным материалом, позволяющим реализовать новые архитектурные решения.

Вопросы механической подготовки и перемешивания силикатной массы стали главной темой доклада г-на **М. Вальтера** и г-на **И. Концурова** (EIRICH). Они рассказали, каким должен быть оптимальный процесс смешивания, чтобы не происходило расслоения материала. Также были представлены различные машины-смесители, рассмотрены конкретные примеры решения производственных задач.

Технологии прессования и проверке однородности и качества отформованных изделий был посвящен доклад г-на **Л. Ниверта** (MASA). Эта тема вызвала много вопросов у участников семинара и дискуссию.



Х. Хюбнер



В. Эден



М. Кларе



Производство и применение силикатных изделий» – новый формат профессионального обмена

Г-н **М. Шеферс** и г-жа **О. Перкуль** (ФСПСИ) рассказали о технологии возведения стен и о новых конструктивных решениях и преимуществах силикатных блоков и крупноформатных силикатных изделий перед мелкоформатными силикатными изделиями. Полезной и познавательной была информация о применении устройств малой механизации на строительной площадке. Подробно был рассмотрен вопрос противопожарной защиты.

По завершении пленарного заседания председатель Ассоциации производителей силикатных изделий **Н.В. Сомов** вручил благодарственные грамоты немецким коллегам за помощь в проведении семинара и поблагодарил за сотрудничество и всестороннюю поддержку.

Выездная сессия второго дня семинара была насыщена впечатлениями. Логично, что первым пунктом программы был машиностроительный завод фирмы MASA в г. Порта-Вестфалика, где выпускается оборудование для силикатной промышленности. Участники семинара познакомились с работой проектно-технологического отдела и, конечно, посетили производственные цеха. Коллеги с огромным интересом наблюдали за процессами изготовления деталей, сборки и наладки собранных прессов и механизмов.

Затем участники семинара отправились на завод по производству силикатных изделий компании Schlammag в г. Ниенбург. И хотя участники семинара – профессионалы высокого класса, тем не менее каждый новый завод вызывает у них живой интерес, они много общаются с коллегами, дискутируют.

В заключение деловой программы участники семинара побывали на строительном объекте в г. Зельце, где наблюдали за использованием крупноформатных силикатных блоков для возведения несущих стен при строительстве семизэтажного здания.

На этом деловая программа семинара была завершена, но ее участники расстаются ненадолго. **VII Международная научно-практическая конференция «Развитие производства силикатного кирпича в России: СИЛИКАТэкс»** состоится 16-17 октября в Екатеринбурге.



В. Эден и Н.В. Сомов (справа)



До скорой встречи, уважаемые коллеги!



И. Концуров и М. Вальтер



Л. Ниверт



М. Шеферс

Г.В. КУЗНЕЦОВА, доцент, Н.Н. МОРОЗОВА, канд. техн. наук,
Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Проблемы замены традиционной технологии силикатного кирпича с приготовлением известково-кремнеземистого вяжущего на прямую технологию

Силикатный кирпич – относительно молодой материал, ему немногим более 100 лет, но за это время технология производства и качество претерпели значительные изменения. Уже нет проблем в получении кирпича высоких марок, на ряде заводов она сейчас достигает 350–400. Морозостойкость кирпича повысилась до 100 циклов. Производственникам удастся получить кирпич широкой цветовой гаммы.

В настоящее время силикатная промышленность подошла к такому рубежу, когда назрела смена устаревшего оборудования на современное, а это, как правило, оборудование зарубежных фирм, которое требует в ряде случаев и коренных преобразований в технологии.

Надо отметить, что существующее в мире производство силикатного кирпича основано на использовании известки гашеной, негашеной и известково-кремне-земистого вяжущего. Вид вяжущего определяет технологию и такую стадию в технологии, как подготовка вяжущего.

Исторически сложилось так, что в нашей стране многие силикатные заводы сами обжигают известь, добывают песок на своих карьерах и др. Поэтому в технологии используется песок одного вида, редко двух. Производимая известь имеет, как правило, низкую ак-

тивность. Все это и требование строителей к марочности кирпича привели к использованию в технологии производства известково-кремнеземистого вяжущего.

В Германии, напротив, технология предполагает получение плотной прессованной упаковки за счет зернового состава песка. Важными добавками являются зерна другой крупности и молотый известняк в количестве ~10%.

В Китае технология производства кирпича основана на использовании золы – однородном мелкозернистом сырье. Здесь учитывают мелкодисперсность системы и содержание кремнезема. Обязательной добавкой в такой технологии является песок.

Для подготовки известково-кремнеземистого, известково-золяного вяжущего российские заводы используют шаровые мельницы, а зарубежные известь мягкого обжига размалывают на вертикальных мельницах.

В настоящее время машиностроительными компаниями Китая представлен широкий спектр мельниц для получения тонкодисперсного продукта в различных отраслях производства (электроэнергетика, металлургия, добыча сырья, химическая промышленность, нефтедобыча, промышленность строительных материалов и др.). Вертикальные мельницы имеют не только преимущественно

Таблица 1

Характеристики песков, применяемых в производстве силикатного кирпича

M _{кр}	Вид остатков	Остатки, %, на ситах №					
		2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	менее 0,16
0,75	частные	–	–	–	3,2	68,4	28,4
	полные				3,2	71,6	100
1	частные	–	0,25	0,25	12	77	10,5
	полные	–	0,25	0,5	12,5	89,5	100
1	частные	–	0,25	1	15,5	64,25	19
	полные	–	0,25	1,25	16,75	81	100
1	частные	3,5	1,5	1,5	17,5	42,5	33,5
	полные	3,5	5	6,5	24	66,5	100
1,29	частные	0,25	1	1,25	25	70	2,5
	полные	0,25	1,25	2,5	27,5	97,5	100
1,35	частные	1	0,5	1,5	34,5	55	7,5
	полные	1	1,5	3	37,5	92,5	100
1,4	частные	0,5	0,75	1,25	40	52,5	5
	полные	0,5	1,25	2,5	42,5	95	100
1,5	частные	0,5	0,5	2	49	45,5	2,5
	полные	0,5	1	3	52	97,5	100
1,6	частные	0,5	0,75	3,25	61	33	1,5
	полные	0,5	1,25	4,5	65,5	98,5	100

Таблица 2
Гранулометрический состав песка дробленого

Вид остатков	Остатки, %, на ситах №						M _{кр}
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	Менее 0,16	
Частные остатки	5,4	11	26	26,75	21,75	9,1	2,24
Полные остатки	5,4	16,4	42,4	69,15	90,9	100	

щества перед шаровыми двухкамерными мельницами, но и недостатки. Главным преимуществом является качество помола, а недостатком – возможность помола только однокомпонентного вяжущего.

Как правило, заводы, работающие по технологии немецких машиностроителей, имеют в комплекте склады песка и силосный склад молотой извести. Поставщики оборудования из Китая предлагают вертикальные мельницы для помола извести и бессилосную технологию. Поэтому, приобретая импортные заводы надо учитывать эти обстоятельства.

Возникает вопрос, а в чем смысл подготовки известково-кремнеземистого вяжущего? Не лучше ли перейти на более простую прямую технологию?

Анализ сырья одного из заводов за 20-летний период показал, что в основном используется песок M_{кр}=0,75–1,6 [1]. Такая картина типична и для многих других предприятий. Гранулометрический состав песков приведен в табл. 1.

Как видно из табл. 1, песок с модулем крупности менее 1 однозерновой, а с модулем крупности более 1 – двухзерновой с разным соотношением фракций. При этом песок крупной фракции является каркасообразующим.

Как альтернативу можно привести пески дробления и пески обогащенные, используемые некоторыми силикатными заводами. Гранулометрический состав таких песков приведен в табл. 2 и 3.

Зерновые составы песков представлены всеми фракциями, что обеспечивает малую пустотность и хорошую упаковку.

Немецкие производители силикатного кирпича используют пески с постоянным или дискретным грануло-

Таблица 3
Гранулометрический состав песка обогащенного

Вид остатков	Остатки, %, на ситах №						M _{кр}
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	менее 0,16	
Частные остатки	8,2	8,4	24,6	45	10,6	3,2	2,49
Полные остатки	8,2	16,6	41,2	86,2	96,8	100	

Таблица 4
Зависимость активности извести от состава

	Состав компонентов извести, % при активности, %					
	36,6	43	50	62	67	75
CaO+MgO	36,6	43	50	62	67	75
CaCO ₃ +MgCO ₃	63,4	57	50	38	33	25

метрическим составом. Отечественные заводы выпускают на своих песках кирпич, соответствующий требованиям строителей. Зерновой состав песков дробления и обогащенных песков (табл. 2, 3) вполне может удовлетворить как требования немецких производителей силикатных изделий, так и ОСТ 21-1–80 «Песок для производства силикатных изделий автоклавного твердения».

Чем ниже активность извести, тем выше доля недожога или известняка и тем меньше брака при производстве. Зависимость активности извести от ее состава приведена в табл. 4.

Доля известняка (недожог) в извести может составлять до 60%. Известково-кремнеземистое вяжущее – это продукт совместного помола извести и песка. Состав его зависит от качества извести. Изменение состава в зависимости от качества извести и соотношения И:П приведено в табл. 5 [2].

Активность вяжущего, используемая заводами, составляет в основном 28–36%. Следовательно, мелкодисперсная составляющая и добавка (62–54%) играет значительную роль в получении плотной упаковки при пресовании. Причем доля известняка составляет 18–40%.

Таблица 5
Влияние качества извести и количества песка на состав известково-кремнеземистого вяжущего

Активность печевой извести	Состав И:П											
	1:0,5			1:1			1:1,2			1:1,5		
	CaO	песок молотый	известняк	CaO	песок молотый	известняк	CaO	песок молотый	известняк	CaO	песок молотый	известняк
48	32	33	35	24	50	26	–	–	–	–	–	–
52,8	35,2	33	31,8	26	50	24	–	–	–	–	–	–
54	36	33	31	27	50	23	–	–	–	–	–	–
56	37,3	33	29,7	28	50	22	–	–	–	–	–	–
60	40	33	27	30	50	20	–	–	–	–	–	–
61,6	41	33	26	30,8	50	19,2	28	54	18	–	–	–
64	42,6	33	24,4	32	50	18	29	54	17	–	–	–
67,5	45	33	22	33,7	50	16,3	30,6	54	15,4	–	–	–
70	46,6	33	20,4	35	50	15	31,8	54	14,2	28	60	12
70,4	–	–	–	35,2	50	14,8	32	54	14	28,1	60	11,9
72	–	–	–	36	50	14	32,7	54	13,3	28,8	60	11,2
79,2	–	–	–	–	–	–	36	54	10	31,7	60	8,3
80	–	–	–	–	–	–	–	–	–	32	60	8

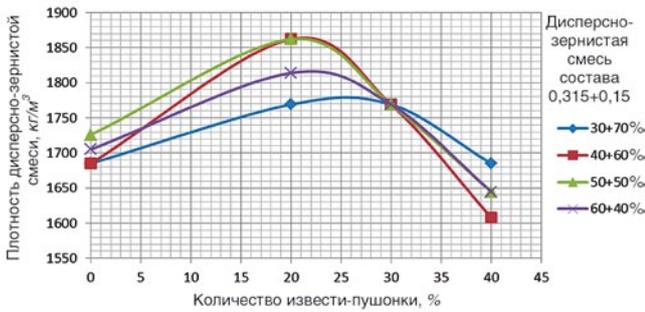


Рис. 1. Влияние количества известки-пушонки на плотность прессованной дисперсно-зернистой смеси с фракциями 0,315+0,16 составов 30+70, 40+60, 50+50, 60+40 %

Исследования [3] мелкодисперсных систем с использованием молотого песка показали увеличение насыпной плотности и достижение максимального значения при содержании дисперсной части 5–25%. В лаборатории КГАСУ на кафедре ТСМИК проведено исследование влияния мелкодисперсной фракции известки-пушонки на плотность дисперсно-зернистой смеси песков (рис. 1).

Из рис. 1 следует, что введение известки и достижение максимального значения плотности происходят при содержании мелкодисперсной гашеной известки 20–25%. Последующее увеличение содержания известки приводит к снижению плотности, то есть происходит раздвижка зерен.

Исследования изменения пустотности, проведенные на прессованных песчаных одно- и двухзерновых смесях, подтвердили полученный ранее результат (рис. 2).

Пустотность прессованных образцов получена расчетным путем. Исходя из графиков можно сказать, что введение известки-пушонки в интервале 20–25% приводит к снижению пустотности, то есть изделие становится более плотным.

Учитывая оптимальный состав формовочной смеси [1], определяемый по формуле $A_{см} = A_{икв} / 4$, можно легко рассчитать содержание молотого известняка в формовочной смеси, которое составит от 5 до 10%. Производственники давно отметили, что лучшая формуемость кирпича достигается с применением известки более низкой активности, это обеспечивается содержанием известняка в смеси.

Как уже отмечалось ранее, известняк обладает клеящими свойствами. В состав вводился молотый известняк в количестве 10–30% с удельной поверхностью $5870 \text{ см}^2/\text{г}$ [2], и на прессованных образцах проверяли сырьевую прочность. Результаты представлены на рис. 3.

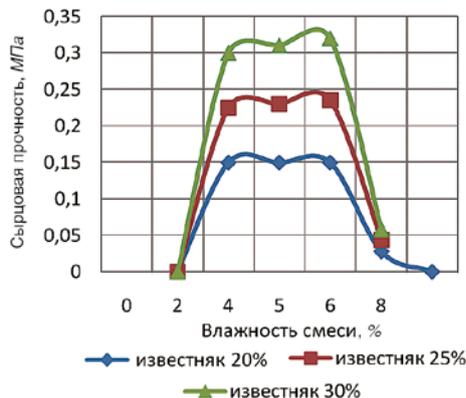


Рис. 3. Влияние добавки молотого известняка на сырьевую прочность силикатного кирпича

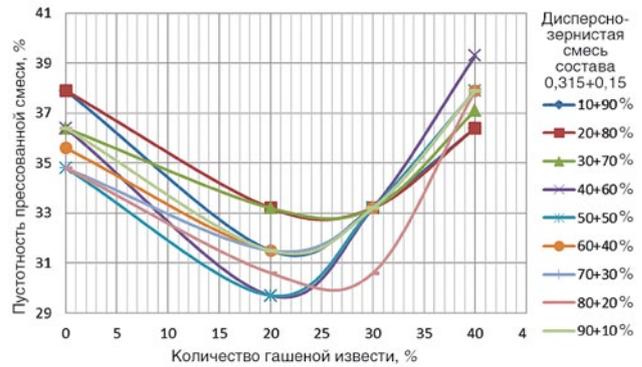


Рис. 2. Влияние количества известки-пушонки на изменение пустотности прессованной дисперсно-зернистой песчаной смеси

При оптимальной формовочной влажности мелкодисперсный порошок известняка участвует в формировании сырьевой прочности. Применение известки более низкого качества обеспечивает получение более высокой сырьевой прочности и отличного внешнего вида кирпича.

Решение о переходе на прямую технологию подготовки сырьевой массы при условии сохранения качества существующего сырья может повлечь ряд вопросов, главный из которых: известь какой активности надо использовать? Если ранее в технологии использовалась смесь активностью 8%, будет ли процесс идти так же? Опыт ряда заводов показал, что нельзя просто перейти на новую технологию. Высокоактивная известка и песок при прессовании дают кирпич-сырец, который характеризуется малой прочностью (разваливается и не снимается с пресса).

Проведенные исследования разных формовочных составов и переменного качества известки показали результаты, которые представлены на рис. 4.

Как видно из графика, для получения из смеси активностью 8% кирпича сырьевой прочности не менее 0,5 МПа возможно использование известки активностью не более 60%. Активность известки от 62 до 82% требует повышения активности формовочной смеси до 10%. Для получения минимальной сырьевой прочности 0,5 МПа необходимо использовать известку активностью 75%, а активность формовочной смеси с песком должна составлять не менее 9,6–9,8%.

Проведено исследование известки одного из силикатных заводов с активностью 43 и 75%. Целью исследования являлось получение оптимальной сырьевой прочности кирпича с использованием обогащенного песка, гранулометрический состав которого приведен в табл. 3.

Как видно из графика (рис. 5), для работы с известью активностью 43% и для получения сырьевой проч-

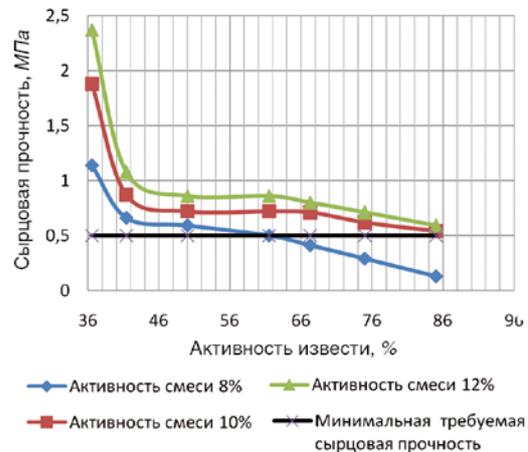


Рис. 4. Изменение сырьевой прочности образцов на двухзерновом песке в зависимости от активности известки и активности формовочной смеси

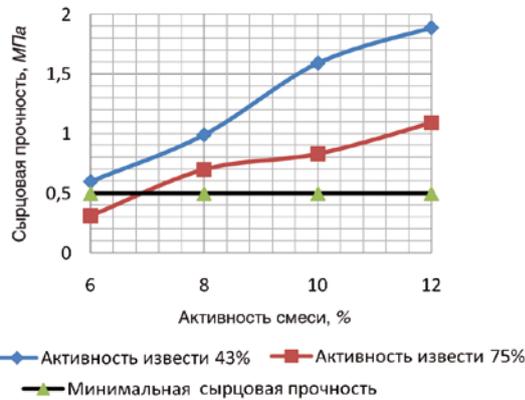


Рис. 5. Изменение сырьевой прочности образцов на обогащенном песке в зависимости от активности извести и активности формовочной смеси

ности кирпича не менее 0,5 МПа нужно получить смесь активностью не менее 6%.

Для работы на извести активностью 75% с получением сырьевой прочности не менее 0,5 МПа необходима активность формовочной смеси не менее 7%.

Для получения стабильных показателей производимого силикатного кирпича требуется использование качественного однородного по свойствам вяжущего. Вяжущее с колебанием активности $\pm 1\%$ является стандартной задачей для шаровых мельниц и требует минимальной автоматизации. Получение же извести с печей при таком колебании активности возможно только при высокой автоматизации печей и качественной подготовки карбонатного сырья, что, как правило, отсутствует у отечественных производителей.

Например, в Омске на заводе «Сибирский эффективный кирпич» из золы готовят ИКВ на извести активностью 56% и получают плохо формуемую смесь с низкой активностью. Опыт предприятий Китая показал, что здесь нужна прямая технология с применением частично песка с высокоактивной известью и гипса, обеспечивающих больше контактов известь–кремнезем и особый способ формования.

Для исследования автоклавной прочности при переезде на прямую технологию была использована известь активностью 43,6 и 75%. Прессованные образцы из смеси активностью 8, 9, 10 и 11% запаривались в разных условиях и при разном давлении. Результаты испытаний приведены в табл. 5.

Как видно из полученных результатов, формовочная смесь с активностью 8% на извести активностью 43–60% при запаривании в автоклаве с рабочим давлением 0,9–1 МПа позволяет получить кирпич марки 150–175. При запаривании с давлением 0,7 МПа тот же состав позволяет получить кирпич марки 125.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- перевод на прямую технологию требует переоценки сырья;
- использование извести II сорта на намывных или барханных песках недопустимо;
- использование одно- или двухзернового песка требует извести с низкой активностью (менее 56%), обеспечивающей поступление известняка в смесь;
- чем чище песок, используемый в производстве силикатного кирпича, тем ниже должна быть печевая активность извести собственного производства;
- прямая технология требует обогащенного песка или песка оптимального зернового состава и содержания фракции менее 0,16 до 10%;
- прямая технология требует ввода тонкомолотого известняка в качестве компонента;

Таблица 6

Результаты испытаний запаренных образцов

Активность извести, %	Прочность запаренных образцов, МПа, при активности формовочной смеси, %			
	8	9	10	11
Давление 0,7 МПа, по режиму 2+10+1,5 ч				
43	13,6	14,8	16,6	–
60	13,7	15,1	15,6	–
75	–	10,3	10,6	14,3
Давление 0,9–1 МПа, по режиму 3+6+1,5 ч				
43	15,5	15,2	16,4	–
60	17,6	20,1	21,1	–
75	–	10,2	17,3	17,6

- для получения кирпича марки не менее 125 требуется рабочее давление в автоклаве не менее 0,9 МПа;
- режим запаривания при давлении 0,9 МПа должен составлять не менее 1,5+6+1,5 ч.

Список литературы

1. Кузнецова Г. В. Оптимизация расчетов составов известково-песчаной смеси для формирования силикатного кирпича // Строительные материалы. 2010. №9. С. 20–24.
2. Кузнецова Г. В., Морозова Н. Н. Влияние компонентов известково-кремнеземистого вяжущего на связность известковой массы для прессования // Строительные материалы. 2012. № 12. С. 25–28.
3. Миронов В. А., Белов В. В., Голубев А. И., Смирнов М. А. Оптимизирование композиций для изготовления строительных смесей. СПб.: РИА Квинтет. 2008. 416 с.



**МИРОВОЙ ЛИДЕР В ОБЛАСТИ ТЕХНОЛОГИЙ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗВЕСТИ**

- Печи для обжига извести Феркалькс
- Печи для обжига извести Беккенбах
- Модернизация шахтных печей
- Установки гидратации извести

Terruzzi Fercalx SPA
Spirano, Italy
e-mail: c.dellai@terruffercalxgroup.com
www.terruffercalxgroup.com
ЗАО «КИАНИТ» – официальный представитель компании Terruzzi Fercalx в России и странах СНГ
Тел./факс: (812) 373-62-39
e-mail: anest126@mail.ru
www.kianit.ru

А. БАБЕЛЬ, компания Würschum GmbH (Германия)

Дозирование и подача пигментов при окрашивании силикатного кирпича на ООО «Борский силикатный завод»

ООО «Борский силикатный завод» (БСЗ) входит в число ведущих предприятий строительного комплекса России. Благодаря использованию высокотехнологичного немецкого оборудования и жесткому контролю качества на всех этапах производства завод на протяжении нескольких десятилетий удерживает лидирующие позиции. Важной составляющей успеха является внедрение новых технологий производства, позволяющих всегда быть на шаг впереди конкурентов.

В настоящее время ассортимент продукции завода включает в себя не только традиционный белый кирпич, но и богатую палитру цветного силикатного кирпича.

Окрашенный кирпич используется для кладки лицевых поверхностей стен. Использование цветного кирпича позволяет воплотить самые смелые архитектурные решения, дизайнерские идеи и находки. Физические свойства, характеристики и принцип производства декоративного кирпича аналогичны белому облицовочному кирпичу, отличие лишь в том, что кроме извести, песка и воды добавляются красящие пигменты. Для получения цветного силикатного кирпича чаще всего применяются порошковые красители неорганического происхождения. Одним из самых распространенных пигментов является оксид железа. Его использование позволяет получать желтый, красный, розовый, коричневый, оранжевый, черный цвета. Иногда для получения оттенков серого — одного из самых распространенных цветов — используют технический углерод. Фталоцианиновые пигменты применяют при получении цветов синей и зеленой групп. К пигментам предъявляется ряд требований. Это щелочестойкость, большая красящая способность, свето- и погодоустойчивость (рис. 1).

Органические пигменты не подходят для окрашивания силикатного кирпича из-за недостаточной щелочестойкости или недостаточной свето- и атмосфероустойчивости. Также непригодными для окрашивания силикатного кирпича являются некоторые виды неорганических пигментов черных и коричневых оттенков, так как при пропаривании происходит изменение цвета в сторону красно-коричневого. Применение гранулированных пигментов для производства силикатного кирпича тоже не рекомендуется. Это вызвано тем, что распределение гранулята в мелкозернистой известково-

песчаной смеси требует намного больше времени и энергии диспергации.

Окрашивание силикатной массы является сложным и трудоемким процессом, поэтому руководство БСЗ приняло решение в пользу автоматизации дозирования пигментов. На стадии проектирования нового цеха по изготовлению силикатного кирпича, введенного в эксплуатацию в первой половине 2013 г., БСЗ обратился в немецкую компанию «Вюршум Гмбх» (Würschum GmbH), специализирующуюся на производстве дозирующих систем для порошковых красителей. Перед компанией Вюршум была поставлена задача по проектированию, изготовлению и монтажу пневматической системы дозирования порошковых пигментов для порционного объемного окрашивания силикатной массы после реактора (рис. 2).

Изготовленный компанией «Вюршум» дозатор пигментов типа FLEX 100-1 предназначен для пяти различных цветов, что позволяет избежать дополнительной прочистки дозирующих узлов при переходе с одного цвета на другой (рис. 3). Подача красителя может производиться как из бумажных мешков вместимостью 25 кг, так и из биг-бэгов (рис. 4). Из-за очень плохой текучести порошковых пигментов для дозирования применяют специальные шнековые питатели. Установка FLEX 100-1 оснащена пятью высокопроизводительными шнеками, управляемыми через частотный преобразователь, плавно регулирующий частоту вращения, что позволяет переключаться со скоростного дозирования при больших объемах на очень точное дозирование при маленьких порциях.

Дозирование и взвешивание пигмента происходит с точностью до нескольких граммов в весоизмерительной емкости, расположенной на высокочувствительных тензодатчиках. После взвешивания порция красителя передается в емкость для пневмоподачи и далее посредством сжатого воздуха через гибкий трубопровод в смеситель.



Рис. 1. Окрашенный силикатный кирпич



Рис. 2. Дозатор порошковых пигментов типа FLEX для пневмоподачи красителя в смеситель



Рис. 3. Дозатор порошковых пигментов типа FLEX 100-1 для пяти цветов, установленный на Борском силикатном заводе

Дозировочное оборудование расположено на уровне земли, что существенно облегчает его обслуживание и загрузку новых порций красителя. Весь процесс, начиная с момента растаривания пигмента в приемный бункер и заканчивая его подачей в смеситель, является полностью герметичным. Это позволяет избежать излишнего пыления и загрязнения территории. Для перемешивания пигмента с силикатной массой используется принудительный смеситель производства компании «Айрих» (Eigich), что дает превосходный результат по скорости и качеству окрашивания силикатной массы (рис. 5).



Рис. 4. Сменный контейнер для загрузки красителями из бумажных мешков

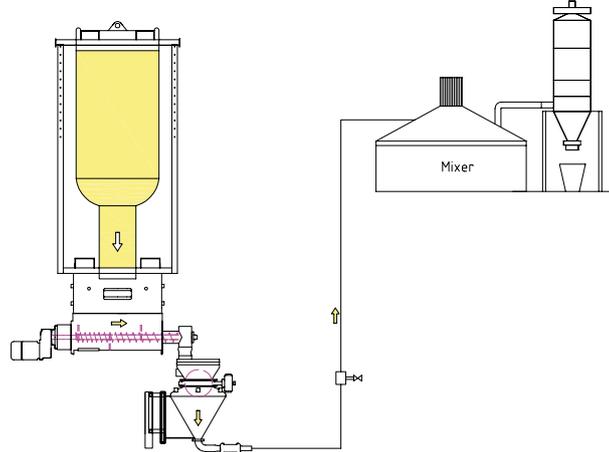


Рис. 5. Принцип работы пневматического дозатора FLEX



Рис. 6. Фильтр-циклон над смесителем для хранения порции пигмента

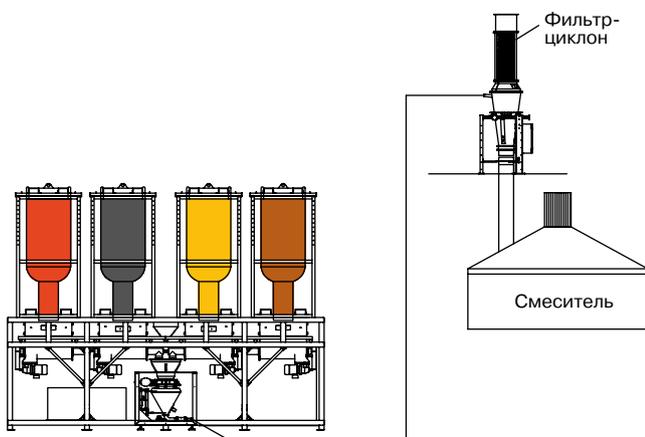


Рис. 7. Схема работы дозатора пигментов с подачей в фильтр-циклон

Успеху проекта способствовала слаженная работа высококвалифицированных специалистов всех задействованных поставщиков оборудования и самого заказчика – Борского силикатного завода. Уже на стадии проектирования между компаниями «МАЗА» (Masa) – поставщика основных силикатных прессов, «Айрих» – поставщика смесительного оборудования и «Вюршум» была проведена обширная подготовительная работа по согласованию циклов работы, объемов дозирования пигментов, размещению оборудования и коммуникации систем управления производством. Одним из важнейших требований к дозатору пигментов было его быстроедействие во избежание простоя остального оборудования. Цикл перемешивания составляет всего 3 мин, причем это время включает в себя дозирование самой известково-песчаной массы в смеситель, подачу пигмента, перемешивание и выгрузку на транспортную ленту готовой окрашенной силикатной массы. Для удовлетворения этому требованию компанией «Вюршум» был смонтирован фильтр-циклон над смесителем, как промежуточное звено для хранения готовой порции красителя (рис. 6, 7). Таким образом, во время подачи одной порции пигмента в смеситель из фильтр-циклона производится параллельное дозирование следующей порции, что сокращает весь цикл до 2,5–3 мин.

Еще одной примечательной особенностью установки для дозирования порошковых пигментов, произведенной компанией «Вюршум», явилась возможность интеграции дозатора в общую систему управления смесителем. Управление дозатором включает в себя сенсорный экран, через который задаются рецепты и параметры дозирования.

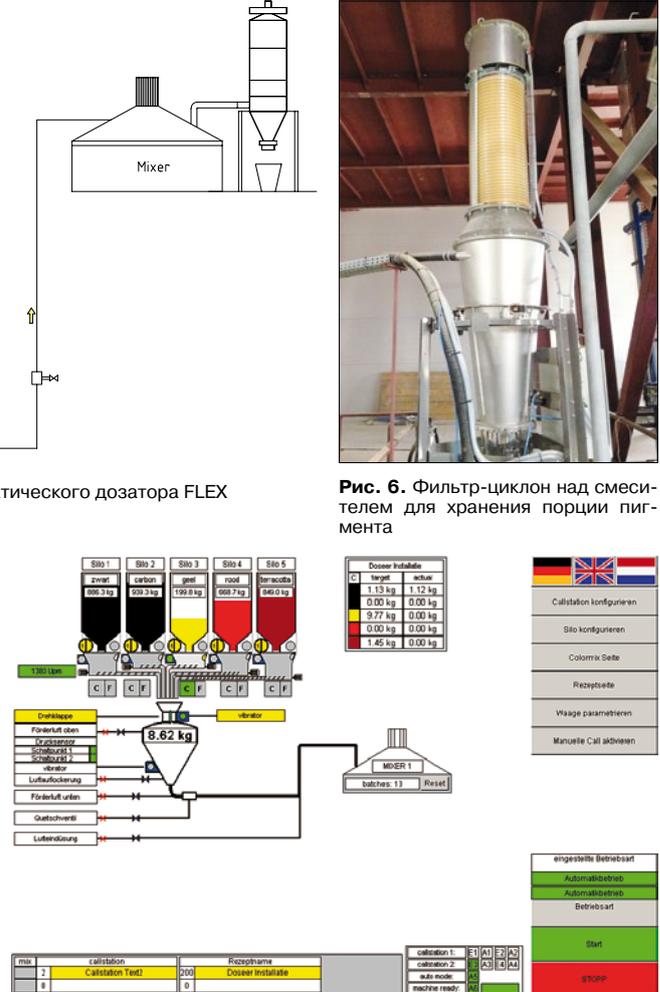


Рис. 8. Система управления с сенсорным экраном



Рис. 9. Готовая продукция



ния, а также отображается текущее состояние. В случае возникновения неисправностей специалисты компании «Вюршум» могут посредством удаленного доступа через Интернет отследить текущее состояние дозатора и устранить ошибку или дать рекомендации по ее устранению. Информация о расходе пигмента и точности дозирования сохраняется в базе данных, что позволяет существенно повысить надежность работы и избежать ошибок (рис. 8).

Применение в новом цехе современного, надежного и высокопроизводительного дозирочного и смесительного оборудования позволило Борскому силикатному заводу вдвое снизить расход красителей по сравнению со старым производством, что оказывается немало-

важным при формировании цены на готовый кирпич (рис. 9). Автоматизация процесса дозирования пигментов повышает экологичность и чистоту производства, позволяет избежать ошибок в дозировании, снизить влияние человеческого фактора, а также гарантирует неизменно высокое качество продукции (рис. 9).

В последнее время производители силикатного кирпича сталкиваются с жесткой конкуренцией со стороны производителей других строительных материалов. Опыт Борского силикатного завода по активному использованию цвета в своей продукции является отличным примером того, как можно в любых условиях развивать и наращивать производство.



WÜRSCHUM
Dosieranlagen · Abfüllmaschinen
Metering Systems · Filling Machines

Würschum GmbH / Hedelfinger Strasse 33 / 73760 Ostfildern / Germany
Tel. +49 711 448130 Fax +49 711 44813110
info@wuerschum.com www.wuerschum.com



**10-12
сентября
2014 г.
Нижний Новгород**

Оргкомитет:
140050, Московская обл.,
п. Красково,
ул. К. Маркса, д. 117,
ВНИИСТРОМ
Телефоны:
(495) 557-30-11
E-mail: gips@rescom.ru
www.rosgips.ru

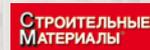
Российская гипсовая ассоциация
Московский государственный строительный университет
ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова
Научно-исследовательский институт строительной физики
ГУП «НИИМосстрой»

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

Тематика конференции:

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

Генеральный информационный спонсор: журнал



Е.Н. ФЕДОСЕЕВА, канд. хим. наук, А.Д. ЗОРИН, д-р хим. наук,
В.Ф. ЗАНОЗИНА, канд. хим. наук, Л.Е. САМСОНОВА, М.Л. МАРКОВА, Н.М. ГОРЯЧЕВА,
инженеры, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Железооксидный пигмент из отходов металлургических производств для силикатного кирпича*

Минеральные пигменты на основе оксидов железа исторически показали свою надежность по показателям долговечности и экологической безопасности. Для производства пигмента мирового уровня качества необходимо использование современных технологий и оборудования и высококачественного сырья. Более дешевые пигменты могут производиться из местного сырья, в том числе вторичного. Приемлемое качество продукции в данном случае может быть обеспечено созданием научно обоснованной технологии, разработанной с учетом местных условий.

Целью настоящего исследования явился выбор подходящих по составу железосодержащих промышленных отходов Нижегородской области и изучение возможности получения из них по общей технологической схеме железооксидных пигментов для использования в строительной индустрии, в частности для окрашивания силикатного кирпича.

Методика проведения эксперимента

Определение компонентного состава отхода производили методами атомно-абсорбционной спектроскопии (спектрофотометр «Шимадзу» АА 7000) и капиллярного электрофореза (Капель 103РТ Люмэкс). Для установления степени полидисперсности и размера частиц использован ряд методик: ситовый анализ по методу определения остатка на сите после сухого просеивания, седиментационный анализ в водной среде с использованием торсионных весов. Для определения формы частиц в отходе и пигменте получены их изображения с помощью электронного микроскопа JEOL JSM-6490 (пределное разрешение по паспорту 2 нм). По полученным изображениям с помощью графической программы отображения и анализа данных сканирующей зонной микроскопии Gwyddion (свободное распространение) проводили дисперсионный анализ наиболее мелких частиц.

При проведении экспериментов силикатный кирпич, окрашенный железооксидным пигментом, изготавливался в заводских условиях. Пигмент в сухом виде вводили в предварительно приготовленную силикатную массу. Смешивание силикатной массы и пигмента производили в стержневом гомогенизаторе с добавлением небольшого количества воды (до увлажнения).

Предел прочности при изгибе и сжатии кирпича силикатного утолщенного лицевого, окрашенного определяли в соответствии с ГОСТ 379–95 «Кирпич и камни силикатные. Технические условия».

Водную вытяжку из измельченного силикатного кирпича получали при перемешивании крошки в дис-

тиллированной воде в течение 60 мин при соотношении кирпич:вода=1:5 с последующим фильтрованием.

Результаты исследования

В металлургическом производстве образуется значительное количество отходов в виде пыли с различным содержанием железа в форме оксидов, высокой степени дисперсности, что характерно для железооксидных пигментов. Этот отход, относящийся преимущественно к 4-му классу опасности, складывается на временных площадках или вывозится на полигон для захоронения. Известно, что железосодержащие отходы находят применение в качестве возобновляемого источника сырья при производстве пигментов [1, 2]. Создание научно обоснованной технологии переработки конкретного

Таблица 1

Компоненты пыли металлургического производства	Содержание, мас. %
Вода	(0–6)±0,3*
Цинк	(10,1–12)±2,4
Хром	(0,1–0,11)±0,03
Марганец	(0–1,5)±0,15
Медь	(0,16–0,2)±0,02
Свинец	(0,26–1,1)±0,2
Никель	(0,02–0,05)±0,01
Железо	(25–32,7)±2,5
Кальций	(6,6–10)±1
Магний	(1,1–14,6)±1,5
Натрий	(0,8–1,2)±0,1
Калий	(0–1)±0,1
Кремний	(2,1–3,5)±0,2
Алюминий	(0,3–1,6)±0,2
Гидроксид-ионы	0,45±0,07
Нитрат-ионы (водорастворимые)	0,003±0,0009
Хлорид-ионы (водорастворимые)	(1,04–11)±1,1
Сульфат-ионы (водорастворимые)	(0,1–1,9)±0,02
pH водной вытяжки (соотношение пигмент:вода=1:5)	10
Кислород	12

* Допустимый интервал концентраций указан для большего содержания определяемого компонента.

* Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, государственный контракт от 19 марта 2013 г. № 14.515.11.0039. Шифр 2013-1.5-14-515-0035-038.

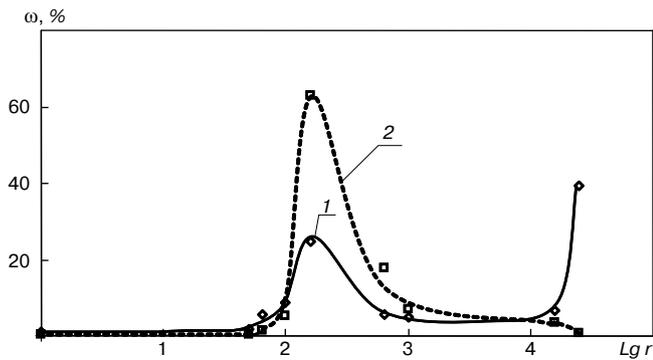


Рис. 1. Фракционный состав исходного отхода – пыли металлургического производства (1) и пигмента железистоокисного на его основе (2); ω – массовая доля фракции, %, в зависимости от размера частиц, представленного в виде десятичного логарифма от размера ячейки сита (r), мкм

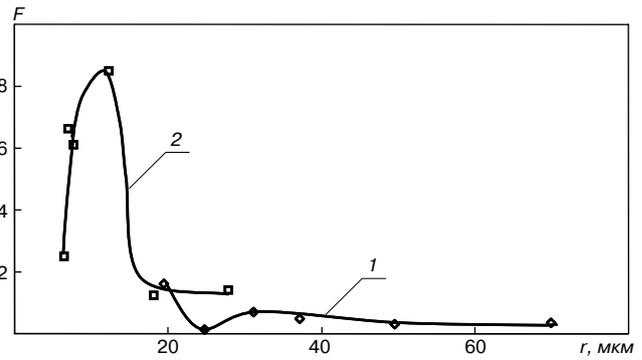


Рис. 2. Дифференциальные кривые распределения частиц по размерам по данным седиментационного анализа исходного отхода – пыли металлургического производства (1) и пигмента на его основе (2)

вида отхода позволяет сделать данный процесс рентабельным.

Пыли металлургических предприятий по химическому и гранулометрическому составу могут изменяться в широких пределах. Чем выше содержание Fe_2O_3 в отходе, тем проще может быть технология его переработки в пигментные материалы и выше их качество. Исследованиями установлено, что пыль, образующаяся в процессе выплавки стали электродуговым способом, отличается практически постоянным составом с содержанием оксида железа (III) порядка 42–45%. Этот же факт отмечается и в [3]. Такая пыль представляет собой порошок темно-коричневого цвета влажностью 0,1–1%.

В работе [4] на основании экспериментальных исследований природных соединений сделан вывод, что наиболее важные особенности пигментных руд обусловлены дисперсностью, преимущественно глобулярной морфологией индивидуальных частиц и низкой степенью кристалличности слагающих руды оксигидроксидных фаз. Увеличение размеров и степени кристаллического совершенства данных фаз ведет к превращению ценного пигментного сырья в рядовые буро-железные руды.

Для установления возможности переработки пыли металлургических производств Нижегородской области

в пигментную продукцию исследовали следующие характеристики: количественный химический состав, гранулометрический состав и дисперсный состав пигмента после операции размола пыли.

Из представленного в табл. 1 компонентного состава исследуемого отхода видно, что содержание железа в нем составляет ~25–33% (в пересчете на Fe_2O_3 ~46%). Наряду с оксидом железа в пыли присутствуют оксиды цинка, кремния, кальция, марганца, натрия, калия, в небольшом количестве – оксид свинца. Оксид железа является основным компонентом в составе пыли. Последняя, таким образом, может быть пригодна в качестве сырья для переработки в пигмент.

Дисперсный состав пылей металлургических производств также может варьировать. Наличие большого количества крупнодисперсных частиц в пигменте неприемлемо, достаточно высокая полидисперсность отходов также ухудшает качество пигментов и ограничивает возможность их применения.

Ситовый анализ показал наличие значительного содержания крупных частиц или агломератов частиц в исходном веществе (рис. 1). Вклад фракции с размером составляющих ≥ 25 мкм достигает ~40 мас. %. Вид кривой распределения частиц по фракциям бимодальный с большой долей частиц диаметром 0,16–0,65 мкм. Поэтому в технологическую схему переработки железосодержащего отхода необходимо введение операции помола. Измельчение пыли проводили в шаровой мельнице. Эффективность помола проверяли теми же средствами.

Из результатов ситового анализа пигмента (рис. 1) видно, что при помоле исследуемого отхода происходит интенсивное измельчение крупных частиц и агломератов с полным исчезновением крупных частиц. Кривая распределения фракций по размерам становится унимодальной с максимумом в той же области 0,16–0,65 мкм. Отсев частиц с размером более 1 мм составляет ~8%.

Характер распределения частиц, составляющих фракцию ≤ 100 мкм, определяли методом седиментации. Анализ представленных на рис. 2 дифференциальных кривых распределения частиц по размерам показывает, что фракционный состав пигмента более однороден – кривая распределения унимодальна с узким максимумом. Наивероятнейший ра-

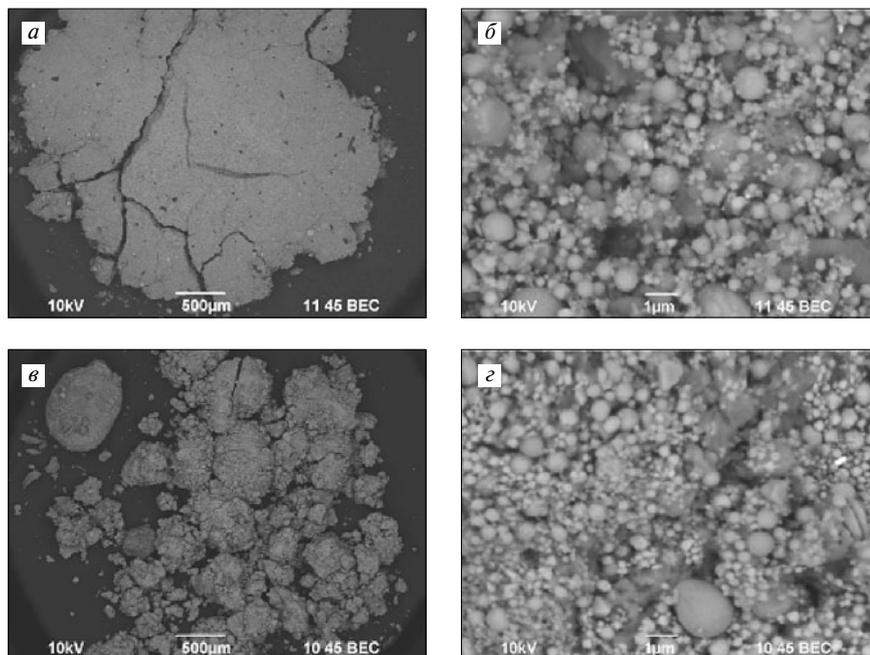


Рис. 3. Микрофотографии исходного отхода – пыли металлургического производства (в, г) и пигмента на его основе (а, б)

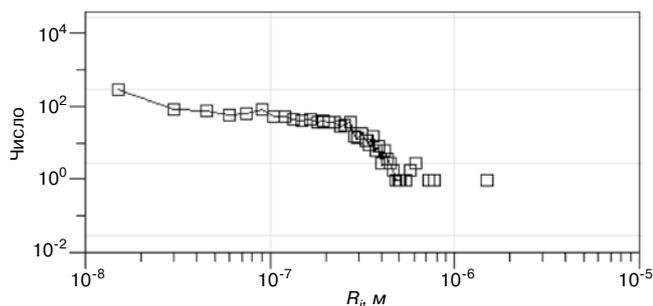


Рис. 4. Среднечисловое распределение частиц по размерам для пигмента на основе пыли металлургического производства. Рассчитано в приближении среднего радиуса вписанного диска

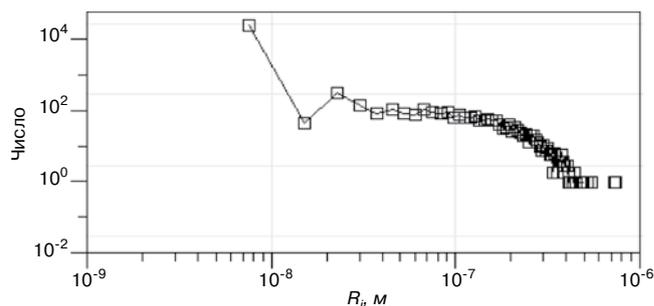


Рис. 5. Среднечисловое распределение частиц по размерам для отхода – пыли металлургического производства. Рассчитано в приближении среднего радиуса вписанного диска

диус частиц пигмента составляет 10–12 мкм. Частицы такого размера относятся к среднечисловым, образующим в дисперсионной среде тонкие устойчивые взвеси. В исходном сырье вклад частиц такого размера седиментационным способом не определяется, что также свидетельствует об эффективности помола.

Качество пигмента также можно оценить по форме составляющих частиц. Как было показано в [4], наиболее подходящая форма сферическая. Как исходному отходу, так и пигменту на его основе присуща в основном правильная сферическая форма частиц (рис. 3). Анализ изображений показал, что наиболее мелкие составляющие при помоле не претерпевают существенных изменений ни по размеру, ни по форме.

На рис. 4, 5 видно, что средний размер частиц мелкодисперсионной фракции, не определяемый седиментационным анализом, находится в пределах 0,2–2 мкм.

Полученный из железосодержащей пыли пигмент использовали для окрашивания экспериментальных образцов кирпича. Известно, что введение железоксидных пигментов в количестве до 7–10% не ухудшает основных эксплуатационных свойств готовых строительных материалов. Они позволяют производить

как поверхностное, так и объемное окрашивание [5]. В сырьевую смесь вводили 2–3, 5–6 и 8 мас. % пигмента в расчете на сухую смесь. Цвет готового кирпича при увеличении содержания пигмента изменялся от светло-коричневого до серо-сиреневого (рис. 6).

Введение 2–5% пигмента в сухую силикатную смесь можно считать оптимальным. Дальнейшее увеличение концентрации пигмента нерационально по ряду признаков: оттенок изделий практически не изменяется, но при содержании пигмента ~8 мас. % заметно увеличивается масса единицы готовой продукции, что технологически нежелательно.

Ухудшаются и физико-химические характеристики готовой продукции. Предел прочности при изгибе для кирпича с добавлением 8% пигмента составил в среднем 2,06 МПа. Такое значение прочности соответствует марке М100.

В табл. 2 представлены физико-химические характеристики силикатного кирпича, отличающиеся содержанием железоксидного пигмента из пыли металлургического производства.

Из данных таблицы видно, что прочностные характеристики кирпича соответствуют марке М200. В сред-

Таблица 2

Содержание пигмента, %	Размер, мм	Масса, кг	Плотность, кг/м ³	Нагрузка, кН	Предел прочности, МПа, при	
					сжатию	изгибе
2–3	250×120×87	4,665	1787	13,03	–	4,3
	250×120×87	4,675	1791	11,36	–	3,75
	250×120×87	4,765	1826	9,69	–	3,2
	250×120×87	4,815	1845	10,35	–	3,42
	250×120×87	4,875	1868	10,69	–	3,53
	122×120	–	–	280,5	23,38	–
	119×120	–	–	260,1	21,86	–
	102×120	–	–	252,96	24,8	–
	122×120	–	–	240,72	19,73	–
	120×120	–	–	335,58	27,97	–
5–6	250×120×88	4,835	1831	13,03	–	4,21
	250×120×88	5,055	1915	11,36	–	3,67
	250×120×89	5,095	1908	9,69	–	3,07
	250×120×88	4,98	1886	10,35	–	3,34
	250×120×89	5,025	1882	10,69	–	3,37
	122×120	–	–	292,74	20	–
	122×120	–	–	352,92	24,11	–
	117×120	–	–	396,78	28,26	–
	111×120	–	–	300,9	22,59	–
	123×120	–	–	340,68	23,08	–

Таблица 3

Компонент	Содержание, мг/л
Цинк	0,01
Хром	0,05
Марганец	0,01
Свинец	0,1
Никель	0,03
Железо	<0,2
Магний	0,5
Хлорид-ионы	250
Нитрат-ионы	1,5
Сульфат-ионы	25

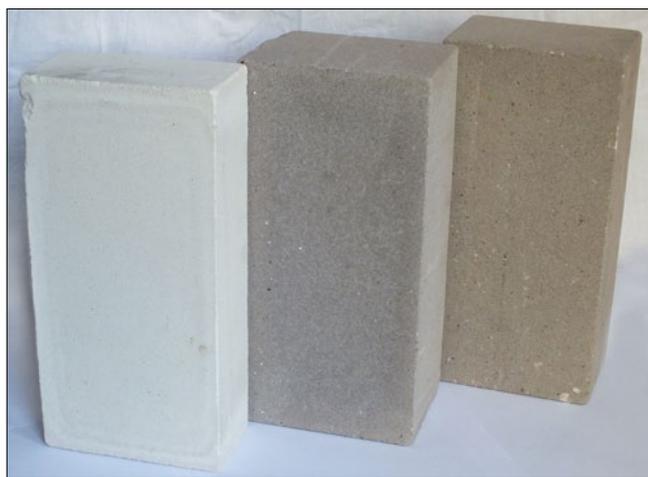


Рис. 6. Кирпич силикатный белый (слева), окрашенный добавлением 5% железоксидного пигмента (в центре); 2–3% пигмента (справа)

нем предел прочности при изгибе кирпича силикатного утолщенного лицевого составил 3,53 МПа, при сжатии – 23,6 МПа.

Наличие в компонентном составе железосодержащей пыли водорастворимых компонентов (хлорид-, нитрат- и сульфат-ионов) обусловило необходимость изучения состава водной вытяжки из окрашенного кирпича. Содержание компонентов в водном экстракте из силикатного кирпича с добавлением 5% изучаемого пигмента представлено в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что содержание таких компонентов, как железо, марганец, цинк, хром, сульфат- и нитрат-ионы, в водной вытяжке из окрашенного кирпича не превышает тысячных и десятитысячных долей процента. Содержание хлорид-ионов 0,025%.

Экспериментально выявленная оптимальная концентрация пигмента в составе сухой смеси $\leq 5-6\%$ согласуется с данными известных торговых марок пигментов высокого качества, отличающихся значительно более высоким содержанием основного вещества Fe_2O_3 . Можно предположить, что хорошая окрашивающая способность пигмента, полученного из отходов металлургического производства, связана с особенностями строения частиц пыли. Вероятно, зона, обогащенная оксидом железа, располагается вблизи поверхности частиц, создавая структуру типа оболочкового (кernового) пигмента.

Таким образом, экспериментальными исследованиями показано, что пигмент, полученный в результате размола пыли металлургического производства, характеризуется:

- содержанием основного компонента Fe_2O_3 , достигающим 42–45 мас. %;
- гранулометрическим составом, отвечающим повышенному (до 60%) содержанию среднedisперсных частиц с наивероятнейшим размером 10–12 мкм;
- хорошей окрашивающей способностью при добавлении в силикатный кирпич в количестве 2–5 мас. % без снижения прочностных свойств.

Данные результаты позволили начать разработку схемы технологического процесса изготовления пигмента из вторичного сырья.

Ключевые слова: силикатный кирпич, окрашивание, железоксидный пигмент, железосодержащая пыль.

Список литературы

1. Красной Н.Г., Лейдерман Л.П., Кожевников А.Ф. Производство железоксидных пигментов для строительства // Строительные материалы. 2001. № 8. С. 19–20.
2. Мачкина Т.А., Богданов В.И., Торгашев П.Д. Получение красного железоксидного пигмента из магниевых колчедановых огарков // Известия вузов. Химия и химическая технология. 1974. № 6. С. 865–869.
3. Пугин К.Г., Юшков В.С. Рециклинг мелкодисперсных железосодержащих отходов черной металлургии // Материалы VII Международной конференции «Сотрудничество для решения проблемы отходов». Харьков. 2010. С. 55–57.
4. Лютов В.П., Кочергин А.В., Лысюк А.Ю. и др. Фазовый состав и структурное состояние природных железоксидных пигментов // Доклады Академии наук. 2009. Т. 425. № 3. С. 372–377.
5. Арютина В.П., Камалова З.А., Дьячков И.В. и др. Природные пигменты разного типа из местного сырья // Известия КГАСА. 2004. № 1. С. 51–53.



производственное предприятие

КОМПЛЕКС

▲ железоксидные пигменты для окрашивания изделий из бетона, силикатного кирпича, пластмассы, асфальта, лакокраски

▲ химические добавки для бетона

Прямые поставки из Германии и Китая




ООО ПП "Комплекс"

akross@rambler.ru
www.ferroxide.ru



ООО ПП "Комплекс", г. Уфа, ул. С. Богородская, 59 а

Тел.: (347) 235-74-39, 293-41-72, 293-41-73



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

Неорганические пигменты Bayferrox® для окрашивания силикатного кирпича

Бизнес-подразделение «Неорганические пигменты» компании LANXESS Deutschland GmbH – это ведущий мировой производитель неорганических пигментов с широким инновационным ассортиментом продуктов и высоким уровнем технического обслуживания. Подразделение имеет производственные предприятия в Германии, Китае и Бразилии, а также дополнительные смешивающие производства в Австралии, Великобритании, Испании и США. Железоокисные пигменты LANXESS реализуются под торговыми марками Bayferrox® и Colortherm® и являются одними из самых устойчивых к воздействию света и погодных условий. Эта продукция отличается высоким качеством, технологичностью и экологически безопасным производством, соответствует высоким европейским стандартам.

Выпускаемый с конца XIX века силикатный кирпич превратился во многих частях света в излюбленный строительный материал. В Европе силикатный кирпич выпускается в больших объемах главным образом в Германии, Голландии, Англии, Швейцарии, Дании и Швеции. Основная доля производства приходится на пустотные блоки и кирпич, используемые для возведения несущих наружных стен или перегородок. При соответствующем качестве силикатный кирпич может также с большим успехом использоваться как полнотелый кирпич для гладкой лицевой кладки. Наряду с полнотелым силикатным кирпичом, имеющим гладкую поверхность, часто предлагается также колотый кирпич с поверхностью под карьерный камень для лицевой кладки. Гладкая лицевая кладка в сочетании с кладкой из колотого силикатного кирпича характеризуются особым архитектурным эффектом. Этот эффект усиливается благодаря возможности применения цветного силикатного кирпича. Для этого применяются неорганические пигменты, обеспечивающие надежное стойкое окрашивание.

Пигменты

Согласно результатам проведенных исследований устойчивый цвет силикатного кирпича может быть обеспечен только в том случае, если вся известково-песчаная масса окрашена соответствующим пигментом. Поверхностное окрашивание, независимо от состава краски, не может заменить окрашивания в массу и, кроме того, закрывает характерную структуру силикатного кирпича.

Применяемые пигменты должны:

- обладать стойкостью к действию извести;
- обладать стойкостью к повышенной температуре, при которой происходит затвердевание кирпича;
- обеспечивать свето- и атмосферостойкость готового цветного силикатного кирпича при использовании в наружной кладке.

Приведенные ниже продукты из ассортимента неорганических пигментов Bayferrox® полностью пригодны для производства силикатного кирпича:

- Красный – все красные типы Bayferrox®
- Желтый – все желтые типы Bayferrox®, Colortherm 3950
- Коричневый – Bayferrox® 645 T
- Черный – Bayferrox® 303 T
- Зеленый – Chromoxidgrün (хромоксидный зеленый) GX, GN

Путем смешивания красного и желтого пигментов Bayferrox® с пигментом Bayferrox® 303 T можно получить различные коричневые оттенки.

Как видно из приведенного выше перечня, большая часть черных и коричневых пигментов Bayferrox® не вошла в этот список. Это вызвано тем, что в результате окисления черный пигмент Bayferrox® при пропаривании претерпевает изменения цвета в красно-коричневые оттенки и поэтому непригоден. С одной стороны, это касается также и коричневых типов, так как они получают путем смешивания красных и желтых и/или черных пигментов Bayferrox®. С другой сторо-

ны, желтые пигменты Bayferrox, хотя они при нормальном воздействии температуры (>180°C) также претерпевают изменения цвета в направлении красного, являются стабильными при пропаривании. Это обусловлено особенностью процесса твердения в автоклавах, где даже при 1,6 МПа и 204°C химически связанная вода в желтом пигменте Bayferrox® не отщепляется.

Введение пигмента при производстве силикатного кирпича

При рассмотрении производства силикатного кирпича возникает вопрос где и когда лучше всего вводить пигмент. Это зависит от применяемой на заводе технологии. Могут использоваться как непрерывные, так и периодические технологии смешивания известково-песчаной массы. Как правило, пигмент вводится после реактора, чтобы не возникала необходимости его очистки. Но это возможно лишь в том случае, если смеситель после реактора обеспечивает интенсивное смешивание пигмента с массой. Мелкозернистые пигменты не поддаются полному распределению в относительно сухой и тонкодисперсной известково-песчаной массе при недостаточной эффективности перемешивания. Поэтому высокая красящая способность пигментов используется не полностью и, кроме того, могут образовываться нежелательные цветные вкрапления.

При периодической технологии рекомендуется применять интенсивный смеситель принудительного действия, если пигмент должен вводиться после реактора. Кроме того, известно, что интенсивное последующее смешивание улучшает качество кирпича.

При непрерывной технологии с применением в большинстве случаев двухвальных смесителей, расположенных после реактора, нельзя обеспечить хорошего распределения пигмента. Поэтому здесь следует вводить пигмент в смеситель перед реактором, чтобы обеспечить двойное перемешивание. Из-за недостаточной текучести порошкообразных пигментов необходимо непрерывное его дозирование. Но непрерывное дозирование характеризуется невысокой точностью. Обе эти проблемы – точное непрерывное дозирование порошкообразных или пульпообразных пигментов и хорошее смешивание – могут быть без труда решены с помощью современных дозаторов и диспергаторов.

Применение гранулированных пигментов для производства силикатного кирпича не рекомендуется. Это вызвано тем, что в отличие от бетонной брусчатки распределение гранулята в мелкозернистой известково-песчаной смеси требует намного больше времени и диспергирующей энергии и, в конце концов, все равно приводит к проблемам. Если, несмотря на это, гранулированные пигменты в связи с их неоспоримыми преимуществами нужно использовать, следует предварительно провести испытания в заводских условиях.

Зависимость оттенка от количества пигментов и других факторов

Количество пигмента лучше всего определять в процентах по отношению к общей массе песка и извести, не-

зависимо от того, вводится ли пигмент в виде сухого порошка или в пульпообразной форме. Так как силикатный кирпич в большинстве случаев имеет только светлую собственную окраску, можно без труда выпускать окрашенный силикатный кирпич в диапазоне от пастельных оттенков до интенсивных цветов. Ниже представлены ориентировочные показатели необходимого количества пигментов (мас. %):

Пастельные тона	0,2–0,5
Оттенки средней интенсивности	0,5–1
Интенсивные тона	1–2

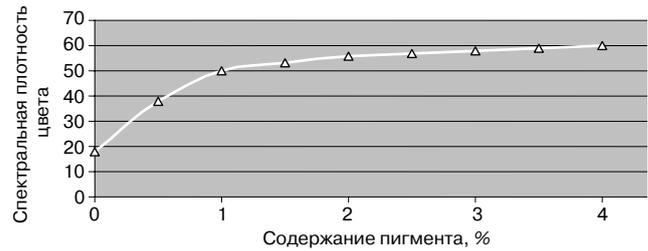
Как и при окрашивании других строительных материалов, например бетона, штукатурки, раствора и др., в случае силикатного кирпича отмечается, что рост интенсивности окраски уменьшается с ростом количества добавки пигмента, то есть существует так называемый предел насыщения. На рисунке на примере *Baufeigox*[®] 920 (желтый) показан рост интенсивности окраски в зависимости от вводимого количества пигмента. Измерения проводились колориметром на пигментированных образцах, которые пропаривались 8 ч при 0,8 МПа. Отсюда следует, что в пределах 0–1 % пигмента прирост интенсивности окраски является гораздо большим, чем в диапазоне 1–2% пигмента.

Цвет сырья. Цвет силикатного кирпича определяется в основном собственным цветом применяемого песка, так как известь за редкими исключениями имеет белый цвет, который колеблется лишь незначительно. Так как согласно результатам микроскопических исследований пигмент зафиксирован в вяжущем, которое не полностью обволакивает зерна песка, результирующий оттенок зависит от собственного цвета песка. Поэтому собственный цвет играет тем большую роль, чем меньше добавка пигмента.

Как правило, песок, применяемый в производстве силикатного кирпича, отличается более или менее интенсивным коричневым цветом, зависящим в основном от содержания оксида железа. Поэтому с увеличением интенсивности собственного цвета песка оттенок смещается, например при желтом цвете в сторону более темного, более грязного оттенка, при красном – в сторону голубовато-красного, а при зеленом – в направлении более грязного голубовато-зеленого оттенка. Поэтому производство равномерно окрашенного силикатного кирпича в течение длительного времени связано с определенными трудностями, так как даже песок из одного и того же карьера не всегда имеет одинаковую окраску. Следовательно, кроме других факторов, которые влияют на цвет, при производстве окрашенного силикатного кирпича необходимо также обращать внимание на собственный цвет песка, чтобы исключить слишком большие колебания оттенков изделий. Однако определенная, не слишком большая разнооттеночность может положительно влиять на внешний вид лицевой кладки.

Содержание извести. Всегда следует исходить из того, что с ростом содержания извести в смеси оттенок становится более светлым при неизменном содержании пигмента. Поэтому возникает вопрос, в какой мере технологически обусловленные колебания содержания извести могут заметно влиять на результирующий оттенок силикатного кирпича. Соответствующие эксперименты показали, что только при относительно больших колебаниях содержания извести. Расхождение содержания извести порядка ±1% практически не оказывают влияния на оттенок.

Условия твердения. Существенно большее влияние на оттенок оказывают условия твердения. опыты показали, что с ростом давления пара цвета становятся заметно более бледными. Условия испытаний изменялись в диапазоне 0,8–1,6 МПа. Произведение времени твердения и давления пара составляло при этом в каждом случае 6,4 МПа·ч. Наиболее часто встречаемые условия твердения составля-



Интенсивность окраски силикатного кирпича в зависимости от количества пигмента *Baufeigox*[®] 920

ют 8 ч при 0,8 МПа или 4 ч при 1,6 МПа. Окрашенный силикатный кирпич, который обрабатывался в автоклаве при указанных условиях, характеризуется при одинаковом количестве пигмента четкими различиями оттенков: оттенки кирпича, пропариваемого при 1,6 МПа, являются более бледными, чем кирпича, пропариваемого при 0,8 МПа. Так как можно исключить реакцию между известью и пигментом, этот эффект осветления следует объяснить образованием различных продуктов реакции и количеством CaSiO_3 при реакции между известью и кремниевой кислотой. Осветляющий эффект наблюдается уже в непигментированном кирпиче, как это удалось установить путем измерения белизны изделий при указанных условиях. Описанный здесь эффект наблюдается не только в лабораторных опытах, но и воспроизводится также в соответствующих производственных испытаниях. Отсюда можно сделать вывод, что для достижения максимальной интенсивности окраски при заданном количестве пигмента предпочтительным условием производства силикатного кирпича является автоклавирование при 0,8 МПа.

Высолообразование и пигменты темных оттенков. При окрашивании силикатного кирпича существуют особые требования к пигментам из-за температурной нагрузки во время автоклавирования. Предназначенные для данной области применения черные и коричневые пигменты *Baufeigox* 303Т и *Baufeigox* 645Т абсолютно температуростабильны и цветостойки.

Актуальной темой в производстве цветного силикатного кирпича является так называемое *высолообразование*, которое появляется из-за излишней извести при миграции водорастворимых составляющих. Эти белесые образования в зависимости от их интенсивности отрицательно влияют на восприятие цвета силикатного кирпича. В таком случае часто говорят об обесцвечивании пигмента, но окрашенная поверхность покрывается высоломи, не влияя на цвет пигмента. Это подтверждается, если высолы обработать разбавленной кислотой, например 1–3% соляной кислотой. После такой обработки проявляется цвет окрашенного силикатного кирпича.

В заводских условиях единственно возможным выходом может быть кислотная ванна после автоклавирования кирпича. В связи с ярко выраженной тенденцией к высокообразованию окрашенный силикатный кирпич, как правило, не используется в Западной Европе в качестве кирпича для кладки, но часто – в колотом виде как облицовочный камень.

Иногда после автоклавирования наблюдается различная интенсивность оттенков граней кирпича. Можно предположить, что такие изделия в автоклаве находились внутри кладки на вагонетке. Из-за плотной укладки и связанного с этим увеличения содержания влаги произошел повышенный перенос вещества (растворимых в воде частиц извести). Это проявляется в повышенной массе высаливаний на поверхности кирпича на внутренней грани.

Вышеназванные эффекты намного отчетливее наблюдаются на кирпиче темных оттенков.

Результаты показывают, что прочность не снижается даже при экстремально высоких добавках пигментов.

Технологические линии

производства порошков и
минеральных наполнителей



ДОЛОМИТ

Система полной автоматизации всей линии – управление всей цепочкой производства с одной панели.



ИЗВЕСТЬ



ГИПС

Запатентованный способ центробежно-ударного измельчения - получение качественного продукта со стабильным грансоставом.



КВАРЦ



ОГНЕУПОРЫ

Полностью законченное производство с высокими показателями работы, простотой обслуживания, малой занимаемой площадью и низкой энергоемкостью.



ШЛАКИ

Контакты:

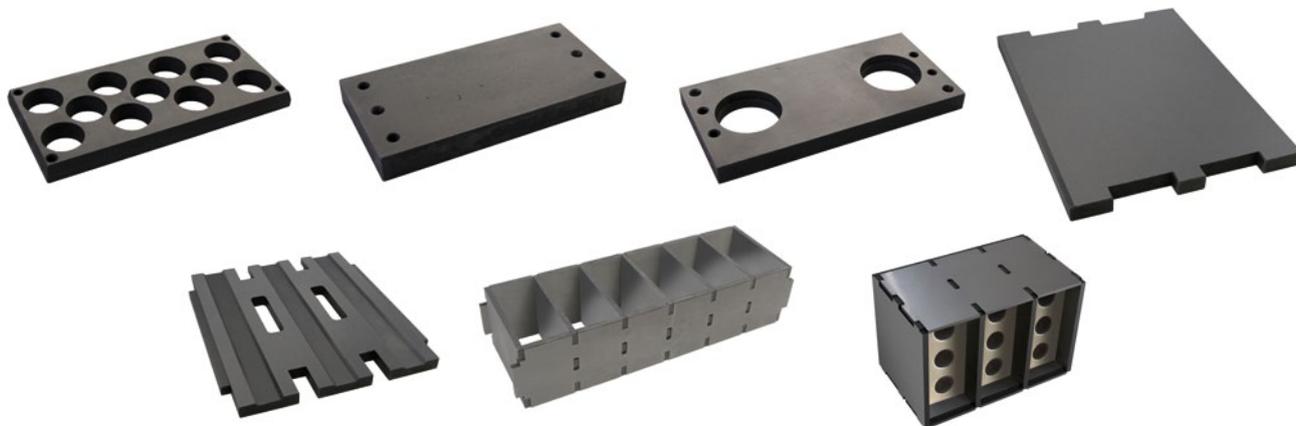
Россия, 455037, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 89, стр. 7
тел.: +7 (3519) 22-00-49, 22-00-51, 31-66-00, 31-66-11
факс: +7 (3519) 49-81-50
market@uralomega.ru

Узнайте больше на нашем сайте

WWW.URALOMEGA.RU



Износостойкая оснастка для производства силикатного кирпича



ООО «ЕвроДеталь» создано в 2010 г. как производственная компания, занимающаяся изготовлением и поставкой деталей пресс-форм и штампов, оснастки для прессов формования силикатного кирпича и деталей точной механообработки для российского и европейского рынков. С 2011 г. ООО «ЕвроДеталь» вошло в группу компаний «Илеко». Коллектив компании имеет 20-летний опыт поставок продукции мировым лидерам на рынке пресс-форм и штампов – компании HASCO (Германия) и компании DME Europe (Бельгия). Девиз компании – ТРАДИЦИИ КАЧЕСТВА – говорит сам за себя.

ООО «ЕвроДеталь» предлагает полный спектр оснастки для любых прессов по производству силикатного кирпича: стандартную оснастку для прессов фирм WKB Systems, MASA, LASCO и др., прессов российского и китайского производства.

Оснастка производится по оригинальным чертежам, предоставляемым производителями прессов, а также по чертежам, изготовленным непосредственно заказчиками оснастки, учитывающих особенности производства. Дополнительно компания разрабатывает и переоформляет чертежи под стандарты Российской Федерации и адаптированные под собственное производство.

Номенклатура производимой оснастки включает в себя все плиты (пластины) формы – секционные, боковые, промежуточные, толкатели; плиты пресса, листы; для закрепления формы в корзине пресса – планки боковые, уплотнительные; пустоотообразователи, керны.

Оснащенность предприятия высокотехнологичным оборудованием позволяет производить детали оснастки любых размеров. Максимальные габаритные размеры деталей типа «плита» достигают 700×1500 мм, деталей типа «кern» до Ø100×500 мм. Изготовление ведется на станках с ЧПУ, что обеспечивает качество изготовления и повторяемость деталей в партии. Термическое оборудование отвечает всем необходимым требованиям, заложеным в конструкции деталей.

ООО «ЕвроДеталь» применяет технологию производства пластин, аналогичную немецкой, что позволяет максимально приблизиться по стойкости к пластинам, поставляемым европейскими производителями прессов вместе с оборудованием. На данный момент максимальной стойкости мы добились при совместной работе с ЗАО «СЗСМ» (Саратов) на прессах Dorstener, стойкость составила 1,6–1,8 млн шт. усл. кирпича и АО «ЗККСМ» (Республика Казахстан, г. Уральск). По полученным от заказчика данным стойкость оснастки на польских прессах PA-550 составила 1,65–1,8 млн шт. усл. кирпича, на немецких прессах KSE – 2,3–2,4 млн шт. усл. кирпича с комплекта оснастки.

Контроль качества производимых деталей построен по европейской системе. В процессе производства каждый выполняемый размер на 100% контролируется исполнителем, дополнительно каждая первая, настроечная, десятая деталь, деталь в середине партии и последняя деталь предъявляются в ОТК. Окончательный контроль проходит 100% деталей. После проведенного контроля ОТК делает отметку о годности детали в сопроводительном листе. То есть даже спустя длительное время можно проверить, кто, когда и на каком оборудовании выполнял какую операцию, и в случае необходимости выявить недостатки.

Детали оснастки, производимые ООО «ЕвроДеталь», обладают следующими преимуществами:

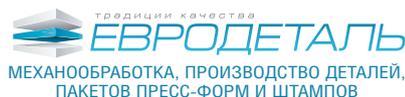
- изготавливаются из легированных сталей. Качество применяемых сталей позволяет увеличить ресурс оснастки;
- имеют высокую твердость рабочей поверхности и термоупроченную сердцевину, что позволяет получить высокое сопротивление износу и в то же время избежать возникновения трещин деталей во время ударных нагрузок;
- геометрические размеры деталей в одной партии идентичны, так как вся продукция производится на станках с ЧПУ. Это обеспечивает 100% взаимозаменяемость и собираемость.

В области производства оснастки для выпуска силикатного кирпича ООО «ЕвроДеталь» определило для себя следующие цели и задачи.

Цель – обеспечить производителей силикатного кирпича полной номенклатурой деталей оснастки, обладающей высокой износостойкостью, сравнимой по показателям с оснасткой ведущих европейских производителей.

Задачи – постоянно совершенствовать качество выпускаемой продукции. Работать над технологией изготовления и упрочнения деталей для достижения наиболее оптимальных значений стойкости.

- Для производителей силикатного кирпича компания предлагает:
- персональную разработку технологии под требования заказчика;
 - выезд представителя на производство;
 - сопровождение заказа от заявки и запуска в производство до сборки и установки на пресс.



МЕХАНООБРАБОТКА, ПРОИЗВОДСТВО ДЕТАЛЕЙ,
ПАКЕТОВ ПРЕСС-ФОРМ И ШТАМПОВ

ООО «ЕвроДеталь», 410086, Саратов, ул. Буровая, 26
Тел.: (8452) 36-43-91, факс: (8452) 36-44-15
E-mail: expert@forpost.ru; www.euro-detal.com

В.В. СТРОКОВА, д-р техн. наук, В.В. НЕЛЮБОВА, канд. техн. наук, Н.И. АЛТЫННИК, инженер (309991@mail.ru), И.В. ЖЕРНОВСКИЙ, канд. геол.-мин. наук, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова; Е.Г. ОСАДЧИЙ, д-р хим. наук, институт экспериментальной минералогии Российской академии наук (г. Черноголовка, Московская обл.)

Фазообразование в системе цемент – известь – кремнезем в гидротермальных условиях с использованием наноструктурированного модификатора*

В настоящее время одним из самых распространенных строительных материалов, используемых для возведения гражданских и промышленных зданий, является автоклавный газобетон. По совокупности свойств он превосходит многие стеновые изделия. Это обусловлено тем, что он сочетает в себе высокие прочностные показатели с хорошими теплоизолирующими свойствами. Однако ежегодно возрастающие требования потребителей приводят к необходимости повышения качества выпускаемых изделий. Добиться этого возможно за счет использования как технологических приемов, так и за счет корректировки состава газобетона путем введения различных модифицирующих компонентов.

В последнее время одним из способов повышения эксплуатационных характеристик строительных материалов является направленное формирование структуры материалов за счет использования наноси-

стем природного и техногенного происхождения [1–4].

В работах авторов ранее было доказано [5, 6], что введение наноструктурированного модификатора в строительные композиты, в том числе автоклавного твердения, приводит к качественному улучшению технико-эксплуатационных характеристик готовых изделий. При этом модификатор способствует интенсификации фазообразования в системе и формированию рационального состава новообразований.

Свойства силикатных материалов автоклавного твердения напрямую зависят от состава цементирующего вещества, формирующегося в процессе твердения материалов в условиях гидротермального синтеза. При этом состав и свойства отдельных гидратных соединений, формируемых в процессе гидротермального синтеза, зависят от состава и характеристик исходных компонентов.

Получение ячеистых автоклавных материалов связано с использо-

ванием широкого спектра сырьевых компонентов, существенно отличающихся не только по составу, но и по основным свойствам. При этом каждый компонент выполняет определенную функцию. Так, портландцемент, входящий в состав смешанного вяжущего, выполняет роль компонента, придающего начальную прочность газобетону в доавтоклавный период. В связи с этим целью настоящей работы стало изучение влияния добавки наноструктурированного модификатора на фазообразование ячеистых композитов в условиях автоклавной обработки.

Объектом исследования являлись модельные композиции состава цемент – известь – кремнезем. Соотношение компонентов в композициях подбиралось с учетом требований СН 277–80 «Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона», а также технологических рекомендаций заводов – производителей автоклавного газобетона. Наноструктурированный моди-

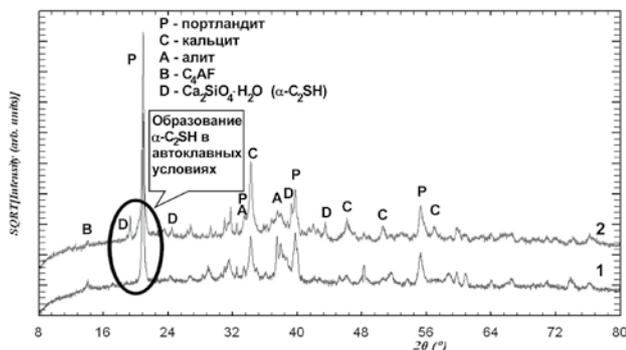


Рис. 1. Рентгенограммы и фазовый состав цементного вяжущего: 1 – естественное твердение; 2 – автоклавная обработка; для выделения слабиинтенсивных отражений над линией фона рентгенограммы, шкала интенсивностей приведена к виду \sqrt{I}

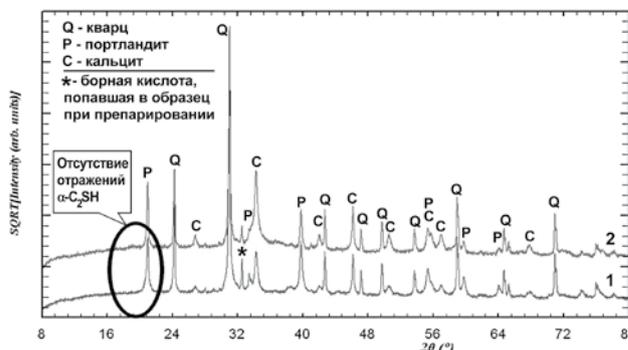


Рис. 2. Рентгенограммы и фазовый состав композиции известь – цемент – кремнезем: 1 – естественное твердение; 2 – автоклавная обработка

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, государственный контракт 16.74.11.0770; государственное задание 3.4601.2011; программа стратегического развития БГУ им. В.Г. Шухова; РФФИ, договор 13-03-90782.

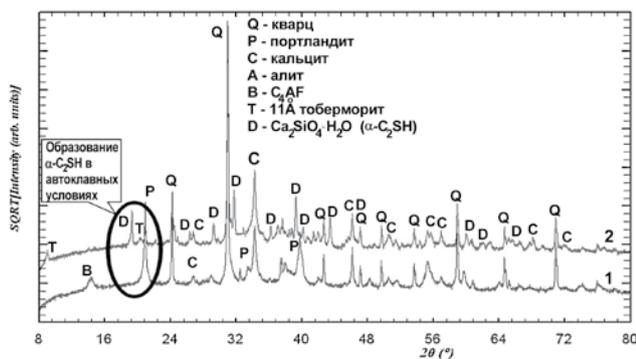


Рис. 3. Рентгенограммы и фазовый состав композиции цемент – известь – кварцевый песок: 1 – естественное твердение; 2 – автоклавная обработка

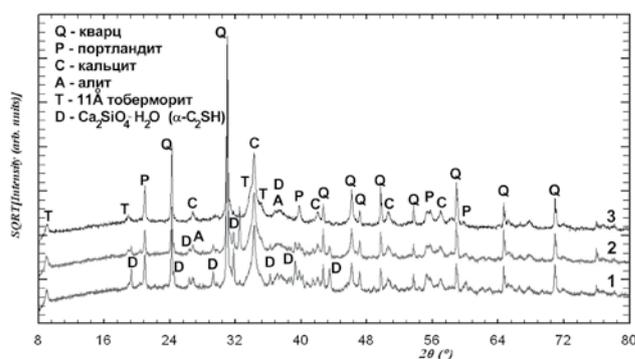


Рис. 4. Рентгенограммы и фазовый состав вяжущей композиции цемент – известь – кварцевый песок – НМ: 1 – 10% НМ; 2 – 30% НМ; 3 – 50% НМ

фикатор (НМ) вводился в систему взамен портландцемента в количестве 10, 30, 50 и 100%. Состав с нулевым содержанием модификатора соответствовал контрольному. При этом соотношение CaO/SiO_2 оставалось постоянным для всех составов.

Для установления состава новообразований использовались рентгенофазовый анализ и растровая электронная микроскопия. Изучение микроструктурных особенностей материалов производилось с помощью сканирующего электронного микроскопа Mira 3 FesSem (Tescan, Чехия) в Центре высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова. Съемка образцов производилась в режиме высокого вакуума.

Фазовый состав синтезированных материалов изучался с помощью метода рентгенофазового анализа на рентгеновской рабочей станции ARL 9900 с применением излучения рентгеновской трубки с Co -анодом (интервал углов дифракции $2\theta=8-80^\circ$; шаг сканирования $0,02^\circ$; фильтрация β -излучения). Препарирование образцов проводилось традиционным методом растирания в агатовой ступке в спиртовой среде.

Согласно полученным данным, отличительной особенностью фазо-

образования цементного вяжущего в условиях автоклавной обработки в отличие от его естественного твердения является формирование наряду с низкоосновными гидросиликатами кальция тоберморитовой группы, высокоосновных гидросиликатных фаз, в частности, $\alpha-Ca_2(SiO_4) \cdot H_2O$ ($\alpha-C_2SH$) (рис. 1).

Следует отметить, что в образцах композиции известь – НМ образование этих фаз рентгенографически не зафиксировано, что может являться следствием их рентгеноаморфности (рис. 2).

При этом на рентгенограммах вяжущей композиции контрольного состава цемент – известь – кварцевый песок после автоклавной обработки однозначно фиксируются отражения $C-S-H$ -фаз – $\alpha-C_2SH$ и 11Å -тоберморита (рис. 3).

Образование высокоосновных $C-S-H$ -фаз в исследованных системах объясняется следующим образом. Известно, что формирование гидросиликатов кальция в гидротермальных условиях обусловлено изменением растворимости кальциевого и кварцевого компонентов. Так, при повышении температуры в первом периоде автоклавной обработки наряду со снижением растворимости известки наблюдается увеличение растворимости кремнезема. При этом в системе $CaO-SiO_2-H_2O$ возникает пересыщение по известковому компоненту и соотношение CaO/SiO_2 приближается к 2. Таким образом, создаются условия для формирования высокоосновных гидросиликатов кальция. В частности, отмечается образование $\alpha-C_2SH$. Кристаллизация в вяжущей системе $\alpha-C_2SH$ -образований негативно влияет на прочностные свойства. Это обусловлено тем, что данные новообразования характеризуются ортосиликатной (островной) структурой, в ней отсутствуют распространённые по всему объёму кристалла

высокоэнергетичные мостиковые связи $Si-O-Si$.

Для достижения в материалах автоклавного твердения высоких прочностных характеристик необходимо стремиться к формированию гетерофазной структуры, состоящей из низко- и высокоосновных гидросиликатов кальция.

Введение активного кремнезема будет способствовать формированию в системе условий для образования низкоосновных гидросиликатов кальция. В работе это достигается за счет использования наноструктурированного модификатора.

Результаты интерпретации рентгенограмм модельных композиций после автоклавной обработки представлены на рис. 4. Отмечается существенное уменьшение интенсивности отражений $\alpha-C_2SH$ с увеличением концентрации НМ.

Для оценки влияния концентрации НМ на $C-S-H$ -фазаобразование был проведен количественный полнопрофильный РФА контрольной и модифицированных вяжущих композиций после автоклавной обработки (программа DDM v.1.95c [7]) (рис. 5).

Как следует из полученных результатов, введение в систему активного кремнезема в форме НМ смещает $C-S-H$ -фазаобразование в низкоосновную область. При этом существенно уменьшается концентрация кристаллических высокоосновных $\alpha-C_2SH$ -образований с одновременным монотонным увеличением концентрации низкоосновного 11Å -тоберморита. А нелинейный характер зависимости концентрации $\alpha-C_2SH$ -фазы от содержания НМ исключает интерпретацию достигнутого эффекта как аддитивного результата разбавления системы.

Вышеописанные процессы фазообразования подтверждаются результатами микроскопических исследований образцов (рис. 6). В об-

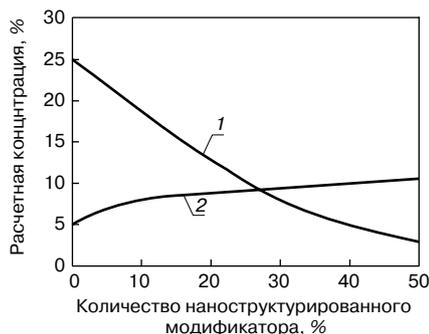


Рис. 5. Изменение фазового состава образцов в зависимости от концентрации НМ: 1 – $\alpha-C_2SH$; 2 – 11Å -тоберморит

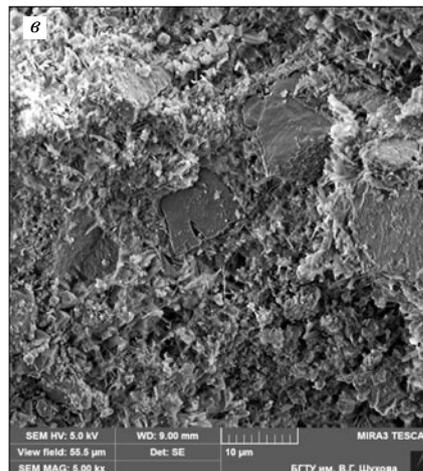
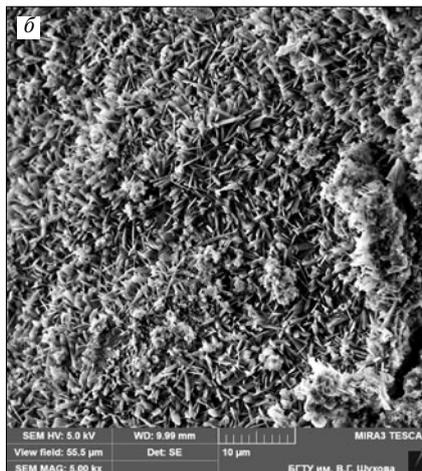
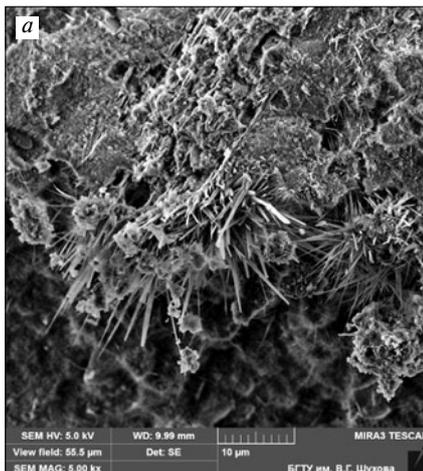


Рис. 6. Микроструктура образцов различного состава после автоклавной обработки: а – контрольный состав на цементе; б – при 10% замене цемента наноструктурированным модификатором; в – при 100% замене цемента НМ

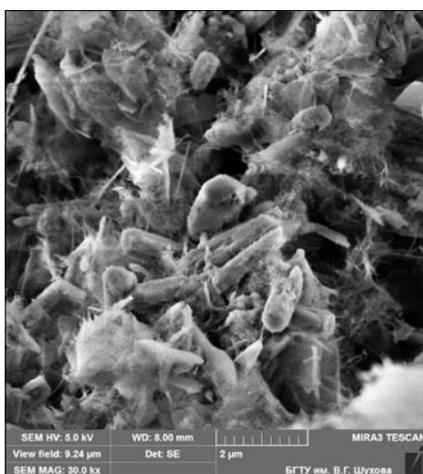


Рис. 7. Морфология кристаллов $\alpha\text{-C}_2\text{SH}$ в структуре образцов с цементом

разцах контрольного состава структура основной массы неоднородна: имеются участки «обнаженных» зерен кварца и области роста игольчатых и стеблевидных новообразований этtringита и предположительно 11А-тоберморита соответственно (рис. 6, а). При введении в систему наноструктурированного модификатора картина существенно изменяется. При 10% замене цемента на НМ наблюдается достаточно однородный рост кристаллических форм С-S-H тоберморитовой группы, являющихся основным носителем прочностных свойств автоклавных материалов (рис. 6, б). Они представляют собой ленточные образования шириной до 1 мкм.

При исключении из состава вяжущего цемента (100% замена на НМ) видимых кристаллических новообразований практически не обнаружено (рис. 6, в). Основная масса представлена рентгеноаморфными скрытокристаллическими фаза-

ми. Также в структуре имеются достаточно крупные частицы кварца размером более 10 мкм с явными следами растворения и хорошей адгезией новообразований к их поверхности.

Микроскопические исследования контрольных образцов выявили в структуре призматические образования (с размером в сечении до 1 мкм), которые морфологически соответствуют кристаллам $\alpha\text{-C}_2\text{SH}$ (рис. 7).

Таким образом, установлены особенности фазообразования в системе цемент – известь – кремнезем в гидротермальных условиях в присутствии наноструктурированного модификатора, заключающиеся в том, что реакционно-активный компонент НМ способствует смещению С-S-H-фазообразования в низкоосновную область и снижению концентрации альфа-гидрата двухкальциевого силиката. При этом в системе формируется оптимальное соотношение низко- и высокоосновных гидросиликатов кальция, что будет способствовать не только повышению прочностных характеристик автоклавного газобетона с использованием наноструктурированного модификатора, но и его долговечности в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: цемент, известь, автоклавные, наноструктурированный модификатор, гидросиликаты.

Список литературы

1. Строчкова В.В., Череватова А.В., Павленко Н.В., Мирошников Е.В., Шаповалов Н.А. Оценка эффективности применения наноструктурированного вяжущего

при получении легковесных ячеистых композитов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 48–51.

2. Строчкова В.В., Соловьева Л.Н., Максаков А.В., Огурицова Ю.Н. Механизм структурообразования строительных композитов с гранулированным наноструктурирующим заполнителем // Строительные материалы. 2011. № 9. С. 64–65.
3. Череватова А.В., Павленко Н.В. Пенобетон на основе наноструктурированного вяжущего // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 3. С. 115–119.
4. Лесовик В.С., Володченко А.Н. Долговечность безавтоклавных силикатных материалов на основе природного наноразмерного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 21. С. 6–11.
5. Лесовик В.С., Потапов В.В., Алфимова Н.И., Ивашова О.В. Повышение эффективности вяжущих за счет использования наномодификаторов // Строительные материалы. 2011. № 12. С. 60–62.
6. Нелюбова В.В., Строчкова В.В., Павленко Н.В., Жерновский И.В. Строительные композиты с применением наноструктурированного вяжущего на основе сырья различных генетических типов // Строительные материалы. 2013. № 2. С. 20–24.
7. Solovyov L.A. Full-profile refinement by derivative difference minimization // Journal of Applied Crystallography. 2004. 37. Pp. 743–749.

innovation made by experience



WKB

надежное оборудование WKB Systems GmbH – широкий ассортимент и высокое качество вашей продукции

- Оборудование и заводы
- Шеф-монтаж и ввод в производство
- Обучение операторов
- Поставки запчастей
- Техобслуживание
- Модернизация производства

ИННОВАЦИИ

ОПЫТ

КАЧЕСТВО





К 60-летию Геннадия Ивановича Стороженко

25 сентября исполнилось 60 лет Геннадию Ивановичу Стороженко, доктору технических наук, директору Новосибирского научно-производственного предприятия ООО «Баскей».

Геннадий Иванович Стороженко, еще будучи студентом строительного факультета Сибирского металлургического института, отличался пытливым умом и любознательностью, поэтому по окончании института в 1980 г. был направлен на кафедру архитектуры и строительного производства. Заинтересовавшись керамической наукой, Г.И. Стороженко в 1982 г. поступил в аспирантуру Новосибирского инженерно-строительного института (СИБСТРИН), где его научным руководителем стала Г.И. Книгина. С этой поры трудовая деятельность Геннадия Ивановича связана со строи-

тельным материаловедением и производством строительных материалов и изделий. Широкая эрудиция, трудолюбие и неуемная жажда знаний позволили Г.И. Стороженко защитить в 1985 г. кандидатскую диссертацию.

После переезда в Новосибирск Геннадий Иванович с 1989 г. начал работать технологом на научно-производственном предприятии «Сибирь-объединение». В рамках программы «Жилье-2000» он активно занимался строительством кирпичных заводов в Красноярском крае, Новосибирской области, Узбекистане. Принимал участие в разработке технологии и аппаратного обеспечения заводов полусухого прессования с предварительной механоактивацией тощих закарбонизированных сульфидов. В это непростое «перестроечное» время энергичный, открытый и общительный по натуре Г.И. Стороженко приобрел много единомышленников и соратников, накопил огромный практический опыт по строительству и пуску предприятий стройиндустрии.

В 1990-е гг. Геннадий Иванович занимался проблемами регулирования технологических свойств глинистых пород с помощью механохимической активации; результаты научных исследований были обобщены в докторской диссертации, которую он защитил в 2000 г. Для реализации своих научных идей Г.И. Стороженко в 1995 г. создал и возглавил малое научно-производственное предприятие «Баскей», где разрабатывалась технология и оборудование для сухого обогащения различных видов минерального сырья. Результатом деятельности предприятия стали заводы по сухому обогащению каолинов (Красноярский край, Грузия), песков (Новокузнецк, г. Ржищев (Украина), Казахстан), опал-кристаллитовых пород (г. Копейск Челябинской области).

В настоящее время Геннадий Иванович Стороженко полон сил и творческих планов, круг его научных интересов очень широк. Он активный автор, рецензент и научный консультант журнала «Строительные материалы»[®], постоянный участник конференции КЕРАМТЭК. Коллеги и друзья знают Геннадия Ивановича как преданного семье и делу человека, неравнодушно-го к проблемам других людей, надежного товарища.

Редакция и редакционный совет, коллеги сердечно поздравляют Геннадия Ивановича Стороженко с 60-летием и желают крепкого здоровья, неиссякаемой энергии, творческих успехов и реализации самых смелых научных идей.

УДК 624.148

Л.К. КАЗАНЦЕВА, д-р техн. наук, ст. научн. сотр., Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук;

Г.И. СТОРОЖЕНКО, д-р техн. наук, директор ООО «Баскей» (Новосибирск)

Mrs. L.K. KAZANTSEVA, Dr. Tech., Leading Researcher, V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy Siberian Branch Russian Academy of Sciences,

Mr. G.I. STOROZHENKO, Dr. Tech. «Baskey LTD» (Novosibirsk)

Особые свойства пеностекла из природного сырья

Peculiar properties of foamed glass from natural raw material

В настоящее время наиболее долговечным и экологически безопасным теплоизоляционным строительным материалом является пеностекло – гранулированное и блочное. Закрытая пористость и неорганический состав пеностекла обуславливают уникальное сочетание физико-механических и теплофизических свойств: оно не горит, непроницаемо для пара и воды, не подвержено коррозии, усадке и гниению, морозоустойчи-

Today, foamed glass, both granulated and blocked, is the most durable and environmentally friendly thermal insulating building material. Closed porosity and inorganic composition of the foamed glass provides its unique physical, mechanical, and thermo-physical properties: it does not burn, it is steam and water-proof, not vulnerable to corrosion, contraction nor digestion; it is frost-proof, resistant, and can be utilized for hydro-, sound-, and thermal insulation of building and constructions.

во, долговечно и может применяться одновременно для гидро-, звуко- и теплоизоляции конструкций зданий и сооружений.

Пеностекло получают обжигом при температуре плавления смеси в диапазоне 750–850°C тонкоизмельченного специально сваренного стекла или боя стекла с газообразователем. Высокие энергетические затраты на варку стекла и ограниченное количество боя стекла как сырьевой базы сдерживают строительство и развитие промышленных предприятий по выпуску пеностекла по традиционной технологии.

В настоящее время активно разрабатываются альтернативные энергосберегающие технологии изготовления пористых строительных материалов из природного сырья без предварительной варки стекла. Наиболее пригодными для изготовления пеностекла являются породы, которые или сами содержат источник порообразующего газа, или образуют его при смешивании с технологическими добавками. По этим критериям наиболее подходящим сырьем являются широко распространенные в природе кремнистые (опока, диатомит, трепел) [1, 2] и алюмосиликатные (цеолитизированные туфы) породы [3].

Кремнистые породы не содержат источника порообразующей газовой фазы, но два важных фактора позволяют их использовать в производстве пеноматериалов: 1 – основная минеральная фаза в них представлена высокорекреационным кремнеземом; 2 – они обладают нано- и микроразмерной транспортной пористостью. За счет высокой реакционной активности аморфный кремнезем во влажной щелочной среде образует гидратированные полимерные силикаты щелочного металла ($R_2O \cdot mSiO_2 \cdot nH_2O$), которые являются источником порообразующего газа – паров воды. Высокая пористость кремнистого сырья позволяет щелочному раствору проникать внутрь измельченных частиц, в результате весь аморфный кремнезем вовлекается в процесс силикатообразования.

Цеолитизированные туфы в отличие от кремнистых пород содержат в своем составе источник порообразующего газа – цеолиты, представляющие собой водосодержащие кристаллы. Цеолиты относятся к классу каркасных алюмосиликатов, состав которых описывается эмпирической формулой $Me_{2/n}[Al_2Si_{x-2}O_{2x}]yH_2O$, где $x \geq 2$, n – валентность катиона. Каркасы цеолитов содержат каналы и сообщающиеся между собой полости, в которых находятся катионы и молекулы воды.

The foamed glass is produced by baking at the melting point of finely milled specially melted glass, or broken glass, with a gas-forming agent within the range of 750–850°C. High energy consumptions for glass production and limitedness of such a raw material source as broken glass restrict the building and development of industrial entities for foamed glass production by the conventional technology.

Now, alternative energy-saving technologies of production of porous building materials from natural raw materials without glass melting are developed extensively. The rocks which either contain the pore-forming gas source, or are able to generate it when mixed with technological admixtures, are the best for the foamed glass production. By these criteria, common silica (gaize, white peat, bergmeal) [1, 2] and aluminosilica (zeolitized tuffs) fit the best [3].

Silica rocks do not contain the source of the pore-forming gaseous phase, but two important factors enable to use them in foamed materials production: 1 – the mineral phase in them is presented by high-reactive silica; 2 – they feature nano- and micro-size transport porosity. Due to the high reactive activity, in the humid alkali medium, amorphous silica forms hydrated polymer silicates of an alkali metal ($R_2O \cdot mSiO_2 \cdot nH_2O$), which are the source of the pore-forming gas, namely water steam. High porosity of the silica raw material permits the alkali dilution to penetrate inside milled particles, which results in the involvement of all amorphous silica into the process of silication.

Opposite to silica rocks, *zeolite-containing tuffs* do contain the source of the pore-forming gas; these are zeolites which present water-containing crystals. Zeolites belong to the class of carcass aluminosilicates, and their structure is presented by the empiric formula $Me_{2/n}[Al_2Si_{x-2}O_{2x}]yH_2O$, where $x \geq 2$, n is the kation basicity. Zeolite carcasses have channels and cavities connected to each other, in which there are kations and water molecules. Some zeolites are capable for thermally-activated foaming at the temperature of natural melting (1,150–1,200°C). As some fusion agents are added to the compositions based on the zeolite-containing tuffs, pore formation can occur at the temperature typical for foamed glass production from glass powder, namely 750–850°C [4].

Aside for silica rocks and zeolite-containing tuffs, some *plutonic rocks* or their residuals obtained as waste after gravel breakage, can be utilized to produce foamed materials. These are dense rocks, they do not contain the gas-phase source and do not form it when being mixed with sodium hydroxide. Special pore-forming agents must be introduced into the

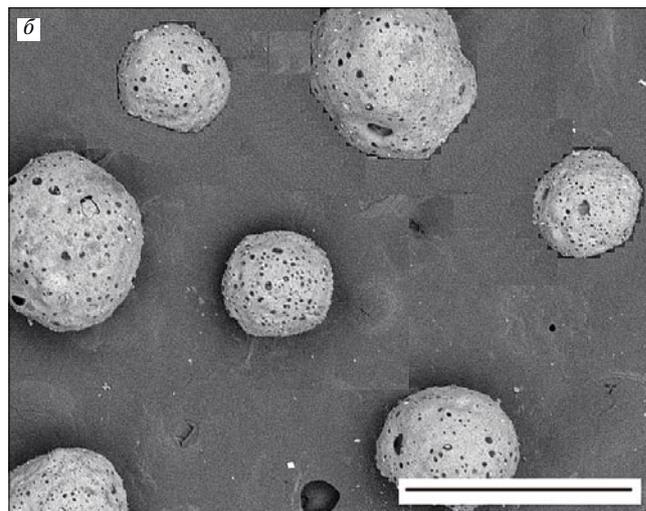


Рис. 1. Общий вид блочного и гранулированного пеностекла из природного сырья (а); песок пеностекла, масштабная линейка соответствует 500 мкм (б)

Fig. 1. General view of the block and granulated foamed glass from natural raw materials (a). Sand glass foam, scale bar corresponds to 500 microns (b)

Некоторые цеолиты способны к термоактивированному вспениванию при температуре естественного плавления (1150–1200°C). При добавлении к составам на основе цеолитизированных туфов плавней порообразование в них может протекать при температуре, характерной для производства пеностекла из стеклопорошка, 750–850°C [4].

Кроме кремнистых пород и цеолитизированных туфов для получения пеноматериалов типа пеностекла может применяться также ряд *магматических пород* или их отсева (отходы), образующиеся при дроблении на щебень. Это плотные породы, не содержащие в своем составе источника газовой фазы и не образующие ее при смешивании с гидроксидом натрия. Для получения вспенивающихся составов на основе магматических пород в них необходимо вводить специальные газообразователи. Из магматических пород, таких как витрофиры, андезиты, диориты, получено блочное пеностекло с плотностью 200 кг/м³ и гранулированное с насыпной плотностью 120 кг/м³ и выше [5].

Доступность и распространенность в нашей стране *кремнистого и алюмосиликатного сырья* может стать основой для развития отрасли пеностеклокристаллических строительных материалов. Это позволит организовать производство широкого ассортимента пористой строительной продукции: гранулированной, с фракциями от песка с размером гранул 0,25–0,5 мм до гравия больших размеров, и блочной, от теплоизоляционной с низкой плотностью 100–250 кг/м³ до различных видов теплоизоляционно-конструкционных с более высокой плотностью (рис. 1, а, б).

Кроме того, из природного сырья можно изготавливать специальную пористую продукцию, например радиационно-защитную [6] с повышенными прочностными характеристиками [7], акустическую [8], декоративно-отделочную с теплоизоляционными свойствами и другие специфические виды пеностекла.

Радиационно-защитные (PЗ) свойства пеностекла достигаются при добавлении в состав соединений, содержащих элементы с высоким атомным номером, таких как свинец, барий или висмут. Для ослабления γ -излучения Cs в два раза при энергии 1 МэВ толщина свинцовой пластины должна составлять 13 мм, толщина бетона – 129 мм, толщина обычного пеностекла – не менее 300 мм. Использование оксидов указанных элементов или их солей в составах на основе природного сырья позволило значительно уменьшить толщину PЗ



Рис. 2. Пеностекло, армированное металлической сеткой. Две части пеностекла по распилу держатся за счет армирующей сетки

Fig. 2. Foam glass, reinforced with a metal grid. Two pieces of foam glass on sawing kept by reinforcing mesh

foaming mixtures based on the plutonic rocks. Plutonic rocks such as vitrophyres, andesines, greenstones are used to produce blocked foamed glass with the density of 200 kg/m³, and granulated foamed glass with the bulk density of 120 kg/m³ and more [5].

Availability and incidence of *silica and alumo-silica raw materials* in our country can make base to develop the branch of foamed-glass crystal building materials. It will permit to organize the manufacture of a wide range of porous building stores such as granulated products (fraction from sand with a grain size of 0.25–0.5 mm to large gravel) and blocked products (from thermal-insulating material with low density of 100–250 kg/m³ to various thermally-insulating structural materials with higher density). Furthermore, natural raw material can be used to produce special porous products, for example, radiation-protective ones [6], with increased strength features [7], acoustic products [8], decorative-finishing materials with thermal-insulating properties, and other special types of foamed glass (Fig. 1).

Radiation-protective (RP) properties of the foamed glass are reached as the elements with high atomic number, such as

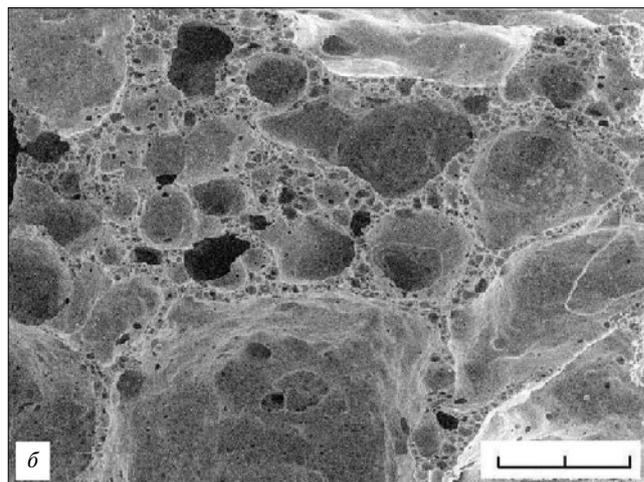
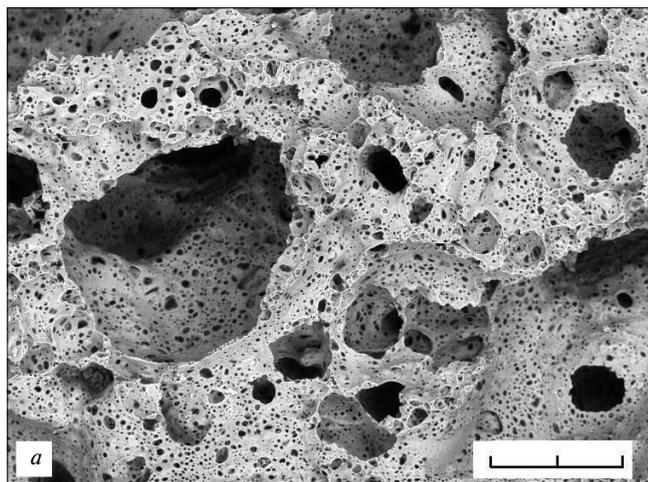


Рис. 3. Микро- и макротекстура пеностекла, изготовленного из природного сырья: а – цеолит-карбонатная порода; б – цеолит-карбонатная порода с подшиховкой опокрой. Масштабная линейка соответствует 1 мм

Fig. 3. Micro- and macro texture foam glass, manufactured from natural raw materials: a – zeolite-carbonate rock; b – zeolite-carbonate rock with additive flask. Scale bar is 1 mm

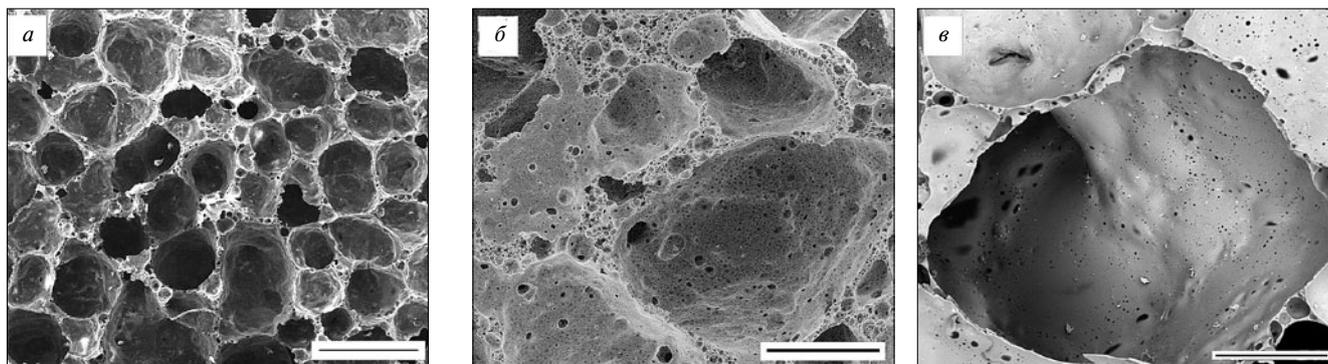


Рис. 4. Пористая макротекстура пеностекла из природного сырья, масштабная линейка соответствует 2 мм (а); пористая микротекстура стенок пеностекла при обычном измельчении природного сырья (б); пористая микротекстура пеностекла при механоактивации природного сырья (в). Масштабная линейка соответствует 500 мкм

Fig. 4. Porous macro texture foamed glass from natural raw materials, scale bar corresponds to 2 mm (a); porous micro texture walls of foam glass in normal grinding of natural raw materials (b); porous micro texture foam glass under mechanoactivation of natural raw materials (c). Century Scale bar corresponds to 500 microns

пеностекла для ослабления γ -излучения Cs в два раза. Например, при использовании оксида свинца толщина РЗ-пеностекла составляет 80–120 мм [6]. При этом РЗ-пеностекло несет и свою основную функцию тепло-изоляционного материала.

Повышение стойкости блочного пеностекла к разрушающим воздействиям не менее чем в два-три раза достигается за счет его *армирования* металлическими или любыми другими сетками, способными к адгезионному взаимодействию с расплавом стекла. Армирование осуществляется за счет вертикальной установки в форму с шпихтой двух или более металлических сеток с расчетным шагом между ними 100–150 мм и выше. После вспенивания сетка прочно связывается с матрицей пеностекла и препятствует воздействию разрушающих нагрузок (рис. 2). Например, при плотности пеностекла 160 кг/м³ предел прочности при сжатии без армирования составляет 0,8 МПа, а при изготовлении из природного сырья с армированием металлической сеткой – 4,5 МПа [7].

Как известно, *акустическое пеностекло* изготавливают с открытой пористостью, которая образуется при добавлении к обычному стеклянному порошку карбоната кальция. Акустическое пеностекло характеризуется пониженным сопротивлением разрушающим нагрузкам. Некоторые месторождения цеолитизированных туфов характеризуются высоким содержанием карбонатов кальция. Это так называемые мергелистые породы. В составах для производства пеноматериалов на основе *цеолит-мергелистых* туфов при умеренном содержании оксида кальция нарушение сплошности стенок пор происходит в виде точечных разрывов. Такое пеностекло обладает акустическими свойствами с сохранением предела прочности при сжатии, характерных для обычного пеностекла (рис. 3) [8].

Общим для пеностекла любого вида, изготовленного из природного сырья, является высокая однородность пор по размерам (рис. 4, а). Безусловно, это достигается при соблюдении технологических параметров изготовления пеностекла из такого сырья.

Высокая гигроскопичность и пористость кремнистых пород и цеолитсодержащих туфов позволяет направленно изменять характеристики пористой структуры пеностекла. При измельчении сырья в обычных мельницах (шаровые, стержневые и др.) пеностекло на его основе характеризуется двойной системой пор: первая – миллиметрового, вторая – микронного размера (рис. 4, б). Микронные поры распределены в стенках пор первого уровня. После механоактивации сырья толщина стенок пор значительно уменьшается (рис. 4, в). Однако механоактивация пористых пород не приводит

lead, barium, or bismuth are added in the composition. To weaken the γ -emission of Cs two times at the energy of 1.0 MeV, the thickness of the lead plate must be 13 mm, concrete thickness must be 129 mm, ordinary foamed glass thickness must be minimum 300 mm. Utilization of oxides of above elements or their salts in the compositions based on the natural raw materials enabled to reduce significantly the RP thickness needed to reduce the γ -emission of Cs two times. For example, in the case of lead oxide, the thickness of the RP foamed glass is 80–120 mm [6]. At the same time, the RP foamed glass performs its main function as a thermal-insulating material.

Hardening of the blocked foamed glass in respect to destructive effects (2–3 times at least) is reached by *reinforcement* with metal or any other meshes capable for adhesion interaction with melted glass. The reinforcement is done due to the vertical installation of two or more meshes in the form with load, with a certain design pitch between them (100–150 mm and above). After foaming, the mesh is tightly bound with the foamed glass matrix and prevents the action of compressing loadings (Fig. 2). For example, as the foamed glass density is 160 kg/m³, the compressive strength without reinforcement is 0.8 MPa, whereas if it is produced from the zeolite-containing tuff with the metal-mesh reinforcement, this index reaches 4.5 MPa [7].

As is known, *the acoustic foamed glass* is manufactured with the open porosity which occurs as calcium carbonate is added to the ordinary glass powder. The acoustic foamed glass features low value of the resistance to destructive effects. Some fields of zeolitized tufts feature high content of calcium carbonates, these are so-called malmstones. In the compositions for the production of the foamed materials based on *zeolite-malmstone* tufts, with the moderate content of calcium oxide, pore walls discontinuity occurs as breakpoints (Fig. 3). Such foamed glass has acoustic properties and preserves the value of the compressible strength common for the ordinary foamed glass [8].

High dimensional homogeneity of pores is a common feature of any kind of foamed glass manufactured from natural raw materials (Fig. 4). This is surely reached when technological parameters of foamed glass production processes are respected.

High water-absorption capacity and porosity of silica rocks and zeolite-containing tufts enables to vary directionally the characteristics of the porous structure of foamed glass. When the raw material is milled in ordinary mills (ball, rod, etc.), the foamed glass has a double pore system: the first one is of millimeter, the other is of micron level. Micron pores are distributed over the walls of the first-level pores. After mechanical activation, the pore wall thickness reduces

к заметному уменьшению плотности пеностекла, поэтому измельчение таких пород требуется до той степени дисперсности, которая необходима для формирования гранул.

Разработанные в Институте геологии и минералогии СО РАН составы и способы получения пеностекла из природного сырья в настоящее время проходят полупромышленные испытания. Результаты опытно-промышленных испытаний, проведенных в ООО «Баскей», показали, что на основе широко распространенных на территории России и СНГ кремнистых пород с использованием отечественного оборудования можно организовать в промышленных масштабах производство гранулированного пеностекла, соответствующего всем нормативным показателям на данный вид продукции [2]. До конца 2013 г. планируется провести опытно-промышленные испытания изготовления блочного армированного пеностекла.

Ключевые слова: кремнистые и цеолитсодержащие породы, пеностекло радиационно-защитное, армированное, акустическое, физические свойства.

Список литературы

1. *Кетов А.А.* Получение строительных материалов из гидратированных полисиликатов // Строительные материалы. 2012. № 11 / Technology. С. 22–24.
2. *Казанцева Л.К., Стороженко Г.И., Никитин А.И., Киселёв Г.А.* Теплоизоляционный материал на основе опоки // Строительные материалы. 2013. № 5 / Technology. С. 85–89.
3. *Овчаренко Г.И., Свиридов В.Л., Казанцева Л.К.* Цеолиты в строительных материалах. Барнаул: Алт. ГТУ, 2000. 320 с.
4. *Казанцева Л.К., Железнов Д.В., Серёткин Ю.В., Ращенко С.В.* Формирование источника порообразующего газа при увлажнении природных алюмосиликатов раствором NaOH // Стекло и керамика. 2012. № 10. С. 37–42.
5. *Казанцева Л.К., Овчаренко Г.И.* Сырьевая смесь для получения пеносиликатного материала и способ изготовления пеносиликатного материала. Пат. РФ 2405743 // Оpubл. 10.12.10. Б.И. № 34.
6. *Казанцева Л.К.* Шихта для изготовления пеностекла с радиационно-защитными свойствами. Пат. РФ 2443644 // опубл. 27.02.12. Б.И. № 6.
7. *Казанцева Л.К.* Способ изготовления армированного пеностекла. Пат. РФ 2443645 // Оpubл. 27.02.12. Б.И. № 6.
8. *Казанцева Л.К., Юсупов Т.С. и др.* Пеностекло. Пат. РФ на полезную модель № 124905 // Оpubл. 20.02.13. Б.И. № 5.

significantly (Fig. 4). However, mechanical activation of porous rocks does not lead to any essential reduction of the foamed glass density, thus milling of such rocks can be moderate, down to that fineness level which is needed to form granules.

The compositions developed in the laboratory conditions of the Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, as well as the methods of production of foamed glass are at the moment under semi-industrial testing. Early results of pilot tests performed by ООО «Баскей» showed that, using silica rocks common for Russia and CIS and domestic equipment, it is possible to organize the industrial-level production of the granulated foamed glass satisfying all standards for this kind of products [2]. It is planned to perform the pilot tests of the production of blocked reinforced foamed glass within 2013.

Key words: silica and zeolite-containing, acoustic foamed glass, radiation protective, reinforced, physical properties.

References

1. *Ketov A.A.* Production of building materials from hydrated polysilicates // (2012) Stroitel'nye Materialy [Construction materials], (11) / Technology. Pp. 22–24.
2. *Kazantseva L.K., Storozhenko G.I., Nikitin A.I., Kiselev G.A.* Thermal-insulating material based on gaize // (2013) Stroitel'nye Materialy [Construction materials], (4) / Technology. Pp. 85–89.
3. *Ovcharenko G.I., Sviridov V.L., Kazantseva L.K.* Zeolites in building materials. Barnaul: Publishing house of Altai State Technical University, 2000. 320 p.
4. *Kazantseva L.K., Zheleznov D.V., Serjotkin Yu.V., Raschenko S.V.* Generation of a pore-forming gas source as natural aluminosilicates are wetted with NaOH dilution // Glass and Ceramics. 2012. No. 10. Pp. 37–42.
5. *Kazantseva L.K., Ovcharenko G.I.* Raw-material mixture to produce a foamed silicate material and the method of production of the foamed silicate material. Patent of the Russian Federation 2405743 // Published on 10.12.10 Information bulletin No. 34.
6. *Kazantseva L.K.* Fusion agent for the production of foamed glass with radiation-protective properties. Patent of the Russian Federation 2443644 // Published on 27.02.12 Information bulletin No. 6.
7. *Kazantseva L.K.* The method of production of reinforced foamed glass. Patent of the Russian Federation 2443645 // Published on 27.02.12 Information bulletin No. 6.
8. *Kazantseva L.K., T.S. Yusupov et al.* Foamed glass. Patent of the Russian Federation for the useful model No. 124905 // Published on 20.02.13. Information bulletin No. 5.

ПОДПИСКА НА ЭЛЕКТРОННУЮ ВЕРСИЮ ЖУРНАЛА «Строительные материалы»®



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



ЗАВОД
ТЕХПРИБОР

г. Щекино Тульской обл.

ПРЕДЛАГАЕТ

Автоматизированные мельничные комплексы



«Трибокинетика-6000»

- 2 950 000 р. с НДС
в полной комплектации
- 2 года гарантии
- Низкая себестоимость помола

РАБОТАЮТ ПО ВСЕЙ РОССИИ!



www.tpribor.ru

Завод «Техприбор» РФ, Тульская область, г. Щекино, ул. Пирогова, д. 43
Контактные телефоны: (48751) 4-87-27, 4-08-69, (48751) 4-57-78, 4-76-99

E-mail: manager@tpribor.ru

АКВАПАНЕЛЬ

НОВЫЙ ВЗГЛЯД на стены

Тоньше, легче, прочнее и универсальнее – такими потребители хотят видеть строительные материалы в настоящее время. Но путь современным материалам в массовое строительство чаще всего преграждают укоренившиеся убеждения, традиции или привычки. Наружная стена КНАУФ АКВАПАНЕЛЬ® ломает устаревшие традиции, позволяя создавать конструкции, проектирование которых было трудно себе представить ранее. Стены, которые изящно изгибаются, давая больше пространства и полезной площади, вдохновляющие на новые идеи, открывают новый взгляд на вещи, предлагают лучшие способы строительства.

Наружная стена КНАУФ АКВАПАНЕЛЬ® является новым поколением строительных конструкций, с помощью которых возможно создание долговечных ограждающих конструкций, обладающих большей строительно-физической эффективностью в сравнении с привычными конструкциями из кирпича и блоков. Данная стена в качестве несущей ограждающей конструкции здания формирует климатически устойчивую оболочку, способную выдерживать экстремальные погодные условия и противостоять повышенной влажности окружающей среды. Благодаря тому, что в базовом компоненте системы – цементно-минеральной плите АКВАПАНЕЛЬ® – отсутствуют какие-либо органические включения, она не подвержена гниению, не размягчается и не набухает под воздействием влаги.

В связи с тем, что конструкция стены изготавливается методами сухого строительства, она обладает всеми преимуществами этого прогрессивного метода: при сохранении одних и тех же показателей по огнестойкости, звуко- и теплоизоляции экономится до 65% массы кон-

струкции и до 40% толщины стены. Меньшая масса стены означает меньшую нагрузку на фундамент и перекрытия, а значит, и экономию стоимости фундамента и железобетонного каркаса. При сравнительно высокой стоимости отдельных компонентов системы общая стоимость конструкции оказывается существенно ниже. Меньшая толщина стены в свою очередь означает, что при одном и том же внешнем периметре здания возможно увеличение до 8% полезной площади внутреннего пространства. И хотя эти стены тоньше, они обеспечивают такие же теплотехнические характеристики, как и обычные стены, благодаря использованию принципа слоистой конструкции, предоставляющей пространство для применения эффективной изоляции.

Наружная стена КНАУФ АКВАПАНЕЛЬ® поставляется в виде отдельных строительных материалов, монтируемых непосредственно на строительной площадке, и устанавливается быстрее, чем кирпичные или блочные стены. Это позволяет на 27% быстрее закрывать тепловой контур здания и приступить к последующим отде-



лочным работам, что способствует соблюдению сроков сдачи здания в эксплуатацию и быстрой оборачиваемости инвестиций.

Несмотря на свою ультратонкую толщину, наружные стены жесткие, прочные, сейсмостойкие, способные выдерживать серьезные механические нагрузки, вызванные в том числе неблагоприятными погодными факторами. Основу стены составляет плита АКВАПАНЕЛЬ® Наружная, представляющая собой листовую материал с цементным сердечником, содержащим минеральные наполнители, облегчающие массу плиты. Плита с обеих сторон покрыта армирующей стеклосеткой, придающей материалу дополнительную прочность. Такой состав материала отражается на ее уникальных свойствах. Щелочная среда плиты препятствует развитию плесени. Высокая влагостойкость материала обеспечивает прочность конструкции даже в условиях мокрого режима эксплуатации. Эта особенность выгодно проявляет себя в плите для внутреннего применения – АКВАПАНЕЛЬ® Внутренняя, с помощью которой возводятся геометрически сложные и ответственные внутренние конструкции при отделке бассейнов, саун, бань, общественных кухонь, прачечных,



больничных палат и др.

Как Наружная стена КНАУФ АКВАПАНЕЛЬ®, так и применяемая в конструкциях для влажных помещений АКВАПАНЕЛЬ® Внутренняя соответствуют высоким требованиям экологической устойчивости в архитектуре и строительстве.

Наружная стена КНАУФ АКВАПАНЕЛЬ® помогает создавать здания, которые предоставляют людям больше пространства для жизни. Данная технология используется в разных областях, от офисных зданий, больниц и гостиниц до спортивных арен и спортивно-оздоровительных сооружений. В надежности таких систем убедились уже строители и архитекторы не только за рубежом, но и в России. Сейчас АКВАПАНЕЛЬ® Наружная широко используется в малоэтажном каркасном домостроении, а также при обшивке балконов и лоджий, устройстве наружных потолков и свесов крыш, устройстве дверных и оконных откосов, в ландшафтном дизайне, утеплении фасадов. Учитывая тот факт, что при помощи АКВАПАНАЛИ® создается сплошной штукатурный фасад, он легко вписывается в исторический облик города, делая материал незаменимым при реконструкции и строительстве жилых и общественных зданий в крупных городах с плотной застройкой. При помощи АКВАПАНАЛИ® можно воплощать на фасаде любые креативные идеи, придавать ему любой внешний вид – создавать лепные поверхности, использовать все виды отделки, в том числе с повышенной нагрузкой, от штукатурной поверхности до облицовки натуральным камнем.

Наружная стена КНАУФ АКВАПАНЕЛЬ® и решения для мокрых помещений АКВАПАНЕЛЬ® Внутренняя помогают архитекторам и дизайнерам отказаться от обычного мышления и более смело внедрять инновации. Благодаря более тонким и легким материалам старые ограничения уходят в прошлое, при этом впечатляющие купола и дополнительные надстройки, которые были бы невозможны при использовании традиционных строительных материалов, теперь становятся осуществимы.

www.knauf.ru

Усушечные трещины в стеновых бревнах и брусьях

Избежать появления усушечных трещин в бревнах и брусьях естественной влажности в деревянном доме практически невозможно, поэтому принимать это нужно как данность.

Основное растрескивание происходит за первый год усушки. Вначале на поверхности бревна по всей длине появляются мелкие трещины, которые затем срастаются, образуя ряд основных глубоких расколов, формирующих основную трещину. После ее появления напряжения в бревне снимаются и практически все мелкие трещины вновь стягиваются, делая поверхность относительно гладкой и ровной.

Если трещины, расположенные на внутренних поверхностях бревен (в помещении), влияют больше на декоративность стен, то трещины на фасадной поверхности дома могут повлиять и на их эксплуатационную стойкость. Трещины в бревнах обычно являются воротами проникновения влаги и грибной инфекции в глубокие слои древесины, вызывая *центральную гниль*. В этом отношении не все трещины представляют одинаковую опасность, поэтому их делят на **активные, нейтральные и пассивные** [1].

В стеновых бревнах к **активным** относят трещины, образующиеся в верхней четверти наружной стороны бревна, к **пассивным** — образующиеся в нижней четверти, и к **нейтральным** — образующиеся между ними (рис. 1).

Активные трещины при дождевом орошении заполняются водой; в **нейтральные** вода может попасть редко и в небольшом количестве, например при штормовых дождях, а в **пассивные** ни дождь, ни снег никогда не попадают, и увлажнение древесины в них носит лишь гигроскопический характер.

При наличии **активных** трещин на не защищенных от попадания атмосферных осадков бревнах стен развитие гнили неизбежно. Центральная гниль трудно диагностируется при осмотре стены, поскольку бревна, в которых она имеется, внешне выглядят как здоровые.

Особенно интенсивному биоразрушению подвергаются верхние бревна и брусья ограждений открытых балконов, веранд и крылец. Наибольшую опасность представляют трещины, расположенные на их верхних поверхностях, при этом быстрее всего разрушаются основные бревна с широкой заболоной (рис. 2).

Брусья, в которых заболони практически нет, более устойчивы к биоразрушению, но при определенных условиях гниение может развиваться и во внутренней зоне, что не всегда можно обнаружить визуально. Для брусев со смещенной сердцевинной усушечные трещи-

ны особенно опасны в том случае, если брусья укладывают наружной пластью вверх. При высыхании бруса на его поверхности образуются широкие и глубокие трещины, доходящие до сердцевины, в которые свободно проникает вода, а в летний период внутри бруса создаются весьма благоприятные условия для развития дереворазрушающих грибов.

В бревнах с отклонением волокон от продольной оси образуются трещины, идущие по спирали (рис. 1, г). Явление спиралеобразного расположения продольных волокон в растущем дереве очень распространено.

Детальное обследование двух объектов деревянного зодчества (магазеи и церкви) в Пинежском и Каргопольском районах Архангельской области показало, что в срубах этих строений 36% бревен имели ярко выраженный косослой [2]. При этом интенсивное поражение дереворазрушающими грибами в косослойных бревнах встречалось в 1,7 раза реже, чем в прямослойных. Максимальная ширина раскрытых трещин в прямослойных бревнах оказалась в 2,6 раза больше, чем в косослойных, а средняя относительная глубина (глубина трещины, выраженная в долях от диаметра бревна) — соответственно больше в 1,2 раза.

По мнению Ю.А. Варфоломеева [2], при изменении температурно-влажностных условий эксплуатации вследствие неравномерной деформации вдоль и поперек волокон и перераспределения внутренних напряжений косослойная древесина в меньшей степени подвержена растрескиванию. Меньшую подверженность биопоражению косослойных бревен можно объяснить тем, что спиралеобразные трещины при дожде работают как водосливы, снижая при этом намокание древесины и вероятность развития дереворазрушающих грибов.

В то же время необходимо заметить, что по таким трещинам вода часто поступает к углам дома в зону врубок, создавая там гнилостный режим. В этом случае спиралеобразные трещины с полным правом можно отнести к **активным**.

Для предотвращения образования и развития в стеновых бревнах **активных** трещин в настоящее время используют достаточно эффективный прием, предусматривающий устройство пропилов (компенсационных пазов) в верхней или нижней части бревна. Чтобы пропил не был виден на торце бревна, некоторые производители не доводят его до конца (рис. 3), хотя появление трещины на торце в дальнейшем все равно неизбежно.

Устройство деформационных пропилов широко используют при строительстве домов из оцилиндрованно-

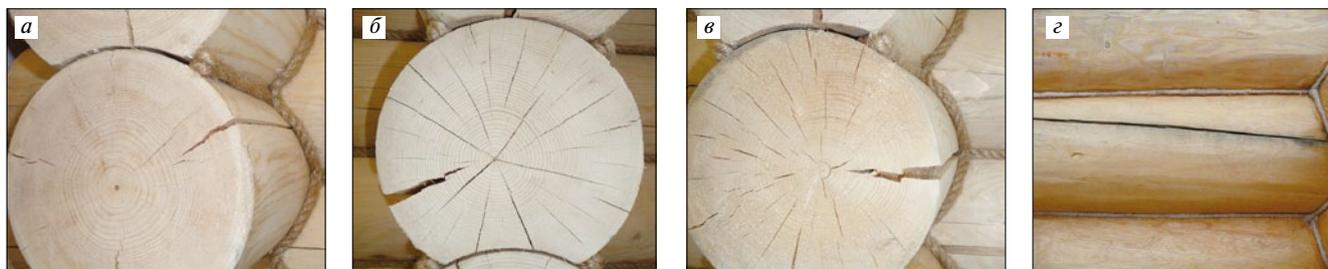


Рис. 1. Усушечные трещины в бревнах: а – активная; б – пассивная; в – нейтральная; г – спиралеобразная



Рис. 2. Разрушение стенового бревна (балкон) в результате отсутствия конструктивной защиты от осадков

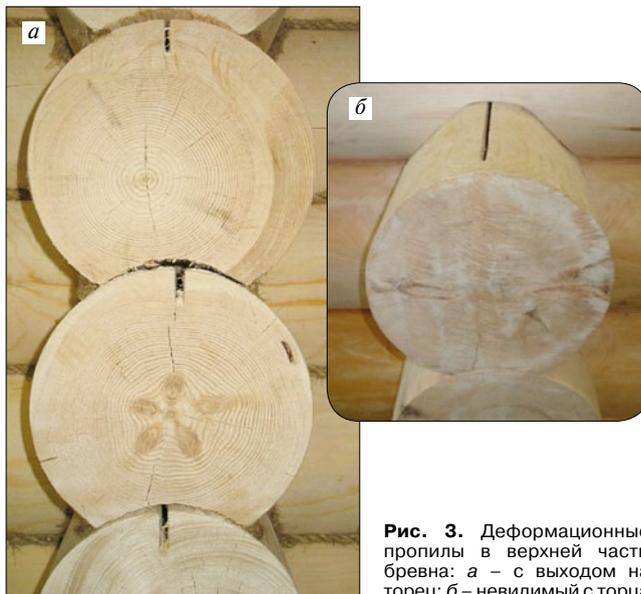


Рис. 3. Деформационные пропилы в верхней части бревна: а – с выходом на торец; б – невидимый с торца

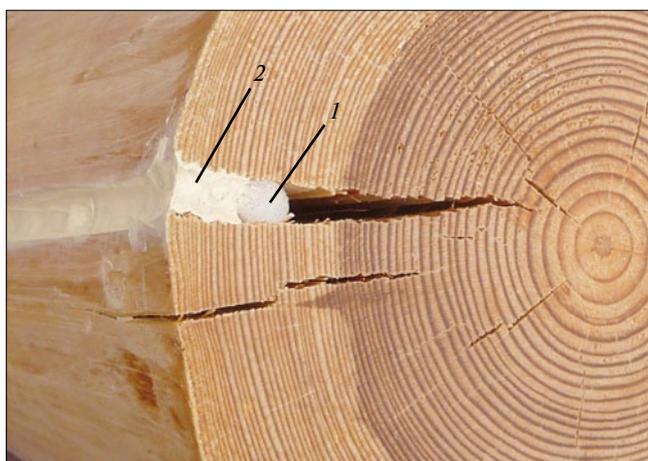
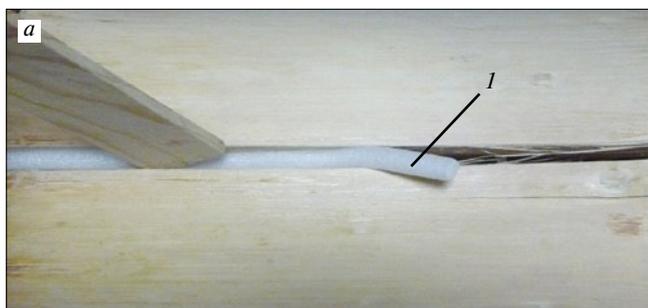


Рис. 4. Герметизация усушечной трещины: а – введение в трещину уплотнительного жгута; б – заполнение трещины герметиком; 1 – жгут уплотнительный пенополиэтиленовый Энергофлекс; 2 – герметик акриловый

го бревна. Лучшим вариантом следует считать расположение пропила в нижней части бревна, что особенно эффективно для бревен с несимметричным расположением сердцевины. Это связано с тем, что сердцевина расположена не строго по всей длине центральной оси дерева, а может смещаться. Поэтому при верхнем расположении пропила трещина в процессе развития может выйти на фасадную поверхность бревна и превратиться в *активную*. При расположении пропила в нижней части вероятность превращения трещины в *активную* минимальная. Несмотря на сказанное, на заводах, изготавливающих оцилиндрованные бревна, пропилы делают именно в верхней части бревна. Это можно объяснить особенностями заводской технологии изготовления таких бревен, предусматривающих выборку в нижней части бревна продольного паза.

Следует отметить, что технологический пропил не является панацеей от трещин. Как показывает опыт, по технологическому пропилу идет только 20–40% трещин.

В домах, смонтированных из бревен и брусьев с влажностью выше 30%, снизить образование и развитие трещин можно путем создания мягкого режима сушки древесины. Естественная сушка должна происходить в течение первого года, при этом необходимо исключить прямых попаданий на стены осадков и солнечных лучей. Оконные и дверные проемы должны быть открытыми, чтоб кондиционирование воздуха было равномерным. После окончания монтажных работ крайне желательно включить отопление даже в щадящем режиме. Температура воздуха внутри и снаружи дома должна быть приблизительно одинаковой. При таком режиме сушка древесины происходит медленно, что ведет к снижению количества усушечных трещин. Чтобы снизить скорость сушки, стеновые бревна и брусья рекомендуются обработать составами, которые замедляют испарение влаги с поверхности.

Герметизация активных трещин в стеновых бревнах и брусьях целесообразна не столько по эстетическим соображениям, сколько в силу необходимости максимально снизить возможность попадания в них атмосферных осадков и развития центральной гнили. На фасадах потенциальную опасность представляют только относительно широкие (более 5 мм) трещины, в которые может затекать вода.

Трещины в бревнах при эксплуатации дома из-за сезонных колебаний влажности древесины периодически меняют свою ширину (при увлажнении уменьшаются, а



Рис. 5. Усушечные трещины, заполненные акриловым герметиком Acryl 100 фирмы Remmers (стойка и прогон внутри помещения)

при высыхании увеличиваются). Поэтому герметики, которые используют в таких жестких условиях (воздействие УФ-лучей, значительные температурные перепады и влажностные деформации древесины), должны длительное время выдерживать эти циклические нагрузки без повреждений.

Анализ рынка мастичных герметизирующих материалов показывает, что предлагаемые герметики для древесины предназначены в основном для внутренних работ, где влажностные деформации древесины практически отсутствуют, а температура, при которой они могут использоваться, обычно не ниже -10°C . Кроме того, они не обладают достаточной эластичностью, чтобы следовать за деформациями древесины. Застывая или полимеризуясь, герметики становятся неподвижными, что может привести к образованию в древесине новых трещин.

Некоторые зарубежные и отечественные фирмы поставляют на рынок герметики, разработанные специально для изоляции трещин в бревнах и брусках и герметизации межвенцовых швов.

Так, в малоэтажном строительстве успешно применяют акриловый герметик **Energy-Seal**, разработанный американской компанией **Perma-Chink**. Этот герметик, предназначенный специально для заделки трещин в бревнах шириной до 25 мм, обладает высокой эластичностью (выдерживает деформации до 150%) и большим сроком службы. Для этих же целей фирма Remmers (Германия) производит акриловый герметик **Acryl 100**.

ЗАО НПП «Рогнеда» производит однокомпонентный колеруемый герметик **Eurotex**, который предназначен для заделки торцевых и боковых трещин на бревнах и бруске. Герметик обладает высокой эластичностью (более 200%) и изолирующей способностью, пригоден к эксплуатации во всех климатических зонах и служит до 20 лет.

ООО «Герметик и К^о» предлагает для герметизации мелких трещин однокомпонентный акриловый герметик **Акрил № 117**, а для герметизации трещин деформативностью не более 20% — герметик **Акрил № 128**.

Герметики могут эксплуатироваться в интервале температуры $-60 - +90^{\circ}\text{C}$.

Герметизацию усушечных трещин в бревнах производят в следующей последовательности.

Перед началом работы подлежащую изоляции поверхность очищают от пыли и слегка увлажняют водой из распылителя. Затем в трещины с шириной раскрытия более 8 мм вводят уплотняющий шнур из экструдированного полиэтилена **Энергофлекс** или из вспененного полиэтилена **Вилатерм**, который необходим для снижения расхода и обеспечения нормальной работы герметика на сжатие и растяжение. После укладки шнура в трещину на глубину 4–6 мм с помощью монтажного пистолета наносят герметик (рис. 4). Толщина слоя герметика в трещинах должна быть не меньше 4–6 мм, но целесообразно наносить его толщиной больше 8–10 мм.

Сразу после нанесения поверхность герметика разглаживают шпателем (металлическим, резиновым или пластиковым). Для этого его слегка сбрызгивают водой из пульверизатора и шпателем придают гладкий вид. Лишний герметик удаляют мокрой тряпкой сразу после нанесения. На рис. 5 в качестве примера показаны конструктивные бревенчатые элементы дома, в которых усушечные трещины заполнены герметиком **Acryl 100**.

Ключевые слова: усушечная трещина, технологический пропил, герметик, бревно, брус.

Список литературы

1. Горшин С.Н. Экологические аспекты биоразрушения и конструкционные меры защиты деревянных строений. Биоповреждения в строительстве. М.: Стройиздат, 1984. С. 84–102.
2. Варфоломеев Ю.А. Обеспечение долговечности изделий из древесины. М.: ИЧП «Ассоль», 1992. 288 с.

Вышла книга

Защита деревянных конструкций



Автор – А.Д. Ломакин, канд. техн. наук, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2013, 424 с.

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 ДКК 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.

Книга рассчитана на специалистов и научных работников, работающих в области защиты деревянных конструкций, технологов предприятий по производству ДКК и заводов деревянного домостроения, сотрудников проектных организаций и преподавателей вузов. Она может быть полезна также и для организаций, занимающихся строительством зданий и сооружений с применением деревянных конструкций.

Цена 1000 р. без почтовых расходов.

Заявки для приобретения направлять

по тел./факсу: (499) 976-20-36, 976-22-08

E-mail: mail@rifsm.ru

NEW

МОДИФИЦИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

НА РАСТВОРОБЕТОННЫХ
УЗЛАХ И СТРОЙПЛОЩАДКАХ



Реклама

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.

SibBuild



Международная строительная
и интерьерная выставка



**28 – 31
января 2014**

**10 – 13
февраля 2014**

место проведения:
«Новосибирск Экспоцентр»

Более 800 компаний
из 16 стран мира
Посетители: свыше
23 000 специалистов



ITE Сибирская Ярмарка. По вопросам участия обращайтесь: +7 (383) 363 00 63, sibbuild@sibfair.ru

www.SibBuild.ru

Н.И. КАРПЕНКО, д-р. техн. наук, академик РААСН,
В.Н. ЯРМАКОВСКИЙ, канд. техн. наук, почетный член РААСН (yarmakovsky@yandex.ru),
Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (Москва)

Основные направления ресурсоэнергосбережения при строительстве и эксплуатации зданий. Часть 2

Ресурсоэнергосбережение на стадии монтажа (возведения) конструктивной системы здания и его эксплуатации*

2.3. Ресурсоэнергосбережение на стадии монтажа и возведения конструктивно-технологической системы (КТС) здания

2.3.1. Снижение металлоемкости КТС здания при монтаже сборно-омоноличенного каркаса с усовершен- ствованными стыками его элементов

В результате выполненных в НИИСФ аналитических исследований было установлено, что значительный резерв в снижении металлоемкости конструктивно-технологической системы здания, а следовательно, и энергозатрат при ее монтаже в процессе возведения здания может быть реализован за счет совершенствования конструкций стыков элементов сборно-омоноличенного каркаса, а именно: - стыков колонн с колоннами; стыков внутренних стен с колоннами в составных устоях; ригелей с колоннами.

Это положение подтвердили результаты соответствующих экспериментальных исследований по совершенствованию сборно-омоноличенного каркаса «Экспериментальная архитектурная строительная система» «ЭАСС «КАСКАД» 16-этажного здания, выполненных НИИСФ** совместно с ОАО «Томская домостроительная компания», в том числе ООО «Стройтехнологии ТДСК» и кафедрой железобетонных конструкций Томского ГАСУ.

Совершенствование конструкции стыков осуществлялось за счет: уточнения методики расчета стыков; изменения конструкции стыков на основании результатов проведенных испытаний и результатов изменения технологии монтажа КТС здания, в частности, использования подкосов и одиночных кондукторов.

Результаты совершенствования стыков вышеназванных элементов каркаса, отраженные в табл. 1, выразились в том, что определилась возможность снижения металлоемкости стыков на 30–54% (в зависимости от типа стыка и его исходной и усовершенствованной конструкций).

В целом количество сэкономленного металла (ненапрягаемой стальной арматуры А500ПС и листовой стали С345 для закладных деталей) в стыках составило в расчете на все вышеуказанные основные элементы сборно-омоноличенного каркаса «ЭАСС КАСКАД» 16-этажного здания, возводимого Томской ДСК, 89,2 т. Соответственно снижение энергозатрат $\Delta \mathcal{E}_k$ на возведе-

ние (монтаж) такого каркаса за счет сокращения его металлоемкости ΔM составило: $\Delta \mathcal{E}_k = \Delta M \times \Delta \mathcal{E}_m = 178$ т.у.т., где $\Delta \mathcal{E}_m$ – средневзвешенный показатель удельных энергозатрат (тонн усл. топлива) на производство 1 т ненапрягаемой стальной арматуры А500СП и листовой стали С345.

К вышеизложенному следует добавить установленную при проведении данной НИР возможность экономии до двух раз объема сварных швов в стыках несущих конструкций и соответствующее снижение энергозатрат на их устройство.

2.3.2. Сокращение требуемого расхода арматурной стали в КТС здания при возведении монолитного каркаса здания

В продолжении части 1 настоящей статьи [2] в разделе 2.2.1 приведены результаты выполненных НИИСФ расчетов КТС 16-этажного каркасно-панельного здания, которые установили возможность снижения требуемого расхода арматурной стали в сборных элементах каркаса на 10–20% при замене в них тяжелого бетона равнопрочным конструкционным легким бетоном.

Это положение подтверждается результатами производства сборных каркасов типа Saret на технологических линиях Новочебоксарского ДСК, в которых и горизонтальные, и вертикальные элементы такого каркаса выполнены из конструкционного легкого бетона классов В20–В35 на основе собственного высокопрочного керамзита, а также результатами эксплуатации зданий с такими каркасами в различных регионах страны (Новочебоксарск, Нижний Новгород, Екатеринбург, Казань, Ульяновск, Московская обл. и др.[3]).

Логично было предположить возможность не меньшего снижения требуемого расхода арматурной стали за счет снижения массы здания при возведении также и монолитного каркаса со всеми элементами его из легкого бетона.

Были выполнены соответствующие расчеты также 16-этажного здания, но уже с монолитным каркасом. Шаг колонн вдоль буквенных, а также цифровых осей составлял 6, 6, 9, 6, 6 м. Таким образом, соблюдается симметрия относительно осей абсцисс и ординат. Колонны – размером в плане 500×500 мм. В центре здания в ячейке 9×9 м расположено ядро жесткости. Внутренние стены (диафрагмы жесткости) толщиной

* Продолжение статей, опубликованных в [1, 2]

** Исследования выполнялись группой главного научного сотрудника лаборатории ресурсоэнергосберегающих легких бетонов и конструкций НИИСФ д-р техн. наук, проф. А.С. Семченкова

Таблица 1

Расход металла* на устройство стыков несущих конструкций сборно-омоноличенного каркаса «ЭАСС «КАСКАД» 16-этажного здания

Тип стыка	Расход металла на 1 стык, кг			Кол-во элементов каркаса на этаже, шт.	Кол-во стыков в здании *****, шт.	Кол-во сэкономленного металла в стыках, т
	Исходная конструкция стыка по проекту	Усовершенствованная конструкция стыка	Разница**, кг/%			
Стык колонны с колонной	125–150*** (винтовой)	40–75****	$\frac{65}{52}$	Колонна 34	170	11
Стык ригеля с колонной	150 (чапельный)	90–120****	$\frac{45}{30}$	Ригель 33	1056	47,5
Стык стены с колонной	37 (сварной)	17	$\frac{20}{54}$	Стена 16	1536	30,7
В среднем: 45,3 %				Итого: 89,2		

* Расход ненапрягаемой стальной арматуры А500СП и листовой стали С345 для закладных деталей на устройство стыка.
 ** Разница между величиной расхода металла на стык при исходной его конструкции по проекту и средней величиной этого параметра при усовершенствованной его конструкции.
 *** Значение в скобках относится к стыку белорусского каркаса марки Б1.020.1-87.
 **** Интервал принят в зависимости от разновидности и конструкции стыка.
 ***** Стыки колонн с колоннами устраиваются через 3 этажа, стыки колонн с ригелями (по 2 стыка на каждый ригель) – на каждом этаже, стыки колонн с внутренними стенами (по 6 стыков на каждую стену) – на каждом этаже.

200 мм, диски перекрытий толщиной 250 мм. В опорной зоне колонн выполнены капители толщиной 400 мм, включая толщину диска перекрытия. Размер капителей в плане 2000×2000 мм.

Армирование внутренних стен выполнялось стержневой арматурой класса А500СП $\varnothing 16$ шаг 200 мм. Такое армирование было принято с целью гарантированного выполнения требований по 1-й и 2-й группам предельных состояний. Армирование колонн выполнялось также стержневой арматурой $8\varnothing 32$ А500СП. Армирование перекрытий и капителей выполнялось верхней и нижней сетками из арматуры класса А500СП $\varnothing 12$ шаг 200 мм в обоих направлениях.

Нагрузки на перекрытие задавались по аналогии с таковыми в подобных проектах жилых зданий. Равномерно распределенная нагрузка на перекрытие без учета собственного веса перекрытия составляла 400 кг/м². Ветровая нагрузка в данной модели не учитывалась.

Закрепление нижних узлов колонн и стен выполнялось по осям X, Y, Z, а также вокруг осей UX, UY, UZ, то есть моделировалось жесткое закрепление для исключения влияния оснований и фундаментов на результаты расчета.

Особые воздействия в расчете не учитывались.

Комплекс статических расчетов выполнялся при участии канд. техн. наук М.М. Козелкова с использованием программного комплекса «ЛИРА» версии 9.4. Общее число конечных элементов (КЭ) составило 16198. Шаг разбиения плит перекрытий на конечные элементы принят 1000×1000 мм. Стены и колонны разбивались на конечные элементы с шагом этажа, равным 3000 мм. Элементы перекрытий и стен моделировались прямоугольными КЭ оболочки № 441 с учетом физической и

геометрической нелинейности. Элементы колонн моделировались универсальными пространственными стержневыми КЭ № 410 с учетом физической и геометрической нелинейности.

Моделирование КЭ в нелинейной задаче задавалось путем введения диаграмм деформирования для тяжелого бетона и арматуры на основании данных СП 52-101–2003. Для тяжелого бетона принималась трехлинейная диаграмма состояния, для арматуры – двухлинейная. Для легкого бетона принималась трехлинейная диаграмма состояния, принятая по данным Eurocode-2 Глава 11. В модели здания для материалов применялся кусочно-линейный закон деформирования № 14.

Расчет выполнен с использованием тяжелого бетона классов В25 и В50, керамзитобетона класса В25 марки по плотности D1600, а также керамзитобетона класса В50 марки по плотности D1850 для вертикальных несущих конструкций. При расчете модели здания из легкого бетона для перекрытий применялся керамзитобетон класса В25 марки по плотности D1600. Всего рассчитывалось четыре модели.

Ниже в таблицах приведены результаты расчета четырех моделей зданий с различными бетонами.

В результате проведенных расчетов установлено, что применение легких бетонов взамен равнопрочных тяжелых приводит к уменьшению вертикальных усилий в колоннах на величину от 16 до 24%, а в стенах ядра жесткости – на 20–23% (см. табл. 2 и 3). При пересчете армирования колонн на данные усилия получены результаты, представленные в табл. 2.

Анализ данных табл. 2 показывает, что при замене в колоннах тяжелого бетона классов по прочности на сжатие В25 и В50 равнопрочным керамзитобетоном марок

Усилия и армирование в колоннах первого этажа здания

Таблица 2

Материал	Вертикальные усилия, т	Изгибающий момент по оси Z, т·м	Изгибающий момент по оси Y, т·м	Армирование
Бетон тяжелый В25	547,6	7,2	7,5	8 $\varnothing 32$ (64,33 см ²)
Бетон тяжелый В50	589	8,4	8,5	8 $\varnothing 16$ (16,08 см ²)
Бетон легкий В25	460	5,9	6	8 $\varnothing 28$ (49,26 см ²)
Бетон легкий В50	476	5,6	5,7	8 $\varnothing 14$ (12,31 см ²)

Таблица 3

Усилия в стенах ядра жесткости здания

Материал	N, т · п. м
Бетон тяжелый В25	118
Бетон тяжелый В50	116
Бетон легкий В25	92
Бетон легкий В50	92,5

по плотности соответственно D1600 и D1850, при выполнении перекрытий из керамзитобетона того же класса (В25), что и тяжелого бетона, при марке по плотности керамзитобетона D1600 имеется возможность: снижения расхода арматуры практически на одну величину – около 25%; соответствующего сокращения энергозатрат на возведение данного элемента монолитного каркаса.

Более существенное снижение расхода арматуры в сравнении с уменьшением величины вертикальных усилий в колоннах (17–19%) можно объяснить одновременным уменьшением величины изгибающих моментов (M_z и M_y) при замене тяжелого бетона равнопрочным легким.

Как видно из табл. 3, подобная замена вида бетона приводит к уменьшению вертикальных усилий и в стенах ядра жесткости здания (в среднем на 23%). Возможно соответствующее снижение требуемого расхода стальной арматуры, а следовательно, и энергозатрат на возведение стен ядра жесткости.

Вышеприведенные результаты исследований, соответствующих расчетов были подтверждены при проектировании, возведении и дальнейшей надежной эксплуатации многоэтажного здания корпорации Gaz-oil-trade с монолитным каркасом из высокопрочного керамзитобетона (класс по прочности В45–В50, марка по средней плотности D1800–D1850). Процесс возведения такого здания показан на рис. 1.

2.3.3. Снижение трудоемкости, материалоемкости и энергоемкости технологического процесса возведения наружных ограждающих конструкций зданий при использовании монолитной теплоизоляции из особо легких бетонов (ОЛТБ)

В статье авторов (часть 1, см. журнал «Строительные материалы» № 7–2013) [1] показаны преимущества в строительно-технических свойствах особо легких бетонных теплоизоляционного назначения в сравнении с традиционными, так называемыми «эффективными» утеплителями (минераловатные плиты, плиты из пенополистирола, в том числе экструдированного), широко применяемых в настоящее время: для производства трехслойных наружных стеновых панелей зданий; для утепления перекрытий над холодными подвалами, галереями, для устройства теплых полов.

В процессе возведения здания при использовании монолитной теплоизоляции из ОЛТБ взамен «эффективных» плитных утеплителей:

- исключается трудоемкий процесс разрезки (раскроя) утеплителей для стеновых панелей;
- исключается возможность дефектности при стыковке панелей, способствующей проникновению влаги в утеплитель и тепловым потерям в этих стыках;
- повышается индустриальность возведения стены.

При использовании монолитной теплоизоляции из ОЛТБ в сравнении с возведением наружных стен из блоков и перемычек, изготовленных из ОЛТБ того же вида, или ячеистых бетонов:

- исключается трудоемкий и энергоемкий процесс кладки стеновых изделий с помощью кранового оборудования, с применением кладочного строительного



Рис. 1. Возведение 24-этажного здания корпорации Gaz-oil-trade с каркасом из монолитного керамзитобетона класса по прочности В45–В50, марки по плотности D1800–D1850 (Москва, ул. Наметкина, д. 12, 2006 г.)

раствора со значительным расходом высокоэнергоемкого цемента;

- исключается высокоэнергоемкий процесс тепловлажностной обработки легкобетонных стеновых изделий, необходимый для обеспечения требуемой отпускной прочности бетонов, из которых они изготавливаются, а также для ускорения оборачиваемости опалубочных форм;

– исключаются возможные мокрые процессы, часто практикуемые при отделке кладки из стеновых изделий, в частности устройство защитно-декоративных покрытий по наружной поверхности стены и при оштукатуривании внутренней поверхности стены; это обусловлено тем, что монолитная теплоизоляция стены возводится при укладке смесей из ОЛТБ в несъемной опалубке причем без виброуплотнения; такая опалубка не требует дополнительных отделочных работ, например, при применении опалубки в виде кладки в 1/2 кирпича – с фасада и тонкостенных панелей из асбестоцемента, водостойкого и огнестойкого гипсокартона, фибростеклобетона и т. п. – с внутренней стороны стены;

– повышается индустриальность (производительность) возведения стены, поскольку весь технологический процесс устройства монолитной теплоизоляции стены осуществляется непосредственно на строительном объекте с помощью мобильной установки, включающей и дозаторы составляющих легкобетонной смеси, и бетоносмеситель, и бетононасос.

2.4. Ресурсоэнергосбережение на стадии эксплуатации здания

Основные направления ресурсоэнергосбережения сформулированы и рассматриваются в данном случае с позиций реализации:

- сокращения энергозатрат на отопление зданий, что обеспечивается повышенным уровнем их тепловой защиты за счет использования наружных и ограждающих конструкций с теплотехнически наиболее эффективными техническими решениями; при этом достаточно высока должна быть и обеспеченность теплозащитной функции этих конструкций на весь расчетный период эксплуатации здания;

– повышения надежности в эксплуатации и долговечности элементов КТС здания и конструктивной системы здания в целом за счет совершенствования технических решений наружной стены здания при оптимизации напряженного состояния ее конструкции при силовых и температурных воздействиях, в частности исключения в конструктивной схеме слоистой стены пиковых (критических) величин растягивающих напряжений, вызывающих образование и развитие трещин, прежде всего в наружном слое конструкции стены;

— сокращения теплопотерь через наружные стены в стыках их сопряжений с выходящими на них или проходящими через них элементами несущего каркаса здания (перекрытиями и внутренними несущими стенами).

*2.4.1. Ресурсоэнергосбережение за счет совершенствования технических решений наружных стеновых панелей крупнопанельных и каркасно-панельных зданий в направлении повышения теплозащитной функции конструкции панелей и надежности их в эксплуатации**

В НИИСФ в 2010–2011 гг. выполнены значительные по объему аналитические исследования по состоянию опыта проектирования, технологического процесса производства на различных предприятиях строительной индустрии трехслойных наружных стеновых панелей с так называемым эффективным утеплителем крупнопанельных и каркасно-панельных зданий, по опыту их эксплуатации. Выявлены основные недостатки таких панелей, обоснована необходимость совершенствования их конструктивно-технологических решений, сформулирована соответствующая научная концепция и определены основные направления совершенствования [4].

Анализ показателей эксплуатационного качества таких панелей показал следующие их недостатки с позиции обеспечения теплозащитной функции:

— значительные — до 30% — тепловые потери через железобетонные перемычки (шпонки), соединяющие наружный и внутренний бетонные слои панели, и особенно железобетонные ребра панели, являющиеся мостиками холода;

— низкая теплотехническая однородность панели, обусловленная самой ее пространственной конструкцией и значительной разницей в коэффициентах теплопроводности бетона, особенно тяжелого — $\lambda_0 = 1,69 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ и плитного, как правило, пенополистирольного, утеплителя с $\lambda_0 = 0,03\text{--}0,05 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$;

— недостаточная обеспеченность во времени эксплуатации требуемого сопротивления теплопередаче панели в связи с известными соответствующими изменениями во времени эксплуатации в большую (до двух-трех раз) сторону величин коэффициента теплопроводности λ_0 и особенно его приращения на 1% влажности в утеплителях полимерной природы, даже в экструдированном пенополистироле; это обусловлено в основном уходящими из их структуры низкотеплопроводными газами, в частности, углекислым газом, и замещением их воздухом, а также деполимеризацией структуры пенопласта или связующих полимерной структуры в минераловатных плитах [5];

— известная [6] реальная возможность появления в процессе эксплуатации панели воздушных прослоек между утеплителем и железобетонными скорлупами; в результате между теплой и холодной скорлупами возникает конвективное движение воздуха вокруг утеплителя и соответственно уменьшается сопротивление теплопередаче панели;

— неблагоприятные условия влагомассопереноса через поперечное сечение стены, обусловленное значительной разницей в величине коэффициента паропроницаемости (μ) бетона наружного и внутреннего слоев панели и величине μ утеплителя; отсюда возможность образования конденсата между слоем утеплителя и внутренними поверхностями бетонных слоев панели; как следствие, или возможность повышения влажности в жилом помещении, или возможность морозного разрушения наружного бетонного слоя начиная с внутренней его поверхности от замерзающей, конденсированной в осенне-весенний период времени влаги.

Далее сформулированы следующие недостатки панелей с позиции влияния напряженно-деформированного (от комплекса температурных и силовых воздействий) состояния конструкции панели на надежность ее в эксплуатации.

Деформации наружной пластины пространственной конструкции панели — наружного слоя панели, который в наибольшей степени подвержен неблагоприятному сочетанию силовых нагрузок всех видов и температурно-климатических воздействий, стеснены жесткими связями слоев этой конструкции.

Такое стеснение деформаций, возникающее прежде всего в узлах жесткого сопряжения железобетонных вертикальных ребер или дискретных шпонок с железобетонными слоями (пластинами) панели, происходит за счет резкого локального изменения геометрии конструкции панели в соответствующих зонах и за счет изменения (искажения) направления деформаций (так называемый краевой эффект).

Возникающая как следствие этого концентрация растягивающих напряжений в бетоне слоев, прежде всего, наружного слоя, неизбежно приводит при достижении ими максимально возможных значений к образованию и дальнейшему развитию трещин в соответствующих зонах панели.

Можно полагать, что при использовании в конструкции трехслойной панели гибких связей порядок статической неопределимости такой системы будет значительно меньше, чем в вариантах с жесткими связями, и передача деформаций от силовых воздействий с внутреннего несущего слоя панели на бетон наружного слоя будет в меньшей степени. Соответственно, существенно меньше должна быть опасность возникновения растягивающих напряжений в узлах сопряжений гибких связей с наружным слоем панели, приводящих к образованию трещин в бетоне этого слоя.

Вышеуказанные положения подтверждаются результатами статического расчета трехслойных наружных стеновых панелей с различными вариантами связей при комплексе силовых и температурных воздействий. Расчет и анализ его результатов выполнены специалистами ООО «Стройтехинновации» Томской ДСК и НИИСФ. Определение напряженно-деформированного состояния панели с различными связями слоев выполнено численным методом с использованием метода конечных элементов (МКЭ). При этом использовался программно-вычислительный комплекс SCAD.

Для анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) стеновых панелей нет необходимости определять напряжения во всех площадках, проходящих через рассматриваемые точки, достаточно знать экстремальные значения напряжений. Максимальные и минимальные нормальные напряжения принято называть главными напряжениями, а площадки, по которым они действуют, — главными площадками. Значения максимальных и минимальных нормальных напряжений находились из известной зависимости:

$$\sigma_{\min}^{\max} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4 \cdot \tau_{xy}^2},$$

где σ_x, σ_y — нормальные напряжения в рассматриваемой точке; τ_{xy} — касательные напряжения.

Наименьшие напряжения от температурных воздействий в наружном слое возникают в панелях на гибких связях (табл. 1). Они соизмеримы с напряжениями от вертикальной нагрузки и незначительно превышают напряжения от ветровых воздействий. В наружном слое стеновых панелей с жесткими связями (ребрами и шпонками) эти напряжения немного превышают напряжения от

* Исследования выполнены при финансовой поддержке работ Министерством образования и науки РФ.

вертикальной нагрузки. При этом такие напряжения в стеновой панели на шпонках меньше, чем в стеновой панели на ребрах, на 15%. На такую картину распределения напряжений существенное влияние оказывает жесткость связей: чем больше жесткость связей, тем больше стеснение деформаций от температурных воздействий. При наличии контурных и промежуточных ребер в панели эти напряжения достигают существенно значения, превышающего напряжения от силовых воздействий. При гибких связях эти напряжения минимальны и соизмеримы с напряжениями от силовых воздействий. Это является существенным положительным свойством стеновых панелей на гибких связях слоев по сравнению со стеновыми панелями на жестких связях слоев.

В табл. 4 приведены наибольшие (σ_{\max}) значения растягивающих напряжений отдельно по видам воздействий в наружном слое трехслойных стеновых панелей, находящихся на разных высотных отметках 17-этажного крупнопанельного здания серии 75 (проектировщик – ФГУП «КБ им. А.А. Якушева»).

На рис. 2–4 приведены изополю главных напряжений σ_{\max} в наружном слое панели при совместном действии силовых и температурных воздействий. Напряжения (в МПа) приведены для наружной грани наружного слоя наиболее нагруженной стеновой панели первого этажа, в конструкции которой используются для обеспечения совместной работы ее слоев связи различных типов. Знаком (-) обозначены сжимающие напряжения, знаком (+) – растягивающие напряжения.

На основании результатов статического расчета панели и определения ее НДС можно сделать следующие выводы:

- наибольшая доля напряжений, возникающих в наружном ограждающем слое стеновой панели, возникает от температурных воздействий. Величина этих напряжений может достигать 80% от общих напряжений наружного слоя стеновой панели;

- напряжения от ветровой нагрузки не превышают 15–20% от напряжений, вызванных вертикальной нагрузкой. Это объясняется высокой изгибной жесткостью стеновой панели. Изменение напряжений в наружном слое от ветровой нагрузки по высоте здания составляет 45–50% и практически не зависит от вида связей;

- напряжения от вертикальной нагрузки на верхних этажах зданий в панели на ребрах ниже на 15%, чем в пане-

ли на шпонках, что объясняется большей изгибной жесткостью стеновой панели за счет наличия промежуточных ребер. В панели же на гибких связях эти напряжения на 75–80% меньше, что вполне объяснимо, так как при отсутствии жестких связей, включая контурные ребра, задача деформаций с внутреннего слоя на наружный происходит в меньшей степени за счет гибкости связей;

- наименьшие напряжения от температурных воздействий в наружном слое возникают в панелях на гибких связях. Здесь они соизмеримы с напряжениями от вертикальной нагрузки и несущественно превышают напряжения от ветровых воздействий;

- наличие контурных и промежуточных ребер оказывает существенное влияние на картину распределения напряжений по наружному слою стеновой панели: чем больше жесткость связей, тем больше стеснение деформаций от температурных воздействий. При гибких связях эти напряжения минимальны и соизмеримы с напряжениями от силовых воздействий. Это является существенным положительным свойством стеновых панелей на гибких связях слоев по сравнению со стеновыми панелями на жестких связях слоев.

Описанных выше вариантов потери (полной или частичной) теплозащитной функции и тем более несущей способности трехслойных стеновых панелей можно избежать при совершенствовании их конструктивно-технологических решений в следующих направлениях:

- при замене тяжелого бетона во всех структурных элементах панели на равнопрочный легкий бетон;

- при замене жестких связей (железобетонных ребер и шпонок) на гибкие базальтопластиковые [4, 7, 8];

- при переходе от панелей с так называемым эффективным утеплителем (плитный пенополистирол, минераловатная плита) к панелям со всеми слоями из легких бетонов, а именно: с наружным и внутренними слоями из конструкционно-теплоизоляционного легкого бетона классов В12,5–В15 и средним утепляющим слоем из особо легкого бетона, в частности полистиролбетона марок по плотности D350–D400 [9, 10].

Действительно, замена тяжелого бетона класса по прочности на сжатие В15 в наружном и внутреннем слоях несущей стеновой панели и в перемычках (ребрах или шпонках), например, на керамзитобетон того же класса по прочности (которому соответствует марка по средней плотности D1600), будет способствовать:

Таблица 4

Вид воздействия и этаж размещения	Наибольшие значения растягивающих σ_{\max} (МПа) для панелей со связями слоев различных типов		
	на жестких ребрах	на жестких шпонках	на гибких связях
Панель первого этажа			
Вертикальная от верхн. этажей	1,39	1,597	0,365
Ветровая пассивная	0,031	0,042	0,061
От температурных воздействий	8,965	7,748	0,369
Панель девятого этажа			
Вертикальная от верхн. этажей	0,763	0,878	0,196
Ветровая пассивная	0,049	0,065	0,095
От температурных воздействий	8,965	7,748	0,369
Панель семнадцатого этажа			
Вертикальная от конструкций технического этажа	0,128	0,147	0,033
Ветровая пассивная	0,06	0,081	0,117
От температурных воздействий	8,965	7,748	0,369

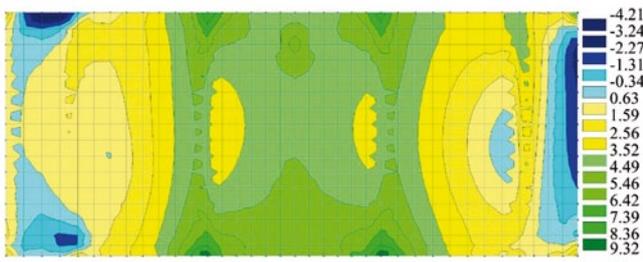


Рис. 2. Изолинии главных напряжений σ_{\max} в панели первого этажа 17-этажного здания со связями – железобетонными ребрами от суммарного воздействия силовых и температурных воздействий

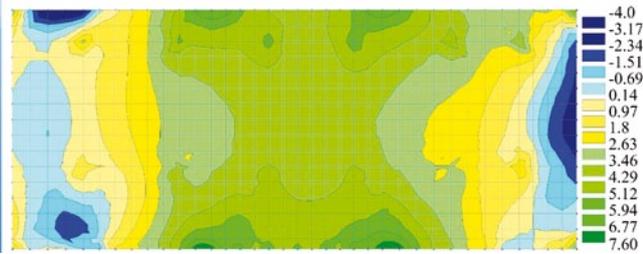


Рис. 3. Изолинии главных напряжений σ_{\max} в панели первого этажа 17-этажного здания со связями – железобетонными шпонками от суммарного воздействия силовых и температурных воздействий

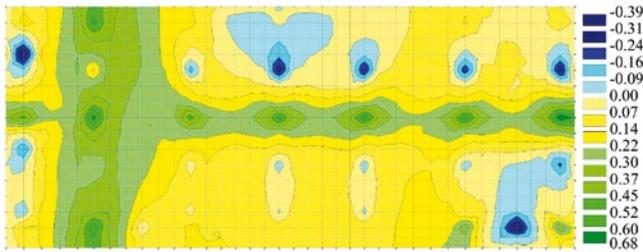


Рис. 4. Изолинии главных напряжений σ_{\max} в панели первого этажа 17-этажного здания с гибкими композитными связями от суммарного воздействия силовых и температурных воздействий

– снижению тепловых потерь через железобетонные ребра и перемычки, являющиеся «мостиками холода», с 20–25% R_0 (где R_0 – приведенное сопротивление теплопередаче) до 10–15% R_0 благодаря меньшей почти в три раза величине коэффициента теплопроводности керамзитобетона ($\lambda_0 = 0,58 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$) для керамзитобетона марки D1600 против $\lambda_0 = 1,5 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ у равнопрочного тяжелого бетона);

– повышению теплотехнической однородности конструкции трехслойной стеновой панели благодаря существенно меньшей разнице в значениях λ_0 легкого бетона как наружного, так и внутреннего слоев панели, и значении λ_0 применяемого в ней материала теплоизолирующего слоя – традиционного плитного утеплителя ($\lambda_0 = 0,033\text{--}0,06 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ в зависимости от вида утеплителя);

– уменьшению степени напряженного состояния в конструктивных элементах панели, особенно в узлах сопряжений железобетонных связей (ребер или шпонок) с наружным слоем благодаря во-первых, большей на 20–30% предельной сжимаемости и растяжимости при изгибе легкого бетона (последнее обусловлено существенно – в разы – меньшей разницей между значениями модуля упругости зерна пористого заполнителя и затвердевшей растворной части бетона), более плотной и прочной контактной зоне этих компонентов бетона и соответственно более высокому (на 20–35%) уровню нижней границы области микротрещинообразования $R_t^0/R_{\text{пр}}$ легкого бетона [2]; во-вторых, меньшему значению коэффициента линейной температурной деформации керамзитобетона, а также общеизвестному эффекту более

высокой морозостойкости (для бетона с классом по прочности на сжатие В15 – в два раза и более);

– повышению сопротивляемости бетону, особенно наружного слоя и в узлах сопряжения его с железобетонными перемычками, усталостным явлениям, возникающим при циклическом воздействии ветровых нагрузок (в том числе с пульсационной составляющей) и при циклических температурных воздействиях, что наиболее важно для панелей верхних этажей многоэтажных зданий [2]. Это обусловлено известным эффектом более высокого (на 20–35%) предела усталостной прочности легкого бетона при воздействии многократно повторных нагрузок, что коррелируется с эффектом увеличения $R_t^0/R_{\text{пр}}$.

Замена жестких связей на гибкие базальтопластиковые (производства ЗАО «МАТЕК» НПО «Стеклопластик») будет способствовать:

– практическому исключению значительных теплопотерь через мостики холода, какими являются железобетонные шпонки и особенно ребра: для базальтопластика величина λ_0 составляет в среднем всего $0,35 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ против $1,5 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ у тяжелого бетона, т. е. меньше почти в пять раз;

– увеличению коэффициента теплотехнической однородности (γ) панели: по данным испытаний НИИСФ фрагментов 3х-слойных панелей с различными связями в климатических камерах, величина γ возрастает с 0,5–0,7 (для панелей соответственно с железобетонными ребрами и шпонками) до 0,8–0,85 для панелей с гибкими связями;

– существенному уменьшению или даже практическому исключению развития растягивающих напряжений в узлах сопряжений связей с железобетонными слоями панели благодаря соответственно уменьшению или даже исключению эффекта стесненности деформаций железобетонных элементов конструкции панели, которая, по существу, приближается к статически определенной конструкции.

Учитывая вышеизложенное, а также имеющийся первый положительный почти десятилетний (с 2004 г.), опыт производства на Новочебоксарском ДСК и эксплуатации трехслойных легкогобетонных стеновых панелей с гибкими базальтопластиковыми связями [7,8], Томская ДСК в 2012 г. выпустила опытно-промышленную партию таких панелей, провела их испытания, и в настоящее время принято решение о переходе на их массовый выпуск.

Переход от панелей с так называемым эффективным утеплителем (плитный пенополистирол, минплита) с жесткими или гибкими связями к панелям с наружным и внутренним слоями из конструкционного легкого бетона классов по прочности В12,5–В15 и средним утепляющим слоем из особо легкого теплоизоляционного бетона, в частности, полистиролбетона марок по плотности D350–D400, будет способствовать, как следует из работ [9–10]:

– практическому исключению необходимости в каких-либо связях между наружным и внутренним слоями панели из конструкционных легких бетонов (возможна постановка гибких связей только конструктивно в углах панели). Это обусловлено тем, что такие панели изготавливаются на заводском стенде в едином технологическом цикле путем последовательной (практически без перерыва) укладки в форму панели слоев легкогобетонных смесей с оптимизированными показателями их удобоукладываемости для каждого слоя. Последнее, в свою очередь, обеспечивает надежное сцепление полистиролбетона среднего слоя панели с внутренним и наружным ее слоями из керамзитобетона, соответственно коэффициент теплотехнической однородности такой панели приближается по величине к аналогичной характеристике однослойной легкогобетонной стеновой панели;

— практическому исключению возникновения каких-либо опасных зон концентрации растягивающих напряжений во всех элементах конструкции панели как при силовых, так и при температурных воздействиях, которые могут привести к возникновению и развитию трещин, прежде всего в наружном слое панели;

— благоприятным условиям влагомассопереноса при эксфильтрации или инфильтрации водяного пара (в зависимости от климатического сезона) через поперечное сечение конструкции стены, что обеспечивается близкими значениями коэффициентов паропроницаемости бетонов всех трех слоев панели;

— повышению в целом надежности в эксплуатации панели благодаря высокой обеспеченности во времени ее эксплуатации показателей теплотехнического качества применяемых в ней легких бетонов различного назначения, а также показателей прочности и деформативности этих бетонов и, что немаловажно, благодаря высокой морозостойкости легких бетонов.

2.4.2. Ресурсоэнергосбережение за счет совершенствования технических решений наружных стен в направлении повышения их теплозащитной функции и надежности в эксплуатации при использовании в конструктивной схеме этих стен монолитной теплоизоляции из ОЛТБ

В части 1 цикла статей [1] приведены существенные преимущества строительно-технических свойств одного из самых эффективных видов ОЛТБ — монолитного полистиролбетона марок по плотности D200—D250 [12] в сравнении с традиционными плитными утеплителями.

Опыт применения этого вида бетона для устройства монолитной теплоизоляции в несъемной опалубке при возведении наружных стен жилых зданий, в том числе строящихся в сейсмически активных регионах [13], показал имеющийся реальный резерв ресурсоэнергосбережения при эксплуатации зданий с такими стенами. Он обеспечен:

— повышением теплотехнической однородности таких стен в сравнении с традиционными, в том числе с трехслойными наружными стеновыми панелями (коэффициент теплотехнической однородности составляет не менее 0,9 против 0,5—0,7 у панелей с жесткими железобетонными связями и 0,8—0,85 — у панелей с гибкими связями) и соответствующим повышением приведенного сопротивления теплопередаче стены, а следовательно, снижением энергозатрат на отопление здания;

— повышением обеспеченности теплозащитной функции стены и надежности ее в эксплуатации за счет более высокой обеспеченности коэффициента теплопроводности в состоянии равновесной влажности монолитного полистиролбетона, а также существенно более высокой его долговечности в сравнении с традиционными плитными утеплителями; соответственно сокращается срок межремонтной эксплуатации стены.

Существенны преимущества наружных стен с монолитной теплоизоляцией из ОЛТБ в обеспечении возможности ресурсоэнергосбережения и в сравнении со стенами, возводимыми в виде кладки из стеновых блоков, изготавливаемых из тех же ОЛТБ или из традиционных ячеистых бетонов:

— при одинаковой толщине кладки такой стены со стеной с применением монолитной теплоизоляции, например, из полистиролбетона плотностью 200 кг/м^3 , сопротивление теплопередаче значимо (на 15—20%) меньше в связи с большей требуемой прочностью, а следовательно, плотностью и теплопроводностью того же вида бетона в сборных блоках и перемычках (плотность не менее $350\text{--}400 \text{ кг/м}^3$ у полистиролбетона и $600\text{--}700 \text{ кг/м}^3$ у безавтоклавного пенобетона);

— значимо ниже теплотехническая однородность стеновой кладки с блоками из ОЛТБ в связи с негативным

влиянием кладочного строительного раствора с существенно более высоким (в несколько раз) коэффициентом теплопроводности в сравнении с материалом блоков.

И особенно велики эти преимущества в сравнении с кладкой стен с блоками из, пожалуй, самого высокоэнергоемкого, недолговечного и теплотехнически ненадежного в эксплуатации, особенно в северных регионах страны и Сибири, такого стенового материала, как автоклавный газобетон и тем более газозолобетон.

Негативная позиция НИИСФ РААСН по вопросу все увеличивающегося агрессивного проникновения на строительный рынок страны импортных технологических линий по производству стеновых изделий из этого вида бетона изложена в [11] под рубрикой «В защиту отечественных технологий».

Учитывая положительный опыт эксплуатации наружных стен с монолитной теплоизоляцией из ОЛТБ с позиции ресурсоэнергосбережения при эксплуатации зданий с такими стенами, Москомархитектура приняла решение о разработке соответствующих рекомендаций по их проектированию. Они были рассмотрены на НТС Москомархитектуры, изданы в 2006 г. [14] и успешно используются ведущими проектными институтами не только Москвы, но и других регионов при разработке проектов энергоэффективных зданий.

Резюме по циклу статей в журнале «Строительные материалы» (№ 7 — 9, 2013 г.)

Разработаны и реализуются на практике основные направления актуальнейшей проблемы строительства — ресурсоэнергосбережения, причем на всех его стадиях:

- на стадии производства строительных материалов, бетонов различных видов и назначения, стеновых изделий, ограждающих и несущих конструкций с их использованием;
- на стадии создания (проектирования), монтажа и возведения конструктивных систем энергоэффективных зданий;
- на стадии эксплуатации зданий.

Разработаны и внедрены в десятках регионов страны экологически чистые и низкоэнергоемкие технологии производства альтернативных традиционным строительным материалам на основе продуктов переработки отходов различных отраслей промышленности, прежде всего металлургии и топливной энергетики. Потенциальные годовые объемы производства этих материалов по разработанным и апробированным на практике технологиям:

— более 50 млн т малоклинкерных или бесклинкерных (бесцементных) композиционных вяжущих взамен энергоемких и дорогостоящих цементов; это практически половина требуемого для выполнения федеральной целевой программы (ФЦП) «Жилище» объема; при этом экономия энергозатрат составит более 6 млн т усл. топлива в год; снижение себестоимости; материальных затрат — более 120 млрд р. в год;

— более 110 млн м^3 низкоэнергоемких и экономичных заполнителей для бетонов различных видов и назначения, изготавливаемых на основе продуктов переработки шлаков металлургии, зол и шлаков топливной энергетики, отходов углеобогащения взамен природных плотных и искусственных обжиговых пористых заполнителей; это — также практически половина требуемого объема для выполнения ФЦП «Жилище»; при этом экономия энергозатрат составит более 3 млн т усл. топлива в год, а материальных затрат — более 12 млрд р. в год.

Для использования этих новых высокоэффективных материалов и технологий в практике строительства разработана соответствующая нормативно-техническая документация, в том числе ряд государственных стандартов.

Соответствующие данные отражены в разработанной Минрегионом РФ с участием РААСН «Стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года». В стадии разработки в НИИСФ РААСН:

— кадастр крупнотоннажных техногенных отходов и строительных материалов на основе продуктов переработки этих отходов;

— каталог экологически чистых и низкоэнергоемких технологий переработки техногенных отходов в альтернативные традиционным технически и экономически эффективные строительные материалы.

Разработаны и внедрены на крупных ДСК ряда регионов страны, в основном, регионов Урала и Сибири конструктивные системы зданий с комплексным (и в ограждающих, и в несущих конструкциях) использованием новых видов легких бетонов различного назначения, от особо легких теплоизоляционных до высокопрочных конструкционных. Использование разработанных на их основе облегченных до 30% каркасов зданий позволяет сэкономить от 15 до 20% высокоэнергоемкой (5 тыс. кг у. т. на 1 т) стальной арматуры.

Металлоемкость и соответственно энергоемкость каркаса здания снижаются еще дополнительно за счет использования усовершенствованных стыковых соединений его элементов. Экономия металла только на одном стыке, например, стыке колонны с колонной, составляет 65 кг или 52%;

В целом при возведении сборно-монолитного каркаса 16-этажного здания экономия металла только за счет усовершенствованных стыков составляет около 90 т, снижение энергозатрат за счет этого — около 180 т у. т.

На стадии эксплуатации такого здания с выходящими на теплые стены элементами каркаса из низкоплотных легких бетонов (коэффициент теплопроводности ниже в 2,5–3 раза, чем у равнопрочных тяжелых бетонов) тепловые потери через узлы сопряжения этих элементов со стенами снижаются более чем на 20%.

В итоге совершенствования технических решений трехслойных наружных стеновых панелей крупнопанельных и каркасно-панельных зданий разработаны их новые модификации с гибкими композитными связями. Результаты выполненных статических и теплофизических расчетов панелей такой конструкции, испытаний их опытно-промышленных партий показали следующие их преимущества с позиции ресурсоэнергосбережения при эксплуатации здания:

— практическое исключение значительных теплопотерь через мостики холода, какими являются железобетонные шпонки и особенно ребра;

— увеличение коэффициента теплотехнической однородности панели с 0,5–0,7 до 0,8–0,85;

— существенное уменьшение или даже практическое исключение развития растягивающих напряжений в узлах сопряжений связей с железобетонными слоями панели; соответственно, повышение трещиностойкости последних и надежности панели в эксплуатации.

Возведение наружных стен разработанных новых конструкций с монолитной теплоизоляцией из особо легких (плотностью 200–250 кг/м³) бетонов в несъемной опалубке из тонкостенных пластин (мелкозернистый стеклофибробетон и т. п.) взамен традиционных так называемых «эффективных» плитных утеплителей (догостоящие и высокоэнергоемкие пенополистирол, минплита) повышает обеспеченность приведенного сопротивления теплопередаче стены минимум на 20%, повышается надежность в эксплуатации стен, их долговечность, соответственно снижаются материальные и энергозатраты на возведение стены, межремонтный период эксплуатации. При этом себестоимость 1 м² стены сокращается почти на 1/3.

Ключевые слова: ресурсоэнергосбережение, конструктивная система, эксплуатация здания, металлоемкость.

Список литературы

1. Карпенко Н.И., Ярмаковский В.Н. Основные направления ресурсоэнергосбережения при строительстве и эксплуатации зданий. Ч. 1. Ресурсоэнергосбережение на стадии производства строительных материалов, стеновых изделий и ограждающих конструкций // Строительные материалы. 2013. № 7. С. 12–21.
2. Карпенко Н.И., Ярмаковский В.Н. Основные направления ресурсоэнергосбережения при строительстве и эксплуатации зданий. Ч. 1 (продолжение)*. Ресурсоэнергосбережение на стадии производства строительных материалов, стеновых изделий, ограждающих и несущих конструкций // Строительные материалы. 2013. № 8. С. 65–72.
3. Юдин И.В., Ярмаковский В.Н. Инновационные технологии в индустриальном домостроении с использованием конструкционных легких бетонов // Строительные материалы. 2010. № 1. С. 15–17.
4. Ярмаковский В.Н., Семенов П.Н., Родевич В.В., Луговой А.В. К совершенствованию конструктивно-технологических решений трехслойных наружных стеновых панелей крупнопанельных зданий в направлении повышения их теплозащитной функции и надежности в эксплуатации // Материалы IV Академических чтений РААСН «Актуальные вопросы строительной физики — энергосбережение, надежность, экологическая безопасность». 3–5 июля 2012 г. М., 2012. С. 47–64.
5. Ясин Ю.Д., Ясин В.Ю., Ли А.В. Пенополистиролы. Ресурс и старение материала. Долговечность конструкций // Строительные материалы. 2002. № 5. С. 12–16.
6. Савин В.К. Строительная физика. Энергоперенос. Энергоэффективность. Энергосбережение // Издательство «Лазурь», 2005. 412 с.
7. Ярмаковский В.Н., Шапиро Г.И., Рогинский С.Л., Залесов А.С. и др. Энергоэффективные ограждающие конструкции зданий с гибкими композитными связями // Энергосбережение. 2002. № 2. С. 32–34.
8. Патент РФ на полезную модель № 35119. Слоистая стеновая панель здания / Г.И. Шапиро, В.Н. Ярмаковский, С.Л. Рогинский и др. // Опул. 27.12.2003. Б. И. № 36.
9. Чиненков Ю.В., Ярмаковский В.Н. Трехслойные ограждающие конструкции из легких бетонов // Проблемы строительной теплофизики и энергосбережения в зданиях. М.: НИИСФ, 1997. С. 255–257.
10. Чиненков Ю.В., Ярмаковский В.Н. Модифицированный полистиролбетон в ограждающих конструкциях зданий и инженерных сооружений // Строительные материалы. 2004. № 2. С. 13–17.
11. Шубин И.Л., Умякова Н.П., Ярмаковский В.Н. Особо легкие бетоны новых модификаций — для решения задач ресурсоэнергосбережения. В защиту отечественных технологий // Технологии строительства. 2012. № 4. С. 42–46.
12. Патент РФ на изобретение № 2169132. Смесь для изготовления теплоизоляционных изделий / В.Н. Ярмаковский, Б.А. Крылов и др. // Опул. 20.06.2001. Б. И. № 17.
13. Фотин О.В. Опыт строительства жилых домов в Иркутске с использованием монолитного полистиролбетона // Научные труды II Международной конференции по бетону и железобетону «Бетон и железобетон — пути развития». Т. 4. М., 2005. С. 298–304.
14. Рекомендации по расчету и проектированию ограждающих конструкций с применением монолитного теплоизоляционного полистиролбетона с высокопоризованной и пластифицированной матрицей // Москомархитектура. М., ЦИТП. 2006. 56 с.



Гален[®]
современные композиты
www.galen.ru

Область применения:

Применяются при изготовлении сборных железобетонных трехслойных панелей типа «сэндвич» для крупнопанельного домостроения.

Конструкция:

Гибкая связь представляет собой базальтопластиковый стержень круглого сечения с полным песчаным наполнением, обеспечивающим хорошую адгезию (сцепление) с бетоном.

Гибкие связи "Гален" - единственный строительный материал в России, сертифицированный в Великобритании (BBA) и поставляемый в Западную Европу

Композитные гибкие связи

+7 (495) 668-09-53

Преимущества:

- ✓ **Коррозионная и щелочная стойкость, долговечность**
- ✓ **Высокая прочность** (в 2,5 раза прочнее стали на растяжение)
- ✓ **В 4 раза легче стали**
- ✓ **Низкая теплопроводность** (не образует «мостиков холода» и «точки росы»)
- ✓ **Диэлектрик**
- ✓ **Немагнитный материал**
- ✓ **Экологическая безопасность**
- ✓ **Полный пакет технической документации**



Реклама

15-я Специализированная выставка строительных материалов

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**ОСМ
2014**



В РАМКАХ ВЫСТАВКИ:

28 – 31 января
Москва, ЦВК «Экспоцентр»

СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫСТАВОЧНЫЙ ПРОЕКТ
ДРЕВЕСИНА
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

CERAMATECH
САЛОН СТАНКОВ, ОБОРУДОВАНИЯ, ТЕХНОЛОГИЙ И СЫРЬЯ
ДЛЯ ИНДУСТРИИ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Получите электронный билет на www.osmexpo.ru

ОРГАНИЗАТОР: **ЕВРОЭКСПО** | ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР: **Все для строительства** | ОФИЦИАЛЬНЫЙ СПОНСОР: **IM OSKERAM** | СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПАРТНЕР: **АПКСМ** | ПАРТНЕР ВЫСТАВКИ: **Экспоцентр**

ПРИ СОДЕЙСТВИИ: **ЭКСПОЦЕНТР** | ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР: **Dom.RU** | ОФИЦИАЛЬНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР: **ради дома** | ВЕДУЩИЙ ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР: **ForumHouse** | АНАЛИТИЧЕСКИЙ ПАРТНЕР: **INFOLine** | ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА: **СТРОИТЕЛЬСТВО**, **Зеленый город**, **Коттедж**, **ДОМ**, **Строительные материалы**, **Строительные материалы**

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

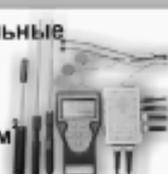


**ИЗМЕРИТЕЛИ ПЛОТНОСТИ
ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ**

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.

О.Д. САМАРИН, канд. техн. наук (samarin1@mtu-net.ru), Московский государственный строительный университет (МГСУ)

Еще раз о целесообразности повышения теплозащиты несветопрозрачных ограждений зданий

В последнее время в связи с актуализацией СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий» в печати появился ряд публикаций [1–3], в которых авторы продолжают доказывать, что основной путь энергосбережения в зданиях – дополнительное утепление несветопрозрачных ограждений. При этом приводятся цифры, показывающие заметное повышение эксплуатационных расходов жителей на отопление при пониженном уровне теплозащиты ограждающих конструкций, допускаемом при определенных условиях актуализированной редакцией СНиП 23-02–2003 – СП 50.13330.2012 (далее – СП).

Не будем останавливаться подробно на обсуждении таких вопросов, затронутых в указанных публикациях, как не вполне корректное сравнение с зарубежными нормами, в которых, как правило, приводятся значения не приведенного, а условного сопротивления теплопередаче; рассмотрение только трансмиссионных теплопотерь здания без учета затрат теплоты на подогрев инфильтрационного или вентиляционного воздуха, которые тоже могут быть значительно снижены с помощью известных технических решений [4]. Отметим следующее.

В публикациях [1–3] авторы вводят читателя в заблуждение относительно того, что в СП вводится пониженный уровень теплозащиты относительно предыдущей редакции СНиП 23-02–2003. На самом деле и предыдущая редакция этого документа содержит п. 5.13, который допускает снижение сопротивления теплопередаче ограждений по сравнению с требованиями табл. 4 СНиП 23–02. В частности, для наружных стен – до 37%, для полов и потолков – до 20%, а для светопрозрачных конструкций – до 5% от значения, определяемого по величине градусо-суток отопительного периода (ГСОП) в районе строительства при условии выполнения норм по удельному потреблению тепловой энергии зданием за отопительный период. В СП лишь изменена и уточнена методика оценки общего уровня теплозащиты и энергопотребления и введена дополнительная степень контроля в виде удельной теплозащитной характеристики здания $k_{об}$, Вт/(м³·К), по значению которой принимается решение о возможности или невозможности снижения теплозащиты. Таким образом, в неко-

тором смысле требования к сопротивлению теплопередаче в СП даже ужесточаются, поскольку вводится еще одна нормируемая величина $k_{об}$, соблюдение допустимого уровня которой при определенных условиях может потребовать даже увеличения теплозащиты. В целом же в нормах сделан шаг к повышению их гибкости за счет учета большего числа дополнительных факторов, например, компактности здания, наличия утилизации теплоты вытяжного воздуха в системах вентиляции и т. д. [5]. На это обстоятельство обращали внимание многие специалисты, в том числе при общественном обсуждении проекта СП [6].

Помимо экономии расходов на тепловую энергию, имеется обстоятельство, которое совершенно не упоминается в [1–3], а именно рост капитальных затрат на увеличение объема теплоизоляции в конструкциях, неизбежное при дополнительном утеплении ограждений. И это кардинальным образом меняет ситуацию. В таблице приведены результаты расчета для характерного жилого здания-представителя, описанного в работе [3]. За базовый принят вариант с теплозащитой по табл. 3 СП для климатических условий Санкт-Петербурга, во втором варианте – с допустимым снижением в соответствии с п. 5.2 этого же СП при условии выполнения требований по величине удельной теплозащитной характеристики здания, т. е. с коэффициентом 0,63 для наружной стены; 0,8 – для покрытия и пола над подвалом и 0,95 – для светопрозрачных конструкций.

В таблице A_i – площади соответствующих наружных ограждений [4]; r_i и n_i – коэффициенты теплотехнической однородности и положения по отношению к наружному воздуху, которые можно оценить по данным СП; R_i – их сопротивления теплопередаче, м²·К/Вт; $V_{ти;i}$ – объем теплоизоляции в конструкции данного ограждения, вычисляемый через A_i , R_i и r_i по формуле, приведенной в примечании к таблицам, с использованием значения теплопроводности теплоизоляционного материала $\lambda_{ти}$. Если использовать плиты минераловатные П-125, то $\lambda_{ти} = 0,064$ Вт/(м·К) для условий эксплуатации «Б» по прил. Д СП 23-101–2004 «Проектирование тепловой защиты зданий».

Тогда при средней рыночной стоимости теплоизоляционного материала на апрель 2013 г. около 2100 р./м³

Технико-экономические показатели жилого здания (базовый вариант / вариант со снижением теплозащиты)

Тип ограждения	A_i , м ²	r_i	n_i	R_i , м ² ·К/Вт	$V_{ти;i}$, м ³
Наружная стена	21813	0,7	1	3,08 / 1,94	4914,03 / 3095,84
Бесчердачное покрытие	1448,5	0,95	1	4,6 / 3,68	359,11 / 287,28
Пол над подвалом	1221,3	0,95	0,6	4,6 / 3,68	302,78 / 242,22
Окна	5826,8	1	1	0,51 / 0,49	– / –
Примечание. $V_{ти;i} = 0,8R_i\lambda_{ми}A_i / r_i$ – объем теплоизоляции.					$\Sigma V_{ти} = 5576 / 3625$

капитальные затраты на теплоизоляцию по базовому варианту составят $K_1 = 11,71$ млн р., а по варианту со сниженным сопротивлением теплопередаче — $K_2 = 7,61$ млн р. Вычислим и сравним расчетный срок окупаемости дополнительных инвестиций по первому и второму вариантам. При этом нужно учесть амортизационные отчисления, которые суммируются с расходами на тепловую энергию и тем самым снижают экономии, достигаемую за счет утепления ограждений, потому что в базовом варианте эти отчисления будут выше и тоже неизбежно войдут в коммунальные платежи. Если считать предполагаемый срок службы здания равным 100 лет (при этом помним, что сроки службы всех эффективных утеплителей существенно меньше, чем 100 лет, что неизбежно повлечет большие дополнительные расходы на капитальный ремонт с заменой теплоизоляции), такое увеличение составит $(K_1 - K_2)/100 = 0,041$ млн р./г. В этом случае бездисконтный срок окупаемости вычисляется следующим образом [7, 8]:

$$T_0 = \frac{K_1 - K_2}{\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1} = \frac{11,71 - 7,61}{2,78 - (2,23 + 0,041)} = 8,05, \text{ лет.}$$

В знаменателе используется разность годовых эксплуатационных затрат на теплоту, которую для корректности сравнения можно принять также непосредственно по данным [4]. Дисконтированный срок определяется с учетом нормы дисконта r , которая принимается на уровне действующей ставки банковского кредита. Если взять, например, средний уровень текущей ставки ипотечного кредитования Сбербанка РФ для различных категорий клиентов применительно к объектам недвижимости, построенным без участия его кредитных средств [9], т. е. 12,5% годовых, то оказывается [7, 8]:

$$T_{ок} = \frac{-\ln(1 - p \cdot T_0/100)}{\ln(1 + p/100)}.$$

Но логарифм в числителе не имеет смысла, поскольку его аргумент получается отрицательным из-за того, что $(K_1 - K_2)(p/100) = 0,515 > (\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1) = 0,509$ млн р./г. При использовании ставки других коммерческих банков разница будет еще выше.

Иначе говоря, годовая экономия из-за снижения затрат тепловой энергии по базовому варианту оказывается меньше, чем годовой процент за пользование дополнительными кредитными средствами, необходимыми для компенсации повышенных капитальных затрат, непосредственно увеличивающих стоимость «перетеплоизолированного» жилья. В данном случае речь идет непосредственно об ипотечном кредите, которым пользуются покупатели квартир. И даже если покупка осуществляется за собственные средства, приобретатели все равно оказываются в проигрыше, потому что при строительстве по варианту со сниженной теплозащитой разницу в стоимости $(K_1 - K_2)$ можно разместить на банковском депозите и получать ежегодный доход в размере не менее $(K_1 - K_2)(p/100) = 0,515$ млн р./г., что опять-таки выше, чем достигаемое снижение коммунальных платежей.

Отдельно следует отметить, что повышение стоимости энергоносителей, являющееся одним из основных аргументов апологетов усиления утепления несветопрозрачных ограждающих конструкций, прямо касается производителей большинства теплоизоляционных материалов, то есть при повышении стоимости энергоносителей возрастает стоимость теплоизоляционных материалов. Это, в свою очередь, ведет к повышению капитальных расходов на утепление зданий.

Таким образом, использование базового варианта расчета сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций может являться преимуществом только для жителей, которые могут получить новое жилье полностью

бесплатно на условиях социального найма (в этом случае все расходы принимает на себя государство, то есть налогоплательщики). Но в настоящее время к данной категории относится мизерная часть населения. Для подавляющего большинства населения, приобретающего жилье по различным коммерческим схемам, в том числе на условиях ипотечного кредитования, основное значение имеет стоимость жилья, а возможное последующее повышение эксплуатационных издержек на оплату коммунальных услуг имеет второстепенное значение, так как покупают жилье в основном платежеспособные люди, по крайней мере на уровне текущих расходов. В то же время капитальные затраты определяют сумму, которую нужно одновременно внести, и часто являются лимитирующими. Кроме того, рост стоимости жилья неизбежно приведет к снижению платежеспособного спроса, а значит, сбыта, к убыткам застройщиков, ДСК и т. д. и снизит доступность жилья для значительной категории граждан.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод, что директивное повышение теплоизоляции в большинстве случаев экономически неоправданно. Понижающие коэффициенты для значений требуемых сопротивлений теплопередаче в СП дают определенную свободу маневра всем участникам инвестиционно-строительного процесса, ведь строить здания с очень высокими показателями теплозащиты не запрещается, главное, чтобы они были ликвидными. С точки зрения эффективного использования энергоресурсов следует принимать во внимание комплекс факторов, как технических, так и экономических, и учитывать интересы всех участников инвестиционного процесса и в первую очередь потребителей.

Приведенные результаты получены в рамках выполнения работ по Госконтракту ГК № 16.552.11.7064 от 13.07.2012 г.

Ключевые слова: теплозащита, теплоизоляция, сопротивление теплопередаче, капитальные затраты, норма дисконта, срок окупаемости.

Список литературы

1. *Фадеев А.* Кошельки станут толще у населения? // Всероссийский отраслевой интернет-журнал «Строительство.ru». 2013. № 3. <http://rcmm.ru/content/topics/154.html>. Дата обращения 14.03.13.
2. *Прядкина Е.* В Европе стандарты честнее (интервью с А. Фадеевым) // Всероссийский отраслевой интернет-журнал «Строительство.ru». 2013. № 2. <http://rcmm.ru/content/topics/113.html>. Дата обращения 14.03.13.
3. *Ватин Н.И., Рымкевич П.П., Горшков А.С., Немова Д.В.* Сравнительный анализ затрат для многоквартирного жилого здания // Лучшие фасады. 2013. № 1 (35). С. 8–12.
4. *Самарин О.Д.* Энергетический баланс зданий и возможности энергосбережения. // Новости теплоснабжения. 2005. № 12. С. 46–48.
5. *Гагарин В.Г., Козлов В.В.* Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНиП «Тепловая защита зданий» // Жилищное строительство. 2011. № 8. С. 2–6.
6. *Юмашева Е.И.* Третье обсуждение СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий»: грани разумного // Жилищное строительство. 2011. № 11. С. 16–19.
7. *Гагарин В.Г.* Экономический анализ повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий // Строительные материалы. 2008. № 8. С. 41–47.
8. *Самарин О.Д.* Вопросы экономики в обеспечении микроклимата зданий. М.: АСВ. 2011. 128 с.
9. Интернет-ресурс http://www.ipotek.ru/sber_gotovoe_jilie.php. Дата обращения 14.03.13.

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



Научно-технический и производственный журнал
«Строительные материалы»®

при поддержке

Правительства Московской области,
Главного управления государственного
строительного надзора Московской области

в рамках

МИАП КЕРАМТЭКС

проводит

29 октября 2013 г.

на выставке КЕРАМИКА

конкурс профессионального мастерства



С условиями участия можно ознакомиться на сайтах:

www.rifsm.ru

www.keramtex.ru

www.lsrwallmaterials-m.ru

А.А. РУДЫЧЕВ, д-р экон. наук, А.Ю. ЛЫЧЕВ,
Е.А. НИКИТИНА, кандидаты экон. наук (eop@intbel.ru),
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Управление инвестиционной деятельностью предприятия по производству строительных материалов

Управление инвестиционной деятельностью предприятия вне зависимости от целей, типа, масштаба и времени действия конкретных инновационных проектов является весьма сложной задачей.

Чтобы оставаться на месте, как справедливо замечают многие авторы, в том числе и зарубежные, надо очень быстро бежать. Для продвижения вперед надо бежать вдвое быстрее [1]. Это движение вдвое быстрее возможно всегда, а особенно в последнее время, только благодаря рациональному инновационному инвестированию. Таким образом, категории «инвестиции» и «инновации» неотделимы друг от друга в контексте прогрессивного развития экономических систем.

На практике проблема не сводится к простому выбору некоторого числа проектов, ограниченного объемом финансовых ресурсов фирмы. Общая политика поведения предприятия на рынке предполагает вполне конкретные действия в отношении привлечения инвестиционных ресурсов, будь то эмиссия акций, кредит или другие долговые обязательства. В то же время критерий отбора проекта окончательно не может быть установлен без учета стоимости привлекаемых ресурсов, на которую, в свою очередь, влияют факторы внешней экономической среды.

Сложность управления инвестиционной деятельностью, таким образом, заключается в необходимости решения комплекса взаимосвязанных и взаимообусловленных задач, которые, как правило, относятся не только к техническим или финансовым [2].

При разработке инвестиционной политики предприятия целесообразно предусмотреть:

- соответствие мероприятий, которые предполагается осуществить в рамках этой политики, законодательным и иным нормативным и правовым актам по вопросам регулирования инвестиционной деятельности в РФ;
- достижение экономического, научно-технического, социально-экономического эффекта рассматриваемых инвестиций;
- получение предприятием прибыли на инвестируемый капитал;
- эффективное распоряжение средствами на осуществление бесприбыльных инвестиционных проектов;
- использование предприятием государственной поддержки в целях повышения эффективности инвестиций;
- привлечение субсидий и льготных кредитов международных и иностранных организаций и банков.

Таким образом, инвестиционное планирование фирмы нельзя рассматривать как узконаправленную проблему. Без комплекса результативных маркетинговых исследований выработка стратегии и на ее базе тактики инвестиционной деятельности фирмы являются малоэффективными [3].

Исходным пунктом формирования инвестиционной политики предприятия служит анализ рынка продук-

ции, либо уже производимой предприятием, либо новой, намеченной к выпуску для подтверждения возможности сбыта этой продукции.

Важными являются задачи по уточнению производственной мощности предприятия, определению потребности в инвестиционных ресурсах, разработка бизнес-плана и оценка экономической эффективности инвестиционных проектов.

К числу наиболее важных факторов, определяющих управление инвестиционной деятельностью фирмы, относятся общая экономическая ситуация и макроэкономические предпосылки инвестиций, т. е. так называемый инвестиционный климат [4].

Оценка инвестиционных проектов может предполагать по крайней мере два типа решений. Первый тип представляет собой принятие альтернатив или отказ от них. Например, при максимизации общей отдачи, как бы она ни была определена, отбираются все проекты, дающие положительный результат. Второй тип – это ранжирование решений. Этот тип решений в свою очередь подразделяется на два подвида. Первый имеет дело с взаимоисключающими проектами.

Инвестиции являются взаимоисключающими в тех случаях, когда они обеспечивают альтернативные способы достижения одного и того же результата или использования какого-либо ограниченного ресурса, но только не денежных средств [5].

Ранжирование осуществляется и тогда, когда ограничены трудовые, финансовые или управленческие ресурсы, что накладывает дополнительные ограничения на число потенциальных проектов. В этом случае следует стараться выбирать те проекты, которые обеспечат максимизацию отдачи при использовании имеющихся дефицитных ресурсов.

Анализ инвестиций в реальные активы существенно зависит от того, какого рода эти инвестиции, т. е. какую из стоящих перед предприятием задач необходимо решить с их помощью. С этой точки зрения все возможные разновидности инвестиций можно свести в следующие основные группы:

1. Инвестиции в повышение эффективности. Их цель состоит прежде всего в создании условий для снижения затрат фирмы за счет замены оборудования, обучения персонала или перемещения производственных мощностей в регионы с более высокими условиями производства.
2. Инвестиции в расширение производства. Такое инвестирование предусматривает расширение возможностей выпуска товаров для ранее сформировавшихся рынков в рамках уже существующих производств.
3. Инвестирование в создание новых производств. Такие инвестиции обеспечат появление совершенно новых предприятий, которые будут выпускать ранее не изготавливавшиеся фирмой товары (или оказывать новый тип услуг) либо позволят фирме пред-

принять попытку выхода с ранее уже выпускавшимися товарами на новые для нее рынки.

4. Инвестиции ради удовлетворения требований государственных органов управления. Эта разновидность инвестиций становится необходимой в том случае, когда фирма оказывается перед необходимостью удовлетворить требования властей в части либо экологических стандартов, либо безопасности продукции, либо иных условий деятельности, которые не могут быть обеспечены за счет только совершенствования менеджмента.

Логика построения модели принятия решения относительно тактики инвестирования предполагает установление проблемы границ ее решения. Применительно только к инвестиционным проектам, относящимся к первой, второй и четвертой группам, проблемы устанавливаются относительно однозначно. Относительно инвестиций в создание новых производств на данном этапе анализа возникают определенные противоречия [6].

Чем шире исследуемая область, тем выше вероятность того, что будут рассмотрены все факторы, влияющие на решение. Это связано с ростом затрат и увеличением продолжительности исследования. Таким образом, при определении границ проблемы необходима также и оценка разумных предпочтений. Анализ не мешает такой оценке, он только дополнительно конкретизирует ее и дает новые аргументы для сознательного использования. Уже одна простая формулировка проблемы, выявление определяющих ее переменных и связанных с ними факторов внешней экономической среды должны способствовать совершенствованию процесса отбора проектов.

На втором этапе реализации модели принятия инвестиционного решения вырабатывается перечень целей (или цель), которые могут быть положены в основу ранжирования результатов.

На третьем этапе проводится сбор и обработка исходной информации с целью определения тех факторов внешней экономической среды, которые могут оказать существенное влияние на реализацию проекта, а также возможных альтернатив рассматриваемому проекту. Нужно отметить, что в результате информационного потока возможно изменение целей.

Четвертый этап принятия инвестиционного решения заключается в оценке проекта. Следует, однако, отметить, что в данном случае речь идет не о собственно процедуре оценки эффективности проекта, а о построении модели проекта, т. е. об обосновании различных альтернативных проектов и разработке гипотез относительно взаимосвязи между этими проектами и возможными внешними условиями и вероятными результатами от их реализации. Такие гипотезы позволяют предсказать последствия выбора любого варианта проекта при любых конкретных параметрах окружающей экономической среды.

После построения моделей они наполняются прогнозными значениями критических переменных, зависящих как от системы управления фирмой, так и от факторов окружающей экономической среды. Следует отметить, что прогнозирование критических переменных является самостоятельной задачей. От точности прогноза во многом зависит правильность принятия инвестиционного решения [7].

На заключительном этапе принятия решения выбираются такие альтернативные проекты, которые обеспечивают максимальный результат в соответствии с принятым критерием.

Одной из наиболее значимых составляющих процедуры принятия решения о приоритетных направлениях инвестирования является определение целей проекта.

В научной литературе единого подхода относительно целей фирмы или того, какими они должны быть, нет. Это объясняется прежде всего множественностью целей как общественного развития в целом, так и деятельностью отдельной фирмы. Центральным в экономической теории является положение о том, что фирмы стремятся максимизировать прибыль. Цель фирмы заключается в наиболее эффективном использовании имеющихся в ее расположении ресурсов с учетом двух типов альтернатив: минимум издержек ресурсов при фиксированном результате или максимум результата при фиксированном значении ресурса.

Конечно, прибыль является наиболее предпочтительной функцией цели. Однако существуют вполне конкретные экономические обстоятельства, которые не позволяют принять прибыль в качестве однозначной функции цели. Модель должна содержать вполне конкретные ограничения, которые имеют социально-экономическую основу [8].

Очевидно, что функцию максимизации прибыли следует рассматривать не как способ достижения суммарной эффективности, а как задачу обеспечения эффективной работы предприятия.

На наш взгляд, в качестве критерия оценки инвестиционных проектов целесообразно принять максимум стоимости бизнеса предприятия. Каждый отобранный таким образом проект будет увеличивать рыночную стоимость фирмы и приносить большие доходы собственникам.

Ключевые слова: инвестиционная деятельность, выбор проектов, инвестиционный климат, модели, цели, прибыль.

Список литературы

1. *Никитина Е.А.* Оценка конкурентоспособности промышленных предприятий // Вестник Белгородского университета потребительской кооперации. 2007. № 4 (24). С. 176–187.
2. *Алешикова В.И.* Аутсорсинговая модель управления организацией // Вестник ВГУ. Серия: Экономика и управление. 2008. № 1. С. 66–71.
3. *Рязанцев А.Б.* Эффективность современной стратегической модели на основе TQM // Вестник ВГУ. Серия: Экономика и управление. 2009. № 2. С. 15–21.
4. *Скопина И.В.* Экспресс-оценка системы управления предприятием (ч. 2) [Электронный ресурс] / И.В. Скопина, Ю.О. Бакланова, Ю.Н. Сюткин // Управление экономическими системами. Электронный научный журнал. 2009. № 4 (20).
5. *Суменков С.М.* Методологические основы системного подхода к построению иерархических структур управления // Вестник УГТУ–УПИ. 2005. № 6. С. 26–32.
6. *Рудычев А.А.* Проблемы оценки инновационного потенциала промышленного предприятия / А.А. Рудычев, А.А. Гетманцев // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 2. С. 131–132.
7. *Канищев Р.Ю.* Теория ролей и институциональных факторов, воздействующих на инновационное развитие локальных региональных рынков на уровне муниципальных образований / Р.Ю. Канищев, Д.И. Усманов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 2. С. 115–121.
8. *Кинев Ю.Ю.* Оценка рисков финансово-хозяйственной деятельности предприятий на этапе принятия управленческого решения / Менеджмент в России и за рубежом. 2000. № 5. С. 37–40.

Г.Р. БУТКЕВИЧ, О.Е. ХАРО, кандидаты техн. наук,
ФГУП «ВНИПИИстромсырье» (Москва)

Отраслевые конференции как отражение актуальных проблем развития отрасли нерудных строительных материалов

Развитие любой отрасли промышленности сопровождается изменениями ряда показателей, таких как требования к характеристикам продукции, качество исходного сырья, нормативы техники безопасности и охраны природной среды и т. п. Стабильное развитие экономики отрасли может происходить, если актуальные для данного периода проблемы выявляются и решаются своевременно. Прогнозирование возникновения проблем и подготовку предложений по их решению следует считать важнейшей задачей научной и инженерной общности отрасли.

Одним из продуктивных, хотя, конечно, не единственным способом выявления важнейших проблем, с которыми сталкивалась горная отрасль промышленности строительных материалов, является ретроспективный анализ тематики докладов отраслевых научно-практических конференций за длительный период. Выступления представителей промышленных предприятий, ученых и потребителей продукции создают четкую картину состояния отрасли.

Авторами проанализирована тематика докладов 14 конференций работников горных отраслей промыш-

ленности строительных материалов, которые систематически проходили с 1970 по 2012 г. (до 1989 г. – всесоюзных совещаний). Тематика докладов распределена по нескольким направлениям (табл. 1 и 2). Разделение тематики на две таблицы соответствует двум периодам: советскому при плановой экономике и постсоветскому (российскому) с рыночной экономикой.

На конференциях рассматривался широкий круг вопросов, важнейшие из которых обсуждались постоянно. На протяжении всего анализируемого периода преобладали такие темы, как технология горных работ и переработка минерального сырья, характеристики нового оборудования. Нельзя не отметить, что в докладах о новой технике до 1990-х гг. в основном были представлены отечественные образцы оборудования, которые разрабатывались непосредственно заводами или научными организациями, а в последующий период в подавляющем большинстве случаев речь шла о зарубежном оборудовании и опыте его использования на российских карьерах.

Однако даже в таких представительных по количеству докладов группах (150–200 и более докладов

Тематика докладов, поступивших на всесоюзные совещания 1970–1989 гг., %

Таблица 1

Темы докладов	Год проведения совещания			
	1970	1977	1981	1989
Состояние отрасли, общие вопросы	2	5	6	22
Сырьевая база	1	1	–	2
Технология горных работ	30	30	13	26
Технология переработки минерального сырья	33	31	–	18
Горное оборудование	4	1	40	15
Обогатительное оборудование	5	5	35	2
Качество продукции	10	18	–	–
Экономика	13	2	2	2
Законодательство о недропользовании	–	–	–	–
Охрана окружающей среды, рекультивация	–	–	4	–
Комплексное использование природных ресурсов	–	2	–	11
Организация работ	–	4	–	–
Техника безопасности	–	–	–	–
Стандарты	2	1	–	2
Общее количество докладов*	56	76	49	51

Примечание. * Некоторые доклады учитываются по нескольким темам.

Таблица 2

Тематика докладов, поступивших на международные совещания и конференции в 1992–2012 гг., %

Темы докладов	Год проведения совещания									
	1992	1994	1996	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012
Состояние отрасли, общие вопросы	23	17	16	8	9	10	8	17	10	16
Сырьевая база	3	2	–	14	11	10	10	4	21	21
Технология горных работ	10	21	18	11	11	15	10	14	17	10
Технология переработки минерального сырья	10	8	16	6	14	15	15	10	11	14
Горное оборудование	16	16	13	11	4	2	13	15	7	–
Обогатительное оборудование	13	18	10	17	17	34	20	18	9	17
Качество продукции	–	–	3	11	15	2	5	7	2	–
Экономика	–	–	3	–	–	–	8	–	4	2
Законодательство о недропользовании	–	–	–	–3	–	–	–	2	6	10
Охрана окружающей среды, рекультивация	16	8	7	–	9	–	2	–	4	2
Комплексное использование природных ресурсов	3	4	3	8	4	10	7	7	6	4
Организация работ	3	2	–	6	2	–	–	2	–	4
Техника безопасности	–	–	8	3	2	–	–	4	–	–
Стандарты	3	4	3	3	2	2	2	–	3	–
Общее количество докладов*	28	36	35	34	43	39	33	44	68	48

Примечание. * Некоторые доклады учитываются по нескольким темам.

за 42 года) выявить принципиально новые направления совершенствования отдельных элементов технологии или конструкции горных машин удастся редко. Можно назвать лишь единичные примеры: переход на двухстадийное дробление, селективная разработка разнотипных пород, расширение применения механических способов разрушения скальных пород. С сожалением приходится констатировать, что и эти направления до настоящего времени не нашли широкого применения на карьерах.

Несмотря на некоторое преобладание докладов по горной тематике, внимание участников конференций и в большей степени привлекала технология переработки минерального сырья, что косвенно отразилось на увеличении за последние годы доли докладов по обогатительному оборудованию. Причиной повышенного интереса к обогатительному оборудованию стало большое количество новых технических средств, появившихся на российском рынке, и повышенный интерес потребителей к получению кубообразного щебня из изверженных пород. Ранее резкое увеличение количества докладов по оборудованию наблюдалось на всесоюзном совещании в 1981 г., поскольку оно было посвящено оснащению отрасли новым оборудованием. В настоящее время большинство представляемых материалов носит рекламный характер. За редким исключением причины, вызывающие необходимость создания новых машин или изменения их параметров, не анализируются.

Следует признать, что некоторые крайне важные темы практически не нашли подробного освещения в материалах конференций и рассматривались поверхностно, не вызывая интереса аудитории. К таким темам относятся дистанционное управление, охрана окружающей среды, комплексное использование природных ресурсов, расширение номенклатуры продукции, управление качеством поступающей на переработку горной массы.

Хотя в работе конференций постоянно принимали участие представители основных потребителей продукции – бетонщики, дорожники и железнодорожники, кроме повышения требований к форме зерна щебня,

других серьезных предложений по номенклатуре продукции и комплексному использованию природных ресурсов от них не было представлено. При этом нашедшие отражение в отраслевых стандартах требования к форме зерна щебня и видам используемых пород, в частности для балластного слоя железнодорожного пути, были приняты без серьезного обсуждения и обоснования, в основном ориентируясь на зарубежные стандарты, что не всегда экономически оправданно в условиях России. Последствия необоснованных решений тяжело отражаются на предприятиях нерудных строительных материалов (НСМ). Например, отказ от использования для железнодорожного балласта щебня, производимого из карбонатных и песчано-гравийных пород, негативно повлиял на работу карьеров Московской, Тульской и Калужской областей. Большие проблемы у поставщиков возникли из-за перехода на выпуск фракции 25–60 мм вместо 20–70 мм. Получилось так, что подрешетный продукт – фракция менее 25 мм не соответствует стандартной фракции 5–20 мм и этот продукт приходится дополнительно перерабатывать. Причина неувязок кроется прежде всего в отсутствии финансирования научных исследований, вследствие чего решения принимаются без учета российских условий людьми, недостаточно компетентными, не представляющими, как их решения могут отразиться на промышленности и сколько это будет стоить.

Не вызывал практического интереса коренной вопрос существования отдельных отраслей промышленности строительных материалов – перспективы замены традиционных материалов, в том числе изготавливаемых из минерального сырья, альтернативными.

В конце 1960-х – начале 1970-х гг. возник интерес к применению ЭВМ для расчета технологических схем переработки минерального сырья, определения параметров буровзрывных работ, обработки геологической информации (было представлено несколько докладов). Однако из-за очень ограниченных возможностей оснащения отрасли вычислительной техникой это направление не получило развития. Аналогично сложилась ситуация с вопросами автоматизации.

В тот же период значительное внимание уделялось качеству продукции. Пик внимания к этой тематике зафиксирован на всесоюзном совещании 1977 г. Во второй половине XX в. особенно беспокоило отраслевых специалистов отсутствие надежных способов отделения комков пластичной глины. В конце XX и начале XXI в. основное внимание сосредоточилось на уменьшении содержания в щебне зерен пластинчатой и игловатой формы. Под давлением строителей автомобильных и железных дорог были внесены изменения в стандарты, несмотря на то что данных, основанных на результатах серьезных промышленных экспериментов, представлено не было. Обсуждения этого вопроса происходили на различных площадках. Машиностроители, осознав наличие повышенного спроса, начали выпускать дробилки новой конструкции. В результате специалисты получили данные о новых технологиях и новых типах оборудования, обеспечивающих получение щебня с минимальным содержанием зерен неудобной формы. После чего интерес к проблеме начал угасать. Отметим, что решение задачи выпуска в основном кубовидного щебня породило новую проблему — резкое увеличение выхода отсевов дробления.

Положение в стандартизации, вызывавшее и прежде живое обсуждение, продолжает интересовать аудиторию. Эта тема рассматривается почти на всех конференциях в количестве 1–2 докладов, однако дискуссии не возникает. Отчасти потому, что серьезные исследования перестали проводиться из-за отсутствия финансирования.

Неоправданно малое внимание уделяется организации работ и технике безопасности. Несмотря на то, что производительность труда в отрасли остается очень низкой, а доля заработной платы достигает в себестоимости продукции 1/3.

Редко освещается в докладах опыт решения практических вопросов на предприятиях. Сложившееся положение отчасти можно объяснить стремлением не делиться своими достижениями с конкурентами.

Практически выпадают из обсуждения вопросы отраслевой экономики, которые представляют интерес для предприятий в новых условиях хозяйственной деятельности. Причина кроется в отсутствии системных исследований, на которые не выделяются бюджетные средства, а выполнение таких работ за счет предприятий отрасли, как показывает опыт, нереально. Отдельные доклады содержат отрывочные сведения о показателях работы промышленных предприятий, на основании которых не может быть сформировано корректное представление об основных показателях развития отрасли.

Как и в прежние годы, вопросы комплексного использования минеральных ресурсов месторождений не находятся в сфере внимания участников. За последние 20 лет серьезных докладов по использованию техногенных ресурсов карьеров и вторичного сырья не представлялось. Значительный рост количества докладов о минерально-сырьевой базе отрасли в последние годы объясняется в основном систематическим участием в работе конференций специализированной организации — ФГУП «ЦНИИГеолнеруд».

Следует отметить формирование нового направления, которое стало актуальным в последние годы, поскольку затрагивает интересы и производителей, и проектантов. Это законодательство о недропользовании. Внимание к нему связано со сложившимися ненормальными взаимоотношениями между реальными недропользователями и бюрократическими структурами.

Интересно отметить, что тональность докладов до и после 1989 г. значительно отличается. Конференции

советского периода по тематике докладов и их содержанию больше напоминают техническую учебу, на которой представителей промышленности знакомят с состоянием отрасли, существующими проблемами и некоторыми новыми технологическими решениями, внедренными как на отдельных предприятиях, так и в разных ведомствах (предприятия НСМ в советское время входили в состав десятков министерств и ведомств). С докладами выступали представители ведущих проектных и научно-исследовательских институтов отрасли (Гипронеруд, ВНИИНееруд, ВНИПИИстромсырье и др.), руководящие работники ведомств и работники учебных институтов. Ряд вопросов, поднятых на всесоюзных совещаниях, не только находился отражение в рекомендациях, но и решался органами государственной исполнительной власти, включался в планы развития отрасли. Например, в горных вузах была введена специализация «добыча и переработка строительных горных пород», на пяти карьерах были организованы опытные участки, начато производство в промышленных масштабах резиновых сит. Критические замечания из уст руководства отрасли звучали в адрес отдельных промышленных предприятий и научно-исследовательских институтов. Критики в адрес министерств и ведомств практически не наблюдалось. Справедливости ради отметим, что руководители отрасли, как правило, были высококвалифицированными специалистами, прекрасно разбирающимися в технических вопросах, и могли на равных дискутировать с представителями промышленности, научными работниками и конструкторами.

Дух конференций российского периода существенно отличается. Тематику докладов по содержанию условно можно разделить на три группы: оценка состояния отрасли; острые проблемы, стоящие перед промышленностью, и предложения по разрешению этих проблем; реклама отдельных видов технологического оборудования.

Итоговые документы конференций все еще содержат конкретные предложения по решению насущных для промышленных предприятий и отрасли в целом вопросов. Однако реализация этих решений крайне низкая. В настоящее время промышленность НСМ находится в компетенции Министерства регионального развития. Однако заинтересованности в решении ее проблем со стороны министерства не наблюдается.

Как явствует из докладов последних конференций, новые времена, связанные с переустройством отрасли и приватизацией промышленных предприятий, требуют новых подходов, которые пока не найдены.

Важным событием, произошедшим в последнее десятилетие, является создание в 2004 г. отраслевой ассоциации «Недра». Учитывая, что в новых условиях добываться выполнения предложений, включенных в итоговые документы конференций, стало крайне затруднительно, актуальнейшей задачей становится поднятие авторитета ассоциации в Минрегионразвития РФ и других государственных органах.

Анализ тематики докладов и предложений последних конференций выдвигает, по мнению авторов, на первое место следующие организационно-технические проблемы:

1. Правовые вопросы недропользования.
2. Тарифная политика естественных монополий.
3. Состояние отраслевой науки.

Ключевые слова: промышленность нерудных строительных материалов, недропользование, технология горных работ, карьерная техника, кубовидный щебень, отсевы дробления, отраслевая наука.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

тематический раздел журнала «Строительные Материалы» №9 – 2013 г.

ЖУРНАЛ



УДК 168.53:001.811

Е.И. ЮМАШЕВА, инженер химик-технолог, И.В. КОЗЛОВА, канд. физ.-мат. наук, ООО РИФ «Стройматериалы» (Москва)

Публикационные показатели как зеркало стратегии реформирования российской науки

Пять лет назад на страницах журнала «Строительные материалы»[®] была опубликована статья [1], посвященная оценке качества труда ученого. Тогда она нашла отклик у единиц читателей. В 2009 г., когда ВАК резко изменила и некоторым образом формализовала критерии формирования перечня изданий, в которых могут быть опубликованы результаты диссертационных работ, редакция вновь вернулась к оценочным критериям научной деятельности [2, 3]. Но и тогда немногие ученые серьезно восприняли надвигающиеся изменения в регулировании деятельности научного сообщества. Однако после выхода приказа Министерства образования и науки РФ № 406 от 14 октября 2009 г. «Об утверждении типового положения о комиссии по оценке результативности деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения, и типовой методики оценки результативности деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно- и технологические работы гражданского назначения» ситуация изменилась.

Актуальность «борьбы» за научные показатели деятельности научно-педагогических сотрудников университетов значительно возросла после разработки в 2013 г. Министерством образования и науки РФ методики установления контрольных цифр приема в университеты для обучения студентов за счет средств федерального бюджета, согласно которой для каждого университета рассчитывается его потенциал, состоящий в основном из научных показателей, и производится ранжирование вузов.

Количественные показатели публикационной активности в ряду критериев государственной оценки эффективности российской науки

Как известно, в соответствии с приказом Министерства образования и науки РФ № 406 от 14 октября 2009 г. научные организации могут быть отнесены к одной из трех категорий: 1-я категория – научные организации-лидеры; 2-я категория – стабильные научные организации, демонстрирующие удовлетворительную результативность; 3-я категория – научные организации, утратившие научный профиль и перспективы развития. Естественно, мало кому хочется оказаться в 3-й категории, поскольку это влечет за собой весьма тяжелые последствия.

С классическим вопросом русской интеллигенции: «Что делать?» – в редакции стали поступать звонки от ученых вузов, представителей администраций НИИ. С одной стороны, мы были рады и благодарны коллегам за доверие и такое своеобразное подтверждение высокого статуса журнала в профессиональной среде, с другой – увидели в этом тревожный симптом недооценки изменения государственной политики в области науки.

Для того чтобы посчитать индекс цитирования или импакт-фактор вуза или НИИ, коллегам, претендующим на бюджетное финансирование и получение различных грантов, пришлось в первую очередь заняться «инвентаризацией» своих научных публикаций. Именно 2009 г. является своеобразной отправной точкой формирования «электронного профиля» российской строительной науки на платформе Научной электронной библиотеки eLibrary.ru, создание которой было начато в 1998 г. компанией «Научная электронная библиотека» в связи с необходимостью обеспечения доступа на единой web-платформе с интегрированным поисковым аппаратом российского науч-

ного сообщества к электронным версиям ведущих мировых научных изданий, подписку на которые осуществлял РФФИ [4]. Отметим, что объединенная редакция журналов «Строительные материалы»[®] и «Жилищное строительство» быстро оценила перспективность нового ресурса и одной из первых среди журналов по тематике «Строительство. Архитектура» с 2008 г. стала активным поставщиком контента в электронную библиотеку.

Почему же именно индекс цитирования и импакт-фактор так волнуют наших коллег из вузов и НИИ? Это связано с тем, что одним из важных направлений оценки результативности деятельности научных организаций по методике Минобрнауки РФ является научный потенциал и эффективность научных исследований, в котором критерий 1.2 – публикационная активность. Оценка результативности по этому критерию рассчитывается по следующим показателям:

- число публикаций работников научной организации в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ), отнесенное к численности исследователей за каждый год из последних пяти лет;
- цитируемость работников научной организации в РИНЦ;
- число публикаций работников научной организации в Web of Science, отнесенное к численности исследователей;
- цитируемость работников научной организации в Web of Science;
- число опубликованных докладов, тезисов докладов, представленных работниками научной организации на крупных конференциях, симпозиумах и чтениях (более 150 участников), а также на конференциях, организованных в соответствии с планами федеральных органов исполнительной власти, государственных академий наук или на средства российских и международных фондов (включая РФФИ и РГНФ), отнесенное к численности исследователей;
- число монографий и глав в монографиях, учебников и глав в учебниках, отнесенное к численности исследователей.

Научные публикации считаются важным индикатором состоятельности российской науки на самом высоком уровне. Так, одна из целей, поставленных в Указе Президента РФ от 07.05.12 № 599 «О мерах по реализации государственной политики в области образования и науки», – увеличение к 2015 г. доли публикаций российских исследователей в общем количестве публикаций в мировых научных журналах, индексируемых в базе данных Web of Science, до 2,44%.

Стремление государства оценить эффективность расходов на национальную науку понятно и обоснованно, ведь бюджетное финансирование исследований – это, по сути, расходование денег налогоплательщиков, то есть общества. С учетом развивающихся процессов глобализации и международной интеграции России потребовалось обозначить свои позиции на рынке научных исследований.

Национальные системы оценки научных исследований давно существуют практически во всех развитых странах. Периодичность проведения таких оценок осуществляется раз в 5–7 лет, в России будет один раз в 5 лет.

Особенно важно в этих национальных системах оценки, что отдельно учитываются статьи в журналах, доклады на конференциях и монографии и эти показатели не смешиваются. *Списки журналов, по которым рассчитываются показатели, формируются экспертами индивидуально для каждой науки или научного отделения.*

До недавнего времени в России таким списком был Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (далее – Перечень ВАК). Затем в рамках комплексной реформы отечественной науки был создан Российский индекс научного цитирования.

Российский индекс научного цитирования

В многофункциональной информационной системе Российский индекс научного цитирования (РИНЦ), обрабатывается полная библиографическая информация, аннотации и пристатейные списки цитирования из российских научных журналов и помимо таких популярных показателей, как число публикаций, цитируемость, индекс Хирша и импакт-фактор, рассчитывается еще около 50 различных метрик.

В настоящее время в БД РИНЦ обрабатывается более 3,5 тыс. российских журналов, представлена информация по 2,3 млн публикаций, 600 тыс. авторов и 6 тыс. организаций [5]. В РИНЦ создана полностью автоматическая система идентификации, поэтому заинтересованному автору или организации **чрезвычайно важно создать в РИНЦ корректный профиль, в котором будет аккумулироваться информация о публикационном потоке объекта.**

Поскольку основной задачей РИНЦ является сбор информации обо всех публикациях российских авторов и их цитировании, на основании соглашений с производителями (владельцами) в базу были добавлены данные из базы Scopus и Web of Science (WoS). В результате интеграции данных из отечественных и зарубежных журналов в РИНЦ получен единый массив документов, отражающий полный поток публикаций российских авторов и их цитирований [5].

Важно отметить, что **база данных РИНЦ находится в открытом доступе**, в том числе в открытом доступе всегда будут основные библиометрические показатели, рассчитываемые для авторов, организаций и научных журналов, списки их публикаций и цитирований. **Открытость РИНЦ является важным принципом, позволяющим использовать его всеми учеными и научными организациями без каких-либо ограничений**, способствует свободному распространению информации о российских публикациях в мире, что приводит в конечном счете и к повышению цитируемости этих публикаций.

После регистрации в базе РИНЦ научных организаций и отдельных ученых, а также после соответствующей привязки учтенных в РИНЦ публикаций и библиографических ссылок многие строительные вузы, институты РААСН и другие научные организации строительного направления получили вполне объективные показатели публикационного отражения своей научной деятельности.

Присутствие в Web of Science и Scopus – объективная необходимость или навязанная услуга?

В типовой методике оценки результативности деятельности научных организаций, предложенной Минобрнауки РФ, кроются подводные камни, способные снизить отчетные показатели даже вполне успешных научных организаций. Ученые, занимающиеся строительной наукой и строительным материаловедением, сразу обратили внимание на необходимость, скажем так, присутствовать в международной базе Web of Science (позднее к ней добавилась база Scopus), которой большинство из них ранее не пользовались.

Что же это за базы, цитирование в которых сулит многие блага российским ученым?

Web of Science – аналитическая и цитатная база данных журнальных статей, объединяющая три базы: Science / Social Sciences / Arts&Humanities Citation Index. Размещается она на платформе Web of Knowledge (с удивлением отметим, что чиновники Минобрнауки РФ упорно называют Web of Knowledge «системой цитирования» и считают включение в нее – технологическую платформу – текущих номе-

ров периодических изданий достаточным условием для включения издания в Перечень ВАК.) Web of Science не содержит полных текстов статей, а только ссылки на полные тексты в первоисточниках и списки всех библиографических ссылок, встречающихся в каждой публикации. **Доступ к базе осуществляется на условиях подписки**, то есть платно. Владеет технологической платформой и цитатной базой Web of Science одна из крупнейших в мире медиа групп «Томсон Рейтер» (Thomson Reuters, Канада).

Аналогичным ресурсом является библиографическая и реферативная база данных Scopus, в которой индексируется 18 тыс. названий научных изданий по техническим, медицинским и гуманитарным наукам 5 тыс. издателей. **Доступ к базе также осуществляется на условиях подписки**, о стоимости которой некоторые российские вузы знают уже не понаслышке.

Разработчиком и владельцем Scopus является издательская корпорация «Эльзевьер» (Elsevier, Нидерланды) – ведущий в мире коммерческий издатель научно-технической информации.

Конечно, в основу баз цитирования Web of Science и Scopus легли журналы, издаваемые в медиахолдингах – владельцах, в настоящее время контролирующими львиную долю всей научной периодики в мире. Ждут ли в этих весьма уважаемых, но все-таки коммерческих ресурсах массивный вброс информации о работах российских ученых и контент от российских научных журналов, вопрос.

Не будем предполагать, каким образом именно Web of Science и Scopus стали практически обязательным атрибутом успешности российских ученых. Отметим только, что требование к ученым публиковаться в зарубежных журналах, а к издательствам – вводить свои журналы в данные базы, уже повлекло прямое увеличение расходов для всех субъектов оборота научно-технической информации.

Директор НП «Комитет по этике научных публикаций» Е.Г. Абрамов делится с читателями сайта «Этика научных публикаций» следующими данными (<http://publicationethics.ru/2013/04/07/plata-za-publikatsii-v-rossii/>): «На сайте крупнейшего издательства Elsevier можно ознакомиться с условиями платной публикации в более чем 1500 научных рецензируемых журналах. Плата за публикацию составляет от 500 до 5 тысяч дол. США. При этом Elsevier подтверждает, что эти цены являются рыночными и конкурентоспособными. Например, в журнале Economic Modelling стоимость публикации составляет 750 дол. США (импакт-фактор журнала 0,701).

Но это еще не все. Точнее, это только конец истории. Плата только за рассмотрение статьи составляет 125 дол. США. При отправке статьи автор должен оплатить submission fee (взнос за рассмотрение). При этом статья может быть отклонена редактором без отправки на рецензирование. Повторная отправка статьи возможна только после повторной оплаты взноса. То есть это даже не плата за рецензирование, а только за внимание к письму автора. И только после положительного заключения рецензента можно переходить собственно к публикации, которая стоит 750 дол. США».

Оплата подписки на пользование данными базами, исчисляемая миллионами рублей, является для вузов вполне легитимным расходованием бюджетного финансирования. Мы знаем уже несколько «наших» вузов, имеющих подписку на базу Scopus, однако пока не можем констатировать более глубокой проработки зарубежных источников по темам журналов «Строительные материалы»® и «Жилищное строительство», во всяком случае, в пристатейных списках литературы явно это не отражается.

Издатели формально за включение своих журналов в базу Scopus не платят. Однако требования к журналам таковы, что влекут за собой большие организационные и технические расходы, расширение штата, изменение архитектуры журналов и т. д.

Не хотелось бы думать, что в лоббировании коммерческих продуктов крупнейших мировых издательств есть скрытый мотив кроме радения об отечественной науке, однако результаты совещания в Министерстве образования и науки РФ с главными редакторами и руководителями редколлегий о продвижении российских научных журналов в авторитетных международных библиографических базах данных, состоявшегося 12 апреля 2013 г., многих разочаровали (<http://publicationethics.ru/2013/04/12/minobr/>).

Как повысить уровень цитируемости и импакт-фактор, или как увеличить публикационную активность?

Можно дискутировать об обоснованности критериев оценки результативности научной деятельности [6], однако пока не предложено иного ученым, вузам и НИИ придется зарабатывать очки по каждому из них. Первый шаг очевиден — публиковать статьи в престижных журналах по выбранному научному направлению. В настоящее время количество научных и научно-технических журналов растет год от года. Если у ученого еще не сложились публикационные традиции, то ему будет не просто выбрать издание для публикации своего труда. Как выбрать?

На помощь приходит известный закон Брэдфорда — эмпирическая закономерность распределения публикаций по изданиям, согласно которой в списке научных журналов, расположенных в порядке убывания числа статей по заданному вопросу, можно выделить три зоны, содержащие равное число статей, но различающихся количеством и качеством составляющих их журналов: в первую зону (зону ядра) входят профильные журналы, непосредственно посвященные заданному вопросу; во вторую зону входят журналы, частично посвященные заданному вопросу; в третью — журналы, тематика которых далека от заданного вопроса. Для каждой тематической области существует коэффициент кратного увеличения количества журналов в каждой последующей зоне [7].

На практике во всех отраслях знания существует гласный или негласный перечень наиболее престижных журналов, которые признаны ученым сообществом, имеют институт рецензирования, высокую издательскую культуру, высокий в отрасли авторитет и высокий среди отраслевых изданий импакт-фактор. Как правило, это и есть журналы «ядра».

Выбрать российский журнал для публикации своей работы в настоящее время несложно даже для «писателей», то есть начинающих исследователей, которые не имеют устойчивого навыка или любопытства к систематическому чтению научных и научно-технических журналов по своей теме. Рейтинги РИНЦ (SCIENCE INDEX), которые сами по себе становятся предметом исследований и интерпретаций [8], позволяют получить представление о позиции того или иного журнала.

Публикация в высокорейтинговых журналах существенно повышает вероятность того, что работа будет замечена. Ведь настоящие ученые не только публикуются в «ядерных» журналах, но и все еще их **читают**. Однако добиться публикации в таких журналах бывает непросто, особенно ученому, делающему в науке первые шаги.

Здесь заострим внимание на *потенциальном сроке публикации*. Если в российских журналах он редко превышает 10–12 месяцев, то публикации в зарубежных изданиях (не факт, что «ядерных») можно ждать до трех лет.

Например, в журнале «Строительные материалы»® работа над большинством научных статей длится в среднем 4–6 месяцев. Однако поскольку *интересы читательской аудитории приоритетны*, срок публикации некоторых статей может составлять всего 1–2 месяца, если по тематике они соответствуют отраслевым международным конференциям, к которым готовятся тематические номера. В этом начинании редакцию поддерживают и рецензенты. Так информация о достижениях российских ученых бы-

стро попадает непосредственно в руки представителей промышленности, что, кстати, весьма эффективно.

Второй важный шаг на пути к возделанным показателям публикационной активности — получение цитирования своей статьи, тех самых библиографических ссылок. Здесь прогнозировать ситуацию весьма сложно, но как бы она ни развивалась, полученные ссылки могут оказать влияние на показатели не ранее чем через год-два. Например, к настоящему времени в РИНЦ рассчитаны библиометрические показатели за 2011 г., то есть учитывающие статьи и ссылки по 2010 г. включительно.

Тут уместно вспомнить, что культура цитирования является одной из этических норм научной деятельности. Правильность оформления пристатейной (книжной) библиографии — это многоаспектная проблема, в том числе морально-этическая, а не только формальная с точки зрения соблюдения ГОСТов. Лучше, чем об этом написал один из самых известных американских социологов XX в., классик структурного функционализма, автор эффекта Матфея Роберт К. Мертон, не скажешь, поэтому ему слово:

«...издавна сложившиеся социальные реалии таковы, что авторство ученого лишь тогда приобретает более или менее законные основания, когда он опубликует свою работу и делает ее общедоступной; при этом предпочтительно, чтобы работа была опубликована в виде статьи или книги, поступающих затем в хранилища (т. е. библиотеки). В конечном итоге именно это имеется в виду, когда мы говорим о «вкладе в науку»: это вклад, пусть даже условный, в общий фонд знаний...

Но система открытых публикаций, обеспечивающая прогресс научных знаний, требует соблюдения некоторых взаимных обязательств, выполнения определенных норм. Она может быть эффективной только в том случае, если практика представления своих результатов в общем пользование дополняется нормой, согласно которой использующий эти результаты ученый должен продемонстрировать, что он это делает, сославшись на первоисточник. По сути, тем самым он подтверждает права собственности того ученого, результаты которого он использовал. Такой порядок образует систему законной апроприации (использования) в отличие от системы незаконной экспроприации (плагиата)...

Таким образом, мы начинаем понимать, что институционализированная практика цитирования и ссылок в науке — это вовсе не мелочь... на самом деле эти ссылки и сноски являются главным элементом системы стимулирования научного труда и лежащих в ее основе представлений о справедливом распределении, которые во многом способствуют ускорению научного прогресса.

Как часть системы интеллектуальной собственности в науке, ссылки и сноски выполняют два типа функций: когнитивно-прикладные и институционально-символические. Функции первого типа заключаются в отсылке читателя к источникам знаний, из которых автор черпал свои идеи. Это позволяет читателям исследовательского склада, если им будет угодно, самостоятельно оценить использованные материалы (идеи и выводы) по первоисточнику...

Но цитаты и ссылки ...выполняют также отнюдь не латентные символические функции. Они обеспечивают признание коллег и поддерживают интеллектуальные традиции, что очень важно для эффективности науки как сферы социальной деятельности. Именно эта мысль заключена в афоризме Ньютона, который он употребил в своем знаменитом письме к Гуку, благодаря чему этот афоризм и получил имя Ньютона: «Если я и видел дальше, то лишь потому, что стоял на плечах гигантов». Сама форма научной статьи в том виде, в каком она сформировалась за последние три столетия, требует, чтобы авторы указывали, на чьих плечах они стоят — гигантов или, как это чаще всего бывает, на плечах мужчин и женщин среднего для вида *scientificus* роста» [9].

Пусть читатель извинит за столь длинное цитирование, но так емко, коротко и по существу, затронув все аспекты культуры цитирования, не скажешь.

Так сколько же библиографических ссылок в среднем должна иметь научная или научно-техническая статья? Это непростой вопрос, и ответ на него зависит он от многих обстоятельств. Например, в статье [1] список литературы содержит 13 источников, в [2] – 25, в [9] – 62. Количество ссылок зависит от того, носит ли статья аналитически-обзорный характер или в ней изложены пионерные результаты и идеи (в настоящее время крайне редкий случай). В первом случае объем статьи и количество ссылок будут большим, во втором – существенно меньше. В среднем, считается, что если в статье излагается решение какой-то научной, инженерной задачи или постановка проблемы, то пристатейный библиографический список должен составлять около 15 ссылок. При этом следует помнить об эффекте Матфея, процитированного выше Роберта К. Мертон.

Управляемое цитирование

Некоторые аспекты задач, которые ставят перед российской наукой Правительство и Минобрнауки РФ, сродни анекдотическому лозунгу, имевшему место в «застойные» 1970–1980 гг.: «Даешь пятилетку за три дня!». Применительно к рассматриваемой публикационной активности необходимость резко увеличить число публикаций и цитирований уже привели к тому, что возникают и реализуются различные схемы и приемы увеличения числа публикаций и искусственного наращивания цитируемости, которые в среде ученых деликатно называются управляемым цитированием. Следует отметить, что и тут мы не являемся новаторами. Через это явление проходят все страны, столкнувшиеся с дискриминацией в различных мировых рейтингах. Директор Российской ассоциации электронных библиотек д-р техн. наук, канд. филол. наук А.Б. Антопольский приводит пример, когда пять китайских университетов были избалованы в сговоре взаимного цитирования. Но их довольно быстро поймали за руку, так как в настоящее время созданы компьютерные программы, которые выявляют замкнутые циклы цитирования, случаи самоцитирования, цитирования внутри одного журнала или одного научного института [10].

Не приветствуется самоцитирование и в РИНЦ, где оно является фактором, снижающим рейтинг журналов. Однако этот вопрос требует дополнительного обсуждения, так как, например, в изданиях, входящих в тематическое ядро, трудно избежать ссылок на работы коллег, опубликованные в этих журналах. Ведь именно в «ядерных» журналах стремятся опубликовать свои пионерные работы ведущие ученые отрасли.

Намереваясь интегрироваться в мировое научное информационное пространство посредством публикаций в зарубежных журналах, а также включения российских изданий в крупнейшие базы цитирования, российскими учеными следует отдавать себе отчет в следующем: нас там не ждут. Это очевидно, учитывая, какие сложности возникают и у ученых, и у журналов по пути этой самой интеграции. И логика в этом есть, ведь российские ученые по сути конкурируют с зарубежными коллегами: за приоритет, за гранты, за внедрение разработок. Поэтому зеленую улицу российской науке, в том числе прикладной, никто не открывает. Важнейшим требованием к рукописям статей, направляемых в зарубежные журналы, а также к российским журналам, которые устремляются в Web of Science и Scopus, является наличие ссылок на работы зарубежных ученых в зарубежных же журналах. Нашим ученым ссылки на их публикации, тем более быстро, никто не гарантирует.

Подводя итог сказанному, можно сделать неутешительный вывод. Даже если предположить, что наиболее активные и эффективные российские ученые, работающие в области строительства и строительного материаловедения, всю свою энергию и ресурсы направят на публикации в зарубежных журналах, индексируемых Web of Science и Scopus, то реального изменения общей картины, хотя бы

по числу публикаций, можно ожидать не ранее чем через 2–3 года. Мечты о ссылках надо отложить еще минимум на два года. Так что к 2015 г. почти вдвое увеличить количество публикаций в высокорейтинговых зарубежных журналах вряд ли получится.

Необходимо также помнить, что большинство университетов и даже те вузы, которые получили существенную финансовую поддержку для развития инфраструктуры и материально-технической базы, только приступили к этой работе. А пока основными «поставщиками» индексируемых в зарубежных базах цитирования статей остаются институты РАН. Но к сожалению, даже при наличии понимания этого с университетов не снимается решение задач увеличения количества публикаций и ссылок на них. Было бы хорошо, если бы за этими важными хлопотами мы не забыли о необходимости качественного воспроизводства профессиональных и научных кадров, а также о научной работе, результаты которой и должны ложиться в основу статей.

К ситуации, сложившейся вокруг российской науки, в том числе отраслевой, вполне применима известная поговорка: бесполезно дергать цветочек, чтобы он быстрее рос. От себя добавим, рациональнее и эффективнее его полить, удобрить, освободить от сорняков и оберегать от вредителей.

Ключевые слова: РИНЦ, Web of Science, Scopus, база цитирования, публикационная активность, импакт-фактор, индекс цитирования, закон Брэдфорда, эффект Матфея, самоцитирование.

Список литературы

1. Козлова И.В. Индекс научного цитирования и импакт-фактор издания – инструмент оценки труда исследователя // *Строительные материалы*. 2007. № 12. С. 58–60.
2. Козлова И.В., Юмашева Е.И. Научный журнал в России: актуальные проблемы и перспективы развития в современных условиях // *Строительные материалы*. 2009. № 3. / Наука. С. 85–88.
3. Писляков В.В. Методы оценки научного знания по показателям цитирования // *Строительные материалы*. 2009. № 3 / Наука. С. 89–93.
4. Еременко Г.О. Научной электронной библиотеке – 3 года: некоторые итоги и основные пути дальнейшего развития // *Электронные библиотеки [электронный журнал]*. 2003. Том 6. Выпуск 1. <http://www.elbib.ru/index.php?page=elbib/rus/journal/2003/part1/eremenko>.
5. Арефьев П.Г., Еременко Г.О., Глухов В.А. Российский индекс научного цитирования – инструмент для анализа науки // *Библиосфера*. 2012. № 5. С. 66–71.
6. *Большеротов А.Л.* Мировой рейтинг университетов: догнать и перегнать. А нужно ли? Часть III. Методика комплексной оценки публикационной активности // *Жилищное строительство*. 2013. № 7. С. 45–47.
7. *Bradford, S.C.* (1948). *Documentation*. London: Crosby Lockwood. 156 p.
8. *Ватин Н.И., Райчук Д.Ю., Спиридонова Т.И., Тарасов В.А.* Цитирование российских строительных научных журналов // *Строительство уникальных зданий и сооружений [интернет-журнал]*, 2013, № 2 (7). http://www.unistroy.spb.ru/index_2013_07/01_vatin_raychuk_spiridonova_tarasov_07.pdf.
9. *Мертон Р.К.* Эффект Матфея в науке. II: накопление преимуществ и символизм интеллектуальной собственности. Цит. по Robert K. Merton. *The Matthew Effect in Science, II: Cumulative Advantage and the Symbolism of Intellectual Property* // *ISIS*, 1988, v. 79, p. 606–623 / Пер. Е.И. Николаенко // *Thesis*. 1993. Вып. 3. С. 256–276.
10. *Тихомиров В.* Даже биолога с биологом сравнить нельзя (интервью с А.Б. Антопольским) // *Огонек*. № 29 (5289), 29.07.2013 <http://www.kommersant.ru/ogoniok/74635>.

УДК 678.746.22

И.Я. ГНИП, С.И. ВАЙТКУС, С.А. ВЕЯЛИС, кандидаты техн. наук,
Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса (Литва)

Исследование деформативности и прочности полистирольного пенопласта при сдвиге кратковременной нагрузкой с использованием статистического планирования эксперимента

Одна из эффективных областей применения полистирольного пенопласта — слоистые элементы (трехслойные строительные панели, наружное утепление стен зданий), в которых срединный слой из пенополистирола воспринимает значительную часть напряжений сдвига, обеспечивает устойчивость листов обшивки и жесткость всей конструкции [1, 2]. Поэтому важным условием применения слоистых конструкций с использованием полистирольного пенопласта является совершенствование методов расчета с более детальным учетом показателей его деформируемости как срединного слоя. В [3] содержатся сведения о сопротивлении сдвигу полистирольного пенопласта в зависимости от плотности и прочности на изгиб, а в [4] представлены соотношения прочности полистирольного пенопласта при изгибе и сдвиге. В работе [5] с использованием линейной экспериментально-статистической модели дана оценка степени изменения предела прочности полистирольного пенопласта при сдвиге кратковременной нагрузкой в зависимости от его плотности и расстояния между смещаемыми плоскостями (т. е. толщины образцов 50, 80 и 100 мм), представлена линия регрессии модуля упругости при сдвиге по результатам определения плотности полистирольного пенопласта в интервале 11–37 кг/м³.

Сформулированные выводы о длине и ширине образцов пенополистирола (ППС) для определения деформативных характеристик и предела прочности при сдвиге содержатся в [6], а их толщина рекомендована от 50 до 100 мм или должна соответствовать толщине изделий.

Результаты стандартных испытаний часто не коррелируют с поведением ППС в реальных условиях испытаний. При испытании на сдвиг геометрия образца играет более важную роль в получении достоверных результатов, чем при испытании на растяжение или сжатие [7].

Целью выполненных исследований являлась оптимизация толщины образцов пенополистирольных изделий различной плотности для определения таких характеристик, как модуль сдвига G , предельный относительный сдвиг γ_e , предел прочности при сдвиге τ и относительный сдвиг при разрушении γ_r .

В статье представлены результаты кратковременных испытаний на сдвиг образцов полистирольных пенопластовых плит EPS 80, EPS 100 и EPS 150 плотностью 16–24 кг/м³, изготовленных одним и тем же производителем беспрессовым способом — вспениванием в замкнутом объеме сырья в виде бисера (твердых гранул). В частности, для плит EPS 150 применено сырье F 295 фирмы BASF ($\varnothing 1-2,3$ мм), EPS 100 — сырье F 215N фирмы BASF ($\varnothing 1-2$ мм) и EPS 80 — сырье NF-514 фирмы STYROCHEM ($\varnothing 1,4-2,5$ мм).

Экспериментальное определение деформативных характеристик и предела прочности ППС при сдвиге выполнено согласно EN 12090 [6]. Испытания проводили методом сдвига двоянных образцов.

Сдвоенный образец (рис. 1) представляет собой вклеенные между тремя металлическими пластинами 1 два блока пенополистирола 2 каждый длиной 200 мм, шириной 100 мм и толщиной 50, 75 и 100 мм (соответственно толщине пенополистирольного изделия). Прикладывая сжимающую нагрузку к средней пластине, вызывали сдвиг в двух симметрично расположенных блоках ППС. При нагружении измеряли смещение S_i средней пластины относительно крайних.

Испытания двоянных образцов проводили на компьютеризированной испытательной машине H10KS (Hounsfield, Англия); скорость нагружения $3 \pm 0,5$ мм/мин [6]. Точность измерения деформации пенополистирольных образцов (по перемещению траверсы) — 0,01 мм.

Испытания проводили при температуре окружающей среды $23 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $50 \pm 5\%$.

При проведении исследований использовали базовые программы управления QMAT Professional ver. 3.83. Для каждого образца был рассчитан предел прочности при сдвиге, модуль сдвига (тангенс угла наклона начального участка диаграммы деформирования [6]) и вычерчена диаграмма деформирования в масштабе 10–80:1. При обработке диаграмм нагрузка–смещение определяли:

– предельный относительный сдвиг γ_e , вплоть до сохранения квазилинейности зависимости $\tau = f(\gamma)$, превышение которой вызывает заметное нарастание деформаций и отклонение указанной зависимости от линейной;

– максимальный относительный сдвиг γ_r , соответствующий разрушающему напряжению τ_m .

Относительный сдвиг (угол сдвига) вычисляли по формуле:

$$\operatorname{tg} \gamma_i^2 = \frac{S_i}{D},$$

где S_i — смещение при сдвиге от фиксированной нагрузки; D — расстояние между смещаемыми плоскостями (толщина образца).

Исследования включали четыре выходных параметра (G , γ_e , τ_m , γ_r) и два управляемых фактора (плотность ППС ρ и толщина образца D , т. е. рас-

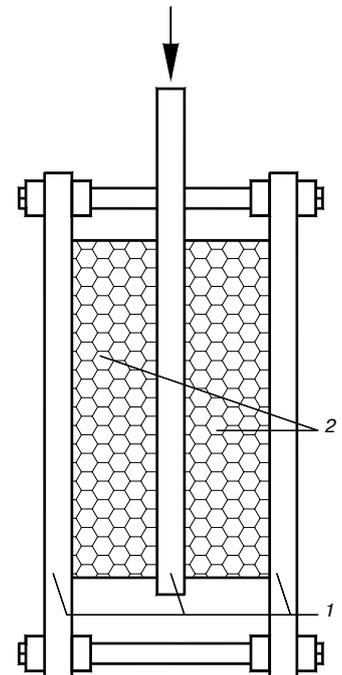


Рис. 1. Схема испытаний на сдвиг двоянного образца полистирольного пенопласта: 1 — металлические пластины; 2 — полистирольный пенопласт

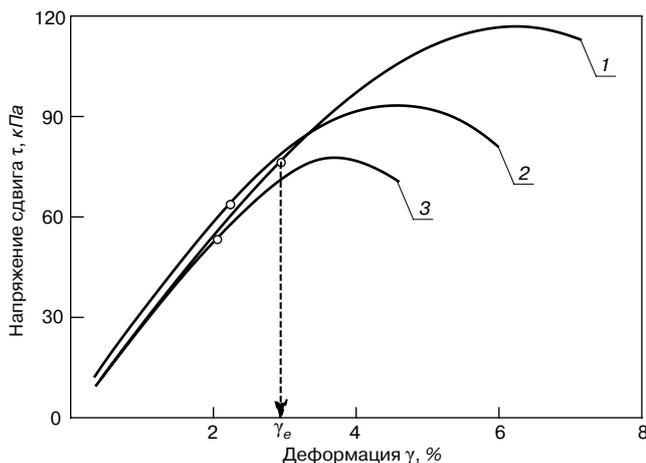


Рис. 2. Диаграммы деформирования при сдвиге образцов полистирольного пенопласта плотностью 20 кг/м³ и толщиной, мм: 1 – 50; 2 – 75; 3 – 100. Точки О – экспериментальные значения сдвиговых деформаций γ_e

стояние между смещаемыми плоскостями). По полному факторному эксперименту типа $N=n^k$ (где n – количество уровней; k – число факторов) были испытаны плиты плотностью от 16 до 24 кг/м³. Число опытов в этом исследовании составило $N=3^2=9$. Для этого из вырезанных образцов толщиной $D=50, 75$ и 100 мм образовывали экспериментальные выборки с близкими исходными значениями плотности. Испытания проводили спустя четыре месяца после изготовления плит. Всего испытано девять серий пенополистирольных плит (по пять образцов в каждой серии).

При проведении эксперимента значения управляемых факторов поддерживали на фиксируемом уровне по плану. Для упрощения записи условий и обработки экспериментальных данных производили кодирование факторов по формуле [8]:

Таблица 1

Характеристика	x_1 – плотность пенополистирольных образцов, кг/м ³	x_2 – толщина испытываемых образцов, мм
Основной уровень	20	75
Интервал варьирования	3,5	25
Верхний уровень	23,5	100
Нижний уровень	16,5	50

$$x_j = \frac{\bar{x}_j - \bar{x}_{j(i)}}{I_j}, \quad (1)$$

где x_j – кодированное значение фактора; \bar{x}_j – натуральное (именованное) значение фактора; $\bar{x}_{j(i)}$ – натуральное значение фактора основного уровня; I_j – интервал варьирования; j – номер фактора.

Основной уровень и интервал варьирования управляемых факторов приведены в табл. 1, а матрица планирования эксперимента – в табл. 2 (последние восемь столбцов содержат результаты эксперимента).

При сдвиге образцов, вырезанных из плит и подобранных в соответствии с матрицей планирования, определяли следующие показатели полистирольного пенопласта: y_1 – модуль упругости при сдвиге G , кПа; y_2 – предельный относительный сдвиг γ_e , %; y_3 – предел прочности при сдвиге τ_m , кПа; y_4 – относительный сдвиг при разрушении γ_r , %.

Для описания взаимосвязи между факторами x_i и выходами y_j в исследуемой области применена квадратическая модель. На основе расширенной матрицы планирования полного факторного эксперимента типа $N=3^2$ методом наименьших квадратов [9] рассчитаны квадратические модели зависимости выходных параметров (y_1, y_2, y_3, y_4) от управляемых факторов (x_1, x_2).

В общем виде квадратическая модель может быть записана уравнением:

Таблица 2

№ опыта	x_1	x_2	y_1 , кПа		y_2 , %		y_3 , кПа		y_4 , %	
			\bar{y}_1^{**}	S_{y1}	\bar{y}_2^{**}	S_{y2}	\bar{y}_3^{**}	S_{y3}	\bar{y}_4^{**}	S_{y4}
1	-1	-1	2318	114,7	2,38	0,247	78,2	3,84	4,88	0,216
2	0	-1	2918	170,1	2,81	0,299	115,7	3,83	5,95	0,374
3	+1	-1	3488	184,9	3,35	0,186	146,4	5,04	6,14	0,308
4	-1	0	2247	150,4	2,01	0,091	61,9	3,07	4,26	0,151
5	0	0	3029	89,7	2,22	0,02	94,2	1,53	4,36	0,413
6	+1	0	3590	141,1	2,38	0,084	114,2	3,48	4,29	0,217
7	-1	+1	2189	151,6	1,83	0,04	55,8	4,86	3,36	0,317
8	0	+1	2882	158,4	1,91	0,12	78,4	2,51	3,31	0,19
9	+1	+1	3575	212,5	2,1	0,059	98,9	3,57	3,42	0,389

* Приведены средние значения выходных параметров по пяти параллельным определениям.

Выходные параметры:

$$y_1. \sum_{i=1}^N S_{y_1}^2 = 220083. \quad G = \frac{S_{y_1}^2(\max)}{\sum_{i=1}^N S_{y_1}^2} = 0,205. \quad S_{\text{воспр}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N S_{y_1}^2}{N} = 24454. \quad S_{bj} = \sqrt{\frac{S_{\text{воспр}}^2}{Nm}} = 23,31.$$

$$y_2. \sum_{i=1}^N S_{y_2}^2 = 0,22. \quad G = 0,406. \quad S_{\text{воспр}}^2 = 0,0245. \quad S_{bj} = 0,0233.$$

$$y_3. \sum_{i=1}^N S_{y_3}^2 = 121,4. \quad G = 0,209. \quad S_{\text{воспр}}^2 = 13,49. \quad S_{bj} = 0,547.$$

$$y_4. \sum_{i=1}^N S_{y_4}^2 = 0,81. \quad G = 0,211. \quad S_{\text{воспр}}^2 = 0,09. \quad S_{bj} = 0,0447.$$

Табличные значения:

$$G_{0,05(4;9)} = 0,358. \quad G_{0,01(4;9)} = 0,425. \quad t_{0,05(36)} = 2,03.$$

G – критерий Кохрена; t – критерий Стьюдента.

Таблица 3

Уравнения регрессии	Значения коэффициентов					
	b_0	b_1	b_2	b_{12}	b_{11}	b_{22}
y_1	2983	649,8	–	54	–	-60,33
y_2	2,184	0,268	-0,45	-0,175	–	0,193
y_3	92,46	27,27	-17,87	-6,275	-3,533	5,467
y_4	4,402	0,225	-1,147	-0,3	-0,148	0,207

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 \quad (2)$$

Значимость постоянных коэффициентов проверяли по t -критерию Стьюдента [10] при уровне значимости $\alpha=5\%$. Незначимые коэффициенты не включены в уравнение. Адекватность уравнения (2) проверяли по критерию Фишера [11, 12].

На рис. 2 показаны кривые деформирования, полученные при сдвиге пенополистирольных образцов при напряжениях, действующих вдоль поверхности плит. Кривые деформирования практически квазилинейные до напряжений, не превышающих 65–75% разрушающих. Границей квазилинейной зависимости $\tau=f(\gamma)$ является деформация γ_e . Максимум на диаграммах деформирования соответствует разрушающему напряжению τ (моменту разрушения образца). Разрушение образцов при сдвиге происходило по ППС в рабочей зоне, равной их толщине (разрушений по адгезиву не наблюдали).

В табл. 3 приведены значения коэффициентов уравнений регрессии по кодовым переменным, а результаты статистического анализа – в табл. 4. Получены адекватные уравнения регрессии второго порядка и поэтому становятся значимыми определенные по эксперименту эффекты взаимодействия факторов и квадратичные эффекты (влияние квадратичных членов содержится и в свободном члене b_0 , в котором получается смешанная оценка). Следует заметить, что эксперимент проведен в локальной области факторного пространства и коэффициенты уравнения (2) отражают влияние факторов только в этой области.

Общий вид значений коэффициентов уравнений показывает, что не все факторы в одинаковой степени влияют на исследуемые выходные параметры (табл. 3). Величина коэффициента регрессии – количественная мера влияния соответствующего фактора на выходной параметр при переходе с нулевого на верхний или нижний уровень. Чем больше коэффициент, тем сильнее фактор. О характере влияния фактора говорят знаки коэффициентов. Знак плюс свидетельствует о том, что с увеличением значения фактора растет величина выходного параметра, а при знаке минус – убывает.

Взаимодействие двух факторов в уравнениях y_1, y_2, y_3 и y_4 значимо и означает только, что основной эффект одного фактора зависит от того, на каком уровне находится другой фактор (наличие эффекта взаимодействия факторов нельзя отождествлять с наличием зависимости между факторами). Положительный знак взаимодействия свидетельствует о том, что одновременное увеличение, как и одновременное уменьшение значений двух факторов приводит к увеличению исследуемого выходного параметра, например y_1 (без учета линейных эффектов). При одновременном изменении факторов в разных направлениях исследуемый выходной параметр y_2 будет уменьшаться.

Значения исследуемых выходных параметров можно найти по данным управляемых факторов x_1 и x_2 из уравнений для параметров y_1, y_2, y_3, y_4 (табл. 3). Исследуя уравнение для параметра y_1 , установили, что точка экстремума $x_2=86$ мм («почти стационарная область») при изменении x_1 от 16,5 до 23,5 кг/м³. Результаты исследования уравнения для параметра y_2 показали, что экстре-

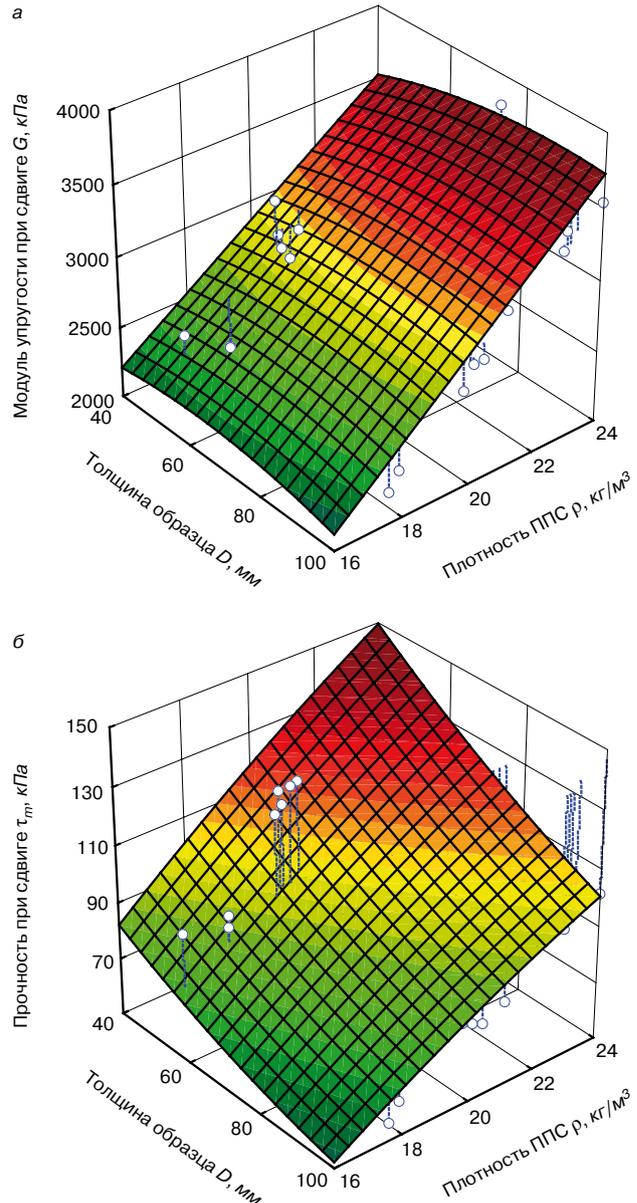


Рис. 3. Геометрический образ поверхности второго порядка выходных параметров G (а) и τ_m (б). Точки \circ – экспериментальные значения выходных параметров, находящиеся выше (ниже) эмпирической поверхности отклика

мальная точка, в которой имеем минимум параметра y_2 по высоте образца, находится в интервале 93–115 мм. Анализируя уравнение для параметра y_3 , выявили, что точка экстремума x_2 («почти стационарная область») находится в интервале 102–130 мм соответственно изменению величины x_1 от 16,5 до 23,5 кг/м³, то есть на границе и в незначительном удалении за область экспериментов. В ходе анализа уравнения для параметра y_4 нашли, что экстремальная точка, в которой имеем минимум параметра y_4 , находится в интервале 126–144 мм толщины образцов, то есть за границей области проведения экспериментов.

После перехода от кодовых (1) к натуральным (именованным) переменным и усреднения коэффициентов регрессии уравнения для выходных параметров примут следующий вид:

$$G = -347 + 139,4\rho + 2,13D + 0,617\rho \cdot D - 0,0965D^2 \quad (3)$$

со среднеквадратическим отклонением $S_r = 208$ кПа ($N \cdot m = 45$ определений).

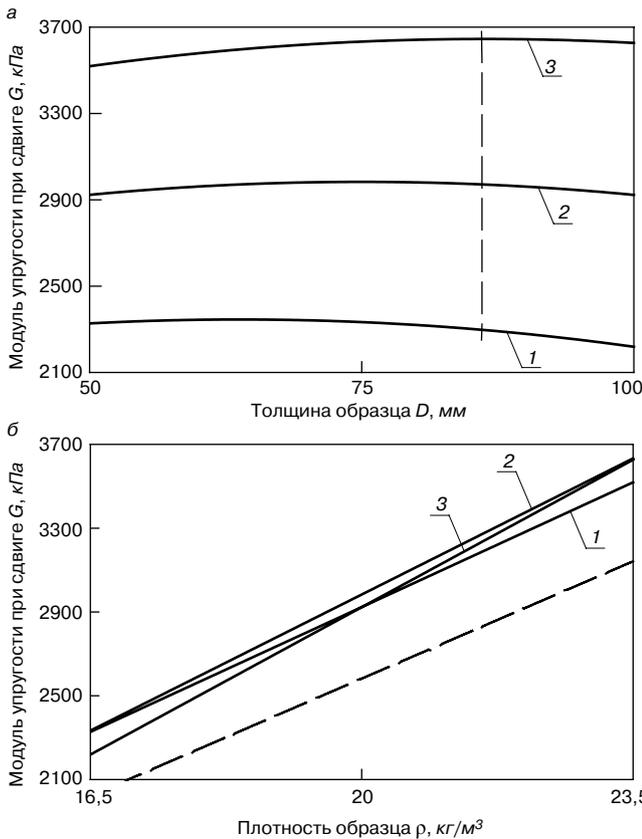


Рис. 4. Графическая интерпретация уравнения (3) $G=f(\rho,D)$: а – при плотности ППС, кг/м^3 : 1 – 16,5; 2 – 20; 3 – 23,5. Пунктирная линия – «почти стационарная область»; б – при толщине пенополистирольных образцов, мм: 1 – 50; 2 – 75; 3 – 100. Пунктирная линия – значения модуля сдвига G согласно [5]

$$\gamma_e = 1,717 + 0,227\rho - 0,0504D - 0,002\rho \cdot D + 0,000482D^2 \quad (4)$$

$[S_r = 0,213\%; Nm=45]$.

$$\tau_m = -183,5 + 24,706\rho - 0,593D - 0,0717H\rho \cdot D - 0,288\rho^2 + 0,00875D^2 \quad (5)$$

$[S_r = 8,2 \text{ кПа}; Nm=45]$.

$$\gamma_\tau = -1,555 + 0,805\rho + 0,027D - 0,00343\rho \cdot D - 0,00121\rho^2 + 0,000331D^2 \quad (6)$$

$[S_r = 0,347; Nm=45]$.

Пользуясь этими уравнениями, нет необходимости переводить всякий раз условия эксперимента в кодовые переменные (при этом пропадает возможность интерпретации влияния факторов по величинам и знакам коэффициентов регрессии).

Графическое отображение результатов двухфакторного эксперимента представляет собой так называемую поверхность отклика в трехмерном пространстве (рис. 3). Проекция основных криволинейных образующих отклика выходных параметров G и γ_e на координатные плоскости изображены на рис. 4, 5. Зафиксировав значение фактора x_1 (плотность ППС) на трех уровнях, на рисунках представили зависимости выхода G и γ_e от другого фактора x_2 (толщины образцов), подтверждающие наличие частного оптима, т. е. «почти стационарной области», по данному фактору (пунктирные линии на рис. 4, а и 5, а).

Исследуя образующие отклика выходных параметров G и γ_e при зафиксированном значении фактора x_2 (толщина образцов) на трех уровнях, на рис. 4, б и 5, б можно представить зависимости выхода этих параметров от фактора x_1 (плотности ППС). При плотности полистирольного пенопласта в интервале $16,5\text{--}23,5 \text{ кг/м}^3$ значения модуля упругости при сдвиге, определенные

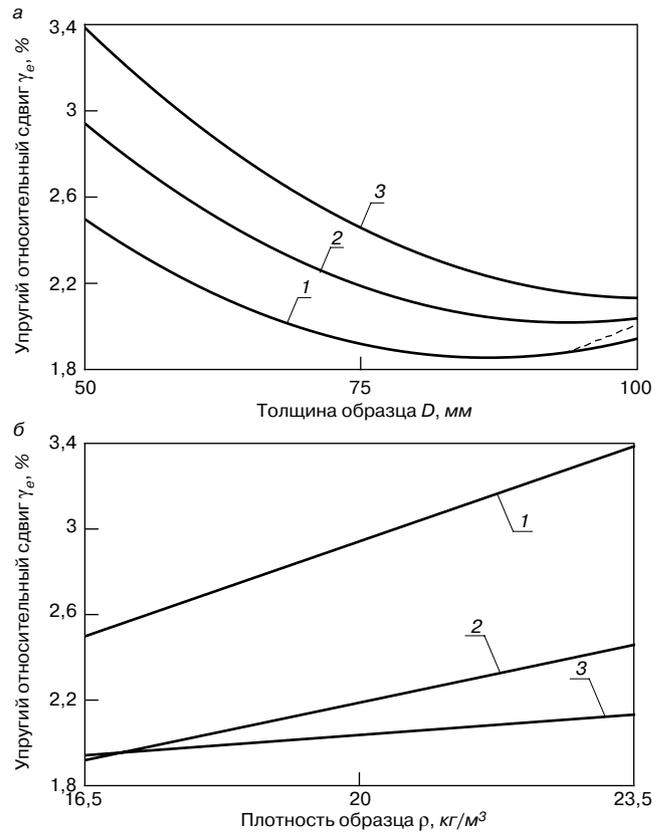


Рис. 5. Графическая интерпретация уравнения (4) $\gamma_e=f(\rho,D)$: а – при плотности ППС, кг/м^3 : 1 – 16,5; 2 – 20; 3 – 23,5. Пунктирная линия – «почти стационарная область»; б – при толщине пенополистирольных образцов, мм: 1 – 50; 2 – 75; 3 – 100

на образцах толщиной 100; 75; 50 мм, практически равны (при $D=50$ и 75 мм значения G отличаются не более $\pm 3\%$ в сравнении с $D=100$ мм) (рис. 4, б). Величина предельного относительного сдвига γ_e образцов ППС $D=100$ мм и $\rho=16,5\text{--}23,5 \text{ кг/м}^3$ на $0,6\text{--}1,3\%$ по абсолютному значению меньше соответственно ρ , чем образцов $D=50$ мм. При $D=75$ мм по абсолютному значению γ_e на $0\text{--}0,35\%$ больше по сравнению с результатами, полученными при $D=100$ мм (рис. 5, б).

В [5] для определения модуля упругости полистирольного пенопласта при сдвиге предложена линейная модель зависимости $G=f(\rho)$ в интервале плотности ρ $11\text{--}37 \text{ кг/м}^3$, полученная на основании пассивных экспериментов по методу одинарного образца $D=50$ мм и сдвоенных образцов $D=50; 80; 100$ мм. Вычисленные по ней значения G (рис. 4, б, пунктирная линия) на 13% меньше определенных по уравнению (3) при толщине полистирольного пенопласта $D=85$ мм («почти стационарная область», рис. 4, а, пунктирная линия). Преимущество уравнения (3) в наличии взаимодействия факторов ρ и D .

Зафиксировав значение фактора x_1 (плотность пенополистирола) на трех уровнях, на рис. 6, а представлены зависимости выхода τ_m от другого фактора x_2 (толщины образцов), подтверждающие значительное влияние толщины образцов на величину предела прочности пенополистирола при сдвиге. В частности, в интервале плотности ППС $16,5\text{--}23,5 \text{ кг/м}^3$ и изменении толщины образцов при сдвиге от 50 до 100 мм значение предела прочности τ_m снижается в среднем на 29 и 33% соответственно плотности (рис. 6, а). При зафиксированном значении фактора x_2 (толщина образца) на трех уровнях на рис. 6, б представлены зависимости выхода параметра τ_m от фактора x_1 (плотности пенополистирола). На рис. 6, б (пунктирная линия 4) представлены значения предела прочности τ_m

Таблица 4

Расчетные величины	Значения расчетных величин для			
	y_1	y_2	y_3	y_4
Число степеней свободы				
$f_{ад}$	5	4	3	3
$f_{воспр}$	36	36	36	36
$S^2_{ад}$	17613	0,0361	20,76	0,447
$S^2_{воспр}$	24454	0,0245	13,48	0,09
$F_{расч}$	0,72	1,47	1,54	4,97
$F_{табл}$	2,5	2,65	2,9	5,08
Вывод об адекватности модели	Адекватна при уровне значимости α , %:			
	5	5	5	0,5
S_r	46,3	0,19	1,26	0,185

Примечание. В качестве меры рассеяния результатов испытаний вокруг эмпирической поверхности отклика принято среднее квадратическое отклонение S_r (абсолютная величина средней меры отклонений опытных данных от эмпирической поверхности отклика, постоянная для всех ее участков):

$$S_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m (y_{ij} - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^N m_i - l}}$$

где y_{ij} , \hat{y}_i – фактическое и расчетное по уравнениям y_1, y_2, y_3, y_4 (по кодовым переменным) i -е значение результативного признака; m – число параллельных испытаний в отдельных точках плана эксперимента ($m=5$); N – число опытов плана эксперимента ($N=9$); l – число значимых коэффициентов в уравнении регрессии.

при сдвиге полистирольного пенопласта толщиной $D=100$ мм и плотности $16,5-23,5$ кг/м³, вычисленные по линейной модели $\tau_m=f(\rho)$ работы [5], которые в среднем на 11% меньше определенных по квадратичной модели (5) со среднеквадратичным отклонением $S_r=8,2$ кПа (в [5] $S_r=14,1$ кПа). Пунктирной линией 5 (рис. 6, б) представлены значения предела прочности при сдвиге, вычисленные по зависимости $\tau_m=f(\rho, D)$ работы [3].

Проекция основных криволинейных образующих отклика выходного параметра γ_t на координатные плоскости показаны на рис. 7, подтверждающие наличие частного оптимума («почти стационарная область») по фактору x_2 за границей области проведения экспериментов. Однако по рис. 7 можно отметить, что значения γ_t по данным сдвига образцов толщиной $D=100$ мм практически равны в интервале их плотности от 16,5 до 23,5 кг/м³ (со средним значением $\bar{\gamma}_t=3,36 \pm 0,16$ при $P=0,95$).

Авторы исследовали деформативность и прочность полистирольного пенопласта при сдвиге кратковременной нагрузкой с использованием традиционного метода экспериментов, при постановке которых в каждом отдельном опыте варьировал только один фактор [5]. В табл. 5 представлены результаты проведенных исследований и работы [5]. Их сравнение выполнено в факторном пространстве плотности ППС $16,5-23,5$ кг/м³ и толщины образцов 50–100 мм. Приведенные в табл. 5 экспериментальные данные позволяют отметить следующее.

Модуль упругости при сдвиге, определенный по методу активного эксперимента, в среднем на 14% больше по сравнению со значением, полученным в традиционных экспериментах.

Значения прочности на сдвиг τ_m вдоль поверхностей изделий при плотности пенополистирола $16,5$ кг/м³, полученные в выполненных исследованиях и в [5], практически не различаются при толщине образцов, равной 50, 75 и 100 мм. При плотности ППС $20-23,5$ кг/м³ и тол-

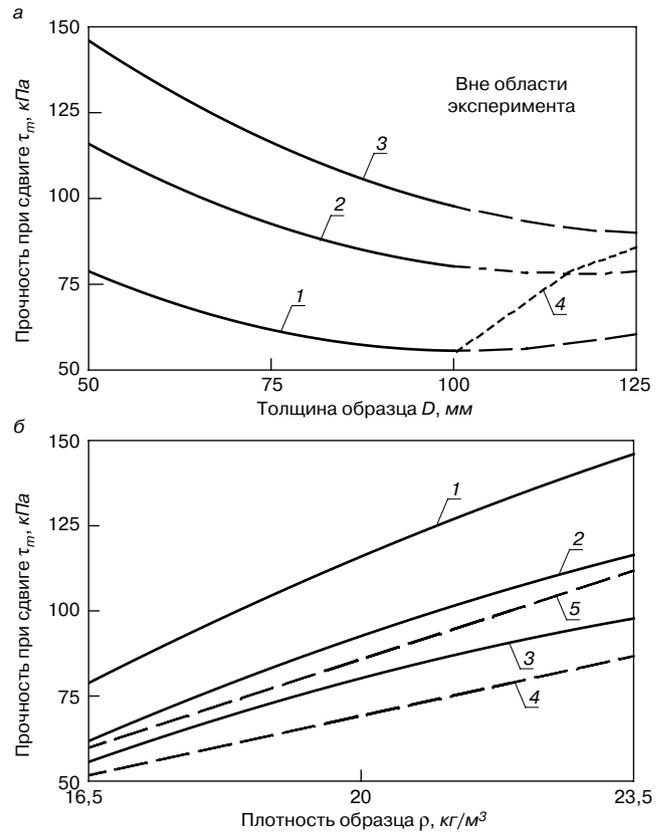


Рис. 6. Графическая интерпретация уравнения (5) $\tau_m=f(\rho, D)$: а – при плотности ППС, кг/м³: 1 – 16,5; 2 – 20; 3 – 23,5; 4 – «почти стационарная область» (на границе области эксперимента и в интервале $D=102-130$ мм соответственно изменили плотности от 16,5 до 23,5 кг/м³); б – при толщине пенополистирольных образцов, мм: 1 – 50; 2 – 75; 3 – 100. Пунктирные линии: 4 – согласно [5] для образцов толщиной 100 мм; 5 – согласно [3] без сведений о толщине образцов

щине образцов 75 и 100 мм значение прочности на сдвиг τ_m , определенное по методу активного эксперимента, на 14–17% больше в зависимости от плотности.

Предельный относительный сдвиг γ_e , определенный методом активного эксперимента, для образцов толщиной $D=50$ мм больше в 1,7–2,2 раза, а для образцов $D=75$ мм – в 1,3–1,6 раза и образцов $D=100$ мм – в 1,3–1,4 раза при плотности ППС $16,5-23,5$ кг/м³. По данным традиционных экспериментов [5] приведено одно значение γ_e (влияние толщины испытываемых образцов на величину γ_e не выявлено).

Максимальный относительный сдвиг γ_t , соответствующий пределу прочности при сдвиге τ_m , в интервале плотности ППС $16,5-23,5$ кг/м³, по данным проведенного эксперимента, при толщине образцов $D=100$ мм в среднем равен 3,36% и на 12% (отн.)* меньше значения γ_t по данным пассивного эксперимента [5] (табл. 5).

Методом статистического планирования эксперимента получены математические модели оптимизации толщины образцов для определения модуля упругости при сдвиге G , предельный относительный сдвиг γ_e и предел прочности τ_m полистирольного пенопласта при сдвиге вдоль поверхности изделий. Приведена графическая интерпретация полученных моделей: линии уровня зависимости значений G, γ_e, τ_m от толщины образцов D при плотности ППС в интервале $16,5-23,5$ кг/м³.

Толщина образцов в интервале 50–100 мм практически не оказывает влияния на величину упругого модуля сдвига ППС плотностью $16,5-23,5$ кг/м³. Последний определяли по квазилинейному участку зависимости $\tau=f(\gamma)$, оконча-

* Пометка (отн.) указывает на относительную разницу значений, когда единицей измерения выходного параметра γ_t является процент.

Таблица 5

ρ , кг/м ³	Результаты проведенных исследований (активный эксперимент)					Результаты из [5]* (пассивный эксперимент)					Отношения значений показателей активного эксперимента к пассивному			
	D , мм	G , кПа	γ_e , %	τ_m , кПа	γ_τ , %	D , мм	G , кПа	γ_e , %	τ_m , кПа	γ_τ , %	G	γ_e	τ_m	γ_τ
16,5	50	2327	2,5	78,8	5,08	50	2022	1,51	81,7	5,96	1,15	1,66	0,96	0,85
	75	2333	1,92	61,8	4,03	80			66,7	3,76	1,15	1,27	0,93	1,07
	100	2219	1,94	55,6	3,38	100			51,7	3,76	1,1	1,28	1,08	0,9
20	50	2923	2,94	116	5,75	50	2582	1,51	99,2	5,96	1,13	1,95	1,17	0,96
	75	2983	2,19	92,6	4,4	80			84,2	3,76	1,16	1,45	1,1	1,17
	100	2923	2,04	80,2	3,46	100			69,2	3,76	1,13	1,35	1,16	0,92
23,5	50	3519	3,39	146	6,13	50	3142	1,51	117	5,96	1,12	2,25	1,25	1,03
	75	3633	2,46	116	4,47	80			102	3,76	1,16	1,63	1,14	1,19
	100	3627	2,13	97,8	3,23	100			86,7	3,76	1,15	1,41	1,13	0,86

* Сырье в виде бисера (твердых гранул диаметром 0,9–2,5 мм) фирм BASF и Styrochem (ср. с примененным в настоящих исследованиях).

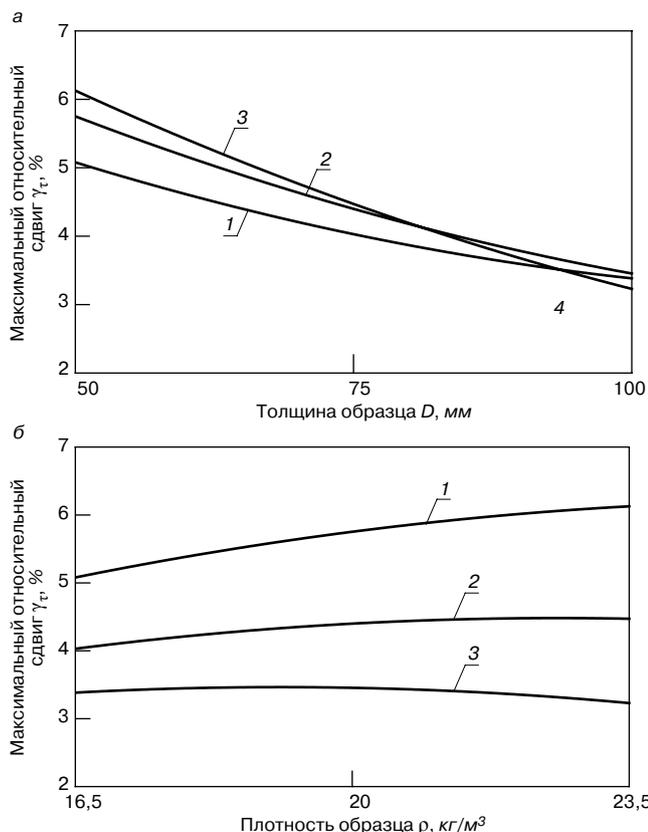


Рис. 7. Графическая интерпретация уравнения (6) $\gamma_\tau = f(\rho, D)$: а – при плотности ППС, кг/м³: 1 – 16,5; 2 – 20; 3 – 23,5. «Почти стационарная область» находится за границей области проведения эксперимента; б – при толщине пенополистирольных образцов, мм: 1 – 50; 2 – 75; 3 – 100

нию которого свойственно значение предельного относительного сдвига γ_e . Величина γ_e при изменении толщины образцов от 50 до 100 мм уменьшается на 22–37% (отн.) соответственно плотности ППС 16,5–23,5 кг/м³.

Экспериментальное значение предела прочности на сдвиг τ_m при изменении толщины испытываемых образцов от 50 до 100 мм снижается с повышением плотности полистирольного пенопласта. В интервале плотности 16,5–23,5 кг/м³ уменьшение значения τ_m составляет 29–33% соответственно.

Среднее значение максимального относительного сдвига γ_τ , соответствующего пределу прочности при сдвиге τ_m вдоль поверхности изделий, в интервале значений плотности ППС 16,5–23,5 кг/м³ и при толщине

испытываемых образцов 50 мм составляет 5,65% со среднеквадратическим отклонением $S_{\gamma_\tau} = 0,53\%$; при $D = 75$ мм – $\bar{\gamma}_\tau = 4,3\%$ ($S_{\gamma_\tau} = 0,24$) и $D = 100$ мм – $\bar{\gamma}_\tau = 3,36\%$ ($S_{\gamma_\tau} = 0,12$). Результаты исследований и установленные эмпирические зависимости (3)–(6) могут быть использованы при нормировании прочностных и деформативных показателей пенополистирола при сдвиге в интервале его плотности 16,5–23,5 кг/м³.

Ключевые слова: пенопласт полистирольный, сдвиг, статистическое планирование эксперимента, модуль сдвига, предел прочности, упругий относительный сдвиг, оптимальная толщина образцов.

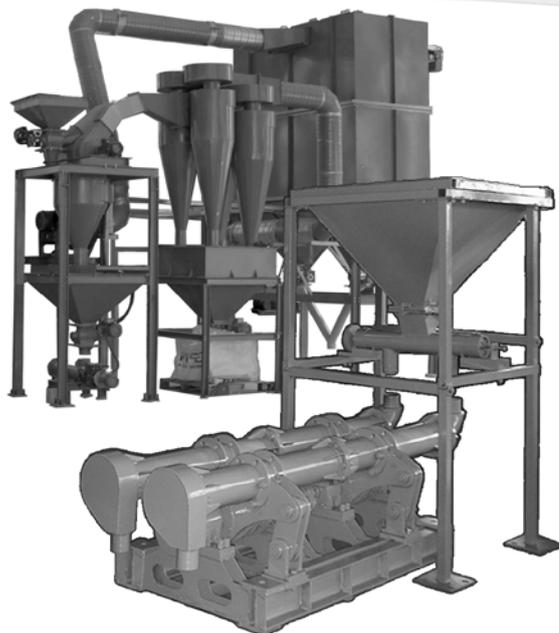
Список литературы

1. Панин В.Ф., Гладков Ю.А. Конструкции с заполнителем: Справочник. М.: Машиностроение, 1991. 272 с.
2. Кобелев В.Н., Коварский Л.М., Тимофеев С.И. Расчет трехслойных конструкций: Справочник. М.: Машиностроение, 1984. 304 с.
3. Hans Tepper (Chairman), Roland Gellert et al. Electronic EPS White Book. EUMEPS Background Information on Standardisation of EPS, www.eumeps.org. 2003. 49 p.
4. EN 13163:2008 E. Thermal insulation products for buildings. Factory made products of expanded polystyrene (EPS). Specification. CEN, 2008. 48 p.
5. Гнип И.Я., Вельис С.А., Кершулиц В.И., Вайткус С.И. Деформативность и прочность полистирольного пенопласта при сдвиге под кратковременной нагрузкой // Механика композит. материалов. 2007. Т. 43. № 1. С. 121–134.
6. EN 12090:1997 E. Thermal insulating products for building applications. Determination of shear behavior. CEN, 1997. 13 p.
7. Прикладная механика ячеистых пластмасс / Под ред. Н.К. Хильярда / Пер. с англ. М.: Мир, 1985. 360 с.
8. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 279 с.
9. Дрейнер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. Т. 1 / Пер. с англ. М.: Финансы и статистика, 1986. 366 с.
10. Закс Л. Статистическое оценивание / Пер. с нем. М.: Статистика, 1976. 598 с.
11. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. М.: Высшая школа, 1978. 320 с.
12. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы планирования эксперимента / Пер. с англ. М.: Мир, 1981. 516 с.



Российские промышленные помольно - классификационные комплексы «Активатор».

	АПК 100	АПК 500	АПК 1000	АПК 5000
производительность	100 кг/ч	500 кг/ч	1000 кг/ч	5000 кг/ч
граница разделения	1-10 мкм	3-20 мкм	5-50 мкм	5-70 мкм
потребляемая мощность	11 кВт/ч	22 кВт/ч	45 кВт/ч	130 кВт/ч



Реклама

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



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

Реклама

ОБОРУДОВАНИЕ «ИНТА-СТРОЙ» ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

МЕЛЬНИЦА ТОНКОГО ПОМОЛА ШЛ 491 «ПУРГА-2»



Основные характеристики:

- производительность, кг/ч – 200;
- мощность привода, кВт – 11;
- габариты (дл., шир., выс.), мм – 1517, 700, 1750;
- масса, кг – 440.

Назначение

- Для непрерывных технологических процессов в производстве минеральных порошков.
- В производстве сухих смесей.
- В производстве пенобетона, ЖБИ (активация цемента).
- Для исследования процессов помола при разработке непрерывных технологий.

Преимущества:

- улучшенная балансировка, не требует специального фундамента;
- малая занимаемая производственная площадь;
- возможность измельчения разных материалов одновременно в 6 барабанах.

МЫ ЗВЕНЬЯ ОДНОЙ ЦЕПИ

УДК 691:539.2

В.Р. ФАЛИКМАН, Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона им. А.А. Гвоздева ОАО «НИЦ «Строительство» (Москва)

Наноматериалы и нанотехнологии в производстве строительных материалов

Промышленность строительных материалов и строительство, несмотря на их определенно консервативный характер, вынуждены все чаще сталкиваться с нанотехнологиями, которые называют «индустриальной революцией XXI века». Новые закономерности, новые методы испытаний и исследований становятся определяющими для создания высокотехнологичных продуктов и процессов, отличающихся гарантированными показателями надежности, развивают новые принципы получения современных «суперматериалов» — наноматериалов [1, 2].

Присутствие в строительном сегменте наноматериалов и нанотехнологий становится все более заметным. Сегодня в совокупном мировом рынке нанопродукции и по объемам, и в денежном выражении строительство потребляет до 3% общего рынка наноматериалов, а в отдельных сегментах, например нанокompозитах, до 11%, что с учетом добавленной стоимости в изделиях, конструкциях, зданиях и сооружениях приводит к возможному объему продаж нанотоваров и нанослуж на уровне примерно в 95–100 млрд дол. США. По прогнозу, основанному на данных аналитических агентств [3, 4], к 2015 г. объем этого рынка может возрасти до 400 млрд дол. США.

Строительная отрасль по своей природе заметно отличается от иных областей человеческой деятельности. Она по большей части пытается использовать разработки и изобретения, созданные в других отраслях науки и промышленности, а не создавать их «внутри себя». Частично это обусловлено специфическими характеристиками ее продукта — зданий и сооружений — поскольку, помимо очень высокой комплексности, он, этот продукт, рассчитан на весьма продолжительный жизненный цикл в отличие, например, от микроэлектрони-

ки, информационных технологий или даже автомобильной промышленности, где обновление происходит значительно быстрее. Исторически строительство отличается и очень низкий уровень инвестиций в научно-исследовательские работы (не более 0,2–0,4% объема продаж при среднем уровне 3,5–4,5% для экономики в целом), что не только затрудняет создание новых технических решений, но и адаптацию уже существующих. И наконец, очень высокий уровень начальных инвестиций, несомненно, сдерживает развитие наноматериалов и нанотехнологий в строительстве, если принять во внимание, что в этом секторе представлен в основном мелкий и средний бизнес. Так, например, только 4% строительного рынка «интернациональны», и работа большинства его участников носит весьма локальный характер.

Все это предопределяет желание максимально сократить инновационный цикл и немедленно получить конкретный результат — новый материал, новую технологию, новое решение, связанное с обеспечением безопасности и охраной окружающей среды.

Для создания системы государственного статистического наблюдения за производством и реализацией продукции наноиндустрии Правительство РФ в 2011 г. своим Распоряжением от 07.07.2011 № 1192-р «Об утверждении категорий продукции наноиндустрии в части товаров и услуг» определило критерии нанотоваров и нанослуж.

Первичным нанопродуктом являются собственно наноматериалы, которые составляют ядро нанорынка. Они используются в производстве товаров конечного потребления, которые, в свою очередь, являются вторичными нанопродуктами.

Цепочка создания стоимости для нанотехнологий в строительстве

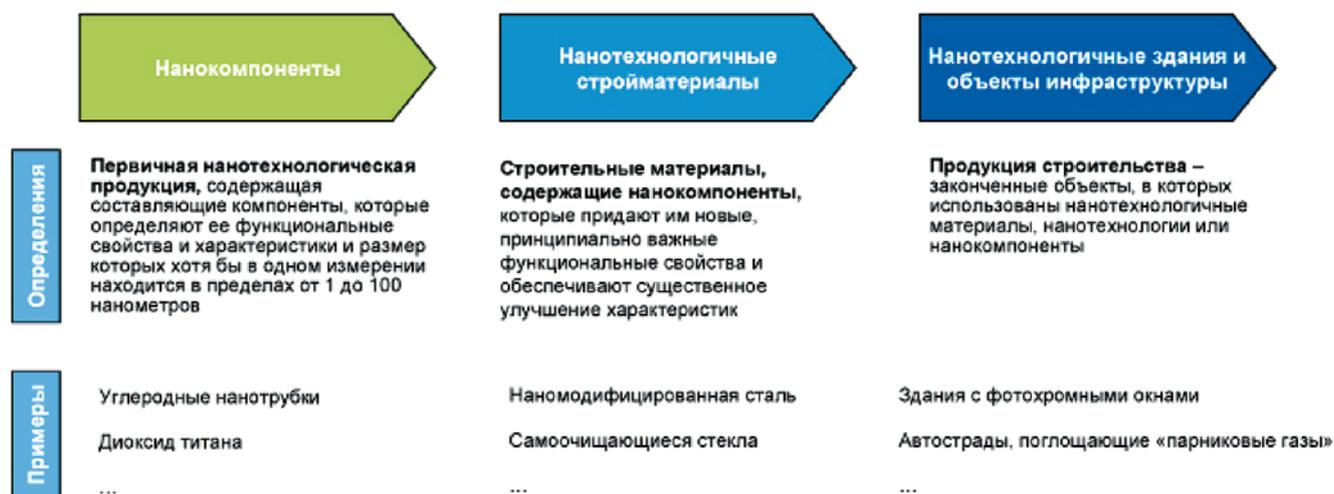


Рис. 1. Цепочка создания стоимости для нанотехнологий в строительстве

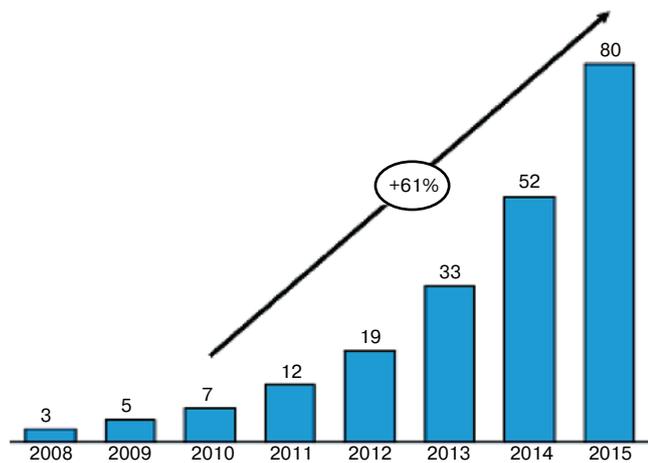


Рис. 2. Рынок нанотехнологических строительных материалов, млрд дол. США, 2011–2015 (прогноз)

Таким образом, применительно к строительству цепочка создания стоимости нанотехнологичной продукции выглядит следующим образом (рис. 1).

Величина рынка нанокomпонентов в строительстве сравнительно невелика и оценивается в 270 млн дол. США, а его прогнозируемый годовой прирост 15% подразумевает объем мирового рынка ~1 млрд дол. США к 2020 г.

Напротив, мировой рынок нанотехнологических строительных материалов весьма значителен и демонстрирует быстрый рост. Его объем составляет примерно 12 млрд дол. США. В этом сегменте ожидается наиболее высокий рост среди всех сегментов применения наноматериалов и нанотехнологий в строительной отрасли. По прогнозам, объем продаж к концу 2015 г. здесь достигнет примерно 80 млрд дол. США (рис. 2).

Детальный анализ и долгосрочный прогноз развития исследований и применения наноматериалов и нанотехнологий в производстве строительных материалов показывает, что на сегодня заметно выделяются несколько сегментов рыночной активности (табл. 1).

На первые пять сегментов приходится более 90% от всей нанотехнологической продукции, причем на цемент и бетон приходится более 40% (величина рынка 5,6 млрд дол. США) при прогнозируемом годовом росте в 2012–2015 г. более 10% [5].

Все указанные сегменты в мировом рынке продаж крайне неоднородны. Так, на рынке красок и покрытий представлено множество игроков, два из которых – Akzo Nobel и PPG – занимают почти четверть рынка. Из других крупных производителей достаточно упомянуть Sherwin Williams, Dupont и BASF (от 7 до 4%). Почти все основные производители красок и покрытий развивают производство нанотехнологической продукции, закупая на стороне нанокomпоненты, и не занимаются дистрибуцией. Исключение составляет Sherwin-Williams, так как компания владеет также сетью DIY.

Мировой рынок производства цемента заметно фрагментирован, лидирующие пять компаний контролируют ~17% рынка. Рынок имеет выраженную региональную структуру из-за высоких расходов на транспортировку. Большинство производителей цемента используют обратную интегрированную операционную модель (до сырья).

Сегодня на этом рынке имеются несколько применений наноматериалов и нанотехнологий. Диоксид титана (TiO₂) используют при выпуске фотокаталитических цементов (TX Active производства Italcementi, TioSem производства HeidelbergCement и др.) для «самоочищающегося» бетона и контроля окружающей среды [6]. Механохимическая обработка позволяет произ-

Таблица 1

Сегмент	Величина рынка, млрд дол. США	Прогнозируемый рост в 2012–2015 гг., %
Краски и покрытия	6	50
Цемент и бетон	5,6	10
Стекло	0,7	15
Битум и полимеры	0,5	10
Изоляция	0,3	50
Дерево	0,3	12
Керамика	0,2	15
Сталь, арматура	0,2	10
«Умные» материалы	0,05	40

водить цемент заданных характеристик с меньшим количеством клинкера (до 30%). Интенсивно ведутся исследования по низкотемпературному синтезу различных клинкеров и геополимерам.

Производство бетона в мире еще более фрагментировано. В ЕС, например, насчитывается более 8000 производителей товарного бетона, в США – более 5000. Производители бетона редко сами производят нанотехнологическую продукцию (менее 1%), однако отдельные применения уже вполне реальны. Нанокремнезем (SiO₂) используется как добавка для высокопрочного и самоуплотняющегося бетона, улучшая его удобоукладываемость и прочность и увеличивая жизненный цикл конструкции в 1,5–2 раза. Гиперпластификаторы на основе эфиров поликарбоксилатов повсеместно применяются для интенсификации строительства и повышения долговечности. Подробный обзор роли наноматериалов и нанотехнологий в производстве бетона был опубликован ранее [7].

Мировой рынок стекла, напротив, имеет очень высокую концентрацию. Большая его часть (около 70%) делится между четырьмя игроками с глобальным присутствием – AGC/Glaverbel, Saint-Gobain, Guardian и Pilkington/NSG Group. Мировые лидеры являются и лидерами продуктовых инноваций в индустрии. Modus operandi производителей заключается в закупках нанокomпонентов и/или нанопокровтий и продаже конечной продукции, в которой используются эти наноматериалы.

Производители стекла предлагают широкий набор продуктов с нанотехнологическими свойствами. Наиболее популярные применения сегодня – термическая изоляция и экономия тепла, регулирование светопропускания, контроль электромагнитного излучения, обеспечение ударопрочности, огнеупорности и защиты от пожара, облегчение очистки и уменьшение загрязнений (с применением TiO₂). Из различных инновационных технологий стекла наиболее популярна технология низкоэмиссионного стекла – Low – E glass – технология. В Германии, Великобритании и Южной Корее применение такого стекла стало обязательным стандартом, а во многих других странах оно стало стандартом для новостроек. Прогнозируется, что к 2020 г. нанотехнологий будет использоваться при производстве 15% строительного стекла, а общий размер рынка нанотехнологической продукции достигнет 4,5 млрд дол. США при сегодняшнем уровне 0,7 млрд дол. США.

Нанокomпозиты занимают примерно 11% общего рынка нанопродукции. Их производство (а это – от 50 до 100 компаний различной величины) в достаточной степени дифференцировано: в него вовлечены производи-

Таблица 2

Сегменты	Основные используемые наноматериалы и нанотехнологии	Результат
Краски и покрытия	<ul style="list-style-type: none"> • SiO₂ • Al₂O₃ • Углеродные нанотрубки • TiO₂ • Ag • Молекулярная сшивка 	<ul style="list-style-type: none"> • Повышение долговечности • Самоочищение • Антимикробные свойства • «Антиграфити» • Поверхностная прочность • Улучшение реологии
Цемент и бетон	<ul style="list-style-type: none"> • Поликарбоксилатные суперпластификаторы • SiO₂ • TiO₂ • Al₂O₃ • CaCO₃ • Наноглины • Углеродные нанотрубки • Механохимическая активация 	<ul style="list-style-type: none"> • Повышение удобоукладываемости • Повышение прочности • Экономия энергии и снижение уровня выбросов CO₂ • Охрана окружающей среды • Повышение долговечности • Самоочищение
Изоляция	<ul style="list-style-type: none"> • Аэрогели • Fe₂O₃ • Фосфаты 	<ul style="list-style-type: none"> • Энергоэффективность • Охрана окружающей среды • Защита от огня
Стекло	<ul style="list-style-type: none"> • TiO₂ • SiO₂ • Al₂O₃ • LaB₆ • SnO_x 	<ul style="list-style-type: none"> • Самоочищение • Повышение сроков службы • Термоизоляция • Уменьшение количества царапин • Регулирование светопропускания
Битумы и полимеры	<ul style="list-style-type: none"> • SiO₂ • Al₂O₃ • Fe₂O₃ • Металлорганические комплексы • Наноглины • TiO₂ 	<ul style="list-style-type: none"> • Повышение долговечности • Улучшение механических характеристик • Повышение огнестойкости

тели синтетических смол, самыми крупными из которых являются BASF и GE Plastic; производители наполнителей (Nanacor, Southern Clay Products); компаундеры (Foster Corp., RTP) и, наконец, производители конечных продуктов, представленные как очень мелкими, так и очень крупными фирмами. Совокупный общий рынок нанокomпозитов в 2007 г. составлял 252 млн дол. США в денежном выражении и 23,2 тыс. т – в натуральных показателях. 70% общего объема продаж приходилось на четыре компании – Ube, Unitika, Bayer и Dow Chemical. Вместе с тем это очень быстро растущий рынок (CAGR в 2008–2014 гг. составляет 24–28%). Лидером роста будут композиты с высокими противопожарными (огнеупорными) свойствами: CAGR – более 42%.

Строительный сегмент потребляет в настоящее время более четверти общего рынка нанокomпозитов. Основной нанопроduct – особо прочные напольные покрытия на основе полиуретанов и наноксид алюминия, объем производства которых к 2014 г. достигнет 11 тыс. т (43 млн дол. США) – CAGR 10%. Главные их производители – Rittsburgh, Paint & Glass, Vaispar.

В 2007 г. 35% совокупного потребления нанокomпозитов в стоимостном выражении приходилось на композиты, модифицированные наноглинами. Прогнозируется, что к 2014 г. эти нанокomпозиты увеличат рыночную долю до 44%. В то же время композиты на углеродных нанотрубках будут терять свою рыночную долю с 22% примерно до 7,5%.

Рынок термоизоляции сегментирован по используемому материалу. Основными сегментами рынка являются газонаполненные пластмассы (основные игроки BASF, Bayer, CRH, Dow Chemical, Huntsman, Johns Manville, Knauf, Owens Corning, Saint-Gobain), стекловата (основные игроки Johns Manville, Knauf, Owens Corning, Saint-Gobain, Uralita), минеральная вата (основные игроки Rockwool, Beijing New Building Materials, CSR, Johns Manville, Knauf, Saint-Gobain). Нанопроductы являются на данный момент нишевыми из-за неконку-

рентной себестоимости, и основные игроки не участвуют в данном сегменте. Наиболее перспективной технологией здесь считаются аэрогели (основные игроки Aspen Aerogels, Cabot), хотя нельзя не отметить увеличение объемов применения наноструктурированных флуоресцирующих полиуретановых композиций в комбинации с упрочняющим верхним слоем на основе оксида железа (BASF), различных нанопен и наностекол.

Несмотря на высокие начальные инвестиции в производство, необходимость сбережения энергии может вызвать существенное увеличение объемов применения новых материалов с учетом значительного снижения расходов при анализе полного жизненного цикла здания. Заинтересованность в сохранении окружающей среды также является важным драйвером для проникновения инновационных изоляционных материалов. Так, аэрогели, а также ряд полимерных нанопен в 2–8 раз более эффективны, чем традиционные термоизоляционные материалы. Поэтому можно полагать, что к 2020 г. до 15% термоизоляционных материалов в строительстве в той или иной степени будет базироваться на применении нанотехнологий.

Сегодня государство намерено в среднесрочной перспективе инвестировать в развитие нанотехнологий около 10 млрд дол. США, из которых более половины приходится на долю корпорации «Роснано». Однако пока не удается выстроить целостный экономический механизм, связывающий науку, промышленность и образование. Попытки создания отдельных элементов инновационной системы (государственных фондов поддержки научных исследований и инноваций, технопарков, венчурных фондов, особых экономических зон и т. п.) вне связи с основными участниками инновационной деятельности и вне реально работающей рыночной экономики большого результата пока не принесли.

В нанотехнологическом кластере «Материалы», к которому относится и сегмент «Строительные материалы», в России сегодня занято 45 производящих компа-



Рис. 3. Нанотехнологии в строительстве и архитектуре (адаптировано из [9])

ний, созданных при участии или под патронатом ОАО «Роснано», задействовано 36 научно-исследовательских институтов и центров, образовательные стандарты поддерживают 12 вузов.

В настоящее время «Роснано» реализует несколько крупных проектов в строительной сфере [8]. На стадии промышленного производства – нетканые материалы из негорючего ПЭТ-волокна, модифицированного по технологии крейзинга; наноструктурированный гидроксид магния (антипирен); наноматериалы на основе крупнотоннажных полимеров и слоистых алюмосиликатных наполнителей; композиционный материал «Унирем» на основе резинового порошка в качестве модификатора асфальтобетонных смесей и битумов для дорожных покрытий; высококачественные препреги из углеродных и минеральных волокон на основе наномодифицированных и нанонаполненных полиамидных и эпоксидных связующих; композитная неметаллическая арматура; наноструктурированные мембраны и разделительные модули для очистки воды в социальной сфере и промышленности; солнечные модули на базе технологии «тонких пленок» Oerlikon.

Кроме того, в активной проработке на уровне «стартапов» и трансфера технологий еще несколько интересных проектов: современные технологии обработки поверхностей конструкций методами газотермического напыления и наплавки покрытий из наноструктурированных материалов; пеностекло; высокофункциональные стекла – фотохромные, энергосберегающие, антибактериальные и др.; полимерные композиты с наполнителями из наночастиц и нанотрубок, обладающие повышенной прочностью и низкой воспламеняемостью; фотокаталитические отделочные материалы (цементные краски, штукатурки); изделия из базальта и, несомненно, широкая гамма модифицированных бетонов с уникальными свойствами.

На форуме RUSNANOTECH был представлен проект «Нанодом», проиллюстрировавший те нанотехнологические решения, которые можно использовать в современном строительстве. Среди них уже упомянутые высокотехнологичные негорючие материалы; низкоэмиссионные стекла, которые обладают способностью удерживать тепло; солнечные и геотермальные источники энергии; светодиодные системы освещения; фотокаталитические системы очистки воздуха, разлагающие любую органику до воды и углекислого газа; интеллектуальные системы, управляющие энергопотреблением, освещением и другими процессами, происходящими в доме. Современные краски и материалы, обладающие бактерицидными свойствами, будут незаменимы при строительстве детских и медицинских учреждений.

В России развитием nanoиндустрии занимается госкомпания «Роснано», которая инвестирует отобранные проекты с потенциалом коммерциализации, как правило, на правах миноритарного партнера. Целевая задача «Роснано» – в 2015 г. вывести отрасль nanoиндустрии в стране на объем не менее 900 млрд р., что сопоставимо с общей выручкой крупнейших сырьевых компаний. Такой объем позволит России увеличить свою долю на мировом рынке nanoиндустрии с 0,07% до 3%.

Расширяя свою активность в строительном секторе, ОАО «Роснано» провело конкурс на выполнение отраслевого технологического исследования «Развитие рынка строительной нанотехнологической продукции в России до 2020 г.». Этот проект был реализован в 2012 г. консалтинговой компанией Booz & Company (США) и Российской инженерной академией [10]. По результатам этого исследования у проектных и строительных компаний должна появиться хорошая основа для обоснованного выбора наиболее эффективной строительной нанопродукции, отвечающей современным требованиям по энергоэффективности; безопас-

ности; экологичности; долговечности; экономической эффективности.

В ходе работы, в которой были задействованы ведущие эксперты, специалисты научно-исследовательских, проектно-конструкторских и технологических организаций отрасли, предприятия, выпускающие и поставляющие на рынок нанотехнологическую продукцию, вузы, ведущие подготовку специалистов, профильные общественные союзы и ассоциации, был выполнен обзорный анализ существующих аналогичных аналитических исследований в разных странах, определены общие тенденции строительного рынка в области строительных материалов и их применения, обозначены основные игроки на мировом рынке и основные нанотехнологические центры в области строительства, проанализированы важнейшие направления новых разработок.

Основная часть работы — анализ и прогноз возможного развития рынка Российской Федерации для выбранных сегментов в качественных и количественных показателях, новых материалов и технологий, перспективных для внедрения в РФ, с описанием направлений их применения (временные горизонты прогноза — 2015, 2020 и 2025 гг.). Одновременно выполнен SWOT-анализ эффективности применения инновационных материалов по выбранным сегментам по техническим и экономическим показателям (в сопоставлении с традиционно используемыми).

Крайне важным с точки зрения разработчиков было выявление существующих в России экономических, законодательных и иных барьеров по продвижению инновационных материалов на рынке, а также драйверов и стимулирующих факторов рынка инновационных материалов. Наконец, результатом работы стали «дорожные карты» применения наноматериалов и нанотехнологий по шести сегментам (цемент и бетон; древесина и деревообработка; композиты; краски и покрытия; стекло; термоизоляция) и по строительным материалам в целом; план действий для усиления «дорожных карт»; рекомендации по 14 перспективным проектам, а также общие подходы к преодолению барьеров и созданию благоприятной среды для развития наноматериалов и нанотехнологий в строительстве.

Развитие nanoиндустрии в строительном секторе экономики России должно стать мощным инструментом интеграции ее задержавшегося в развитии технологического комплекса в международный рынок высоких технологий, надежным обеспечением конкурентоспособности отечественной наукоемкой продукции, что позволит России восстановить и поддерживать паритет с ведущими государствами в ряде ключевых областей науки и техники, ресурсо- и энергосбережении, в создании экологически адаптированных производств, в повышении качества и уровня жизни населения, а также в обеспечении необходимого уровня безопасности государства.

Ключевые слова: наноматериалы, нанотехнологии, наночастицы, устойчивое развитие.

Список литературы

1. Zhu W., Bartos P.J.M., Porro A. Application of nanotechnology in construction. Summary of a state-of-the-art report. // Materials and Structures Volume 37, Number 9. Pp. 649–658.
2. Фаликман В.Р. Об использовании нанотехнологий и наноматериалов в строительстве // Нанотехнологии в строительстве [интернет-журнал]. 2009. № 1. С. 24–34. (<http://nanobuild.ru/magazine/journal/archive/98-nanobuild-1-2009.html>)
3. Bradley J. The Recession's Ripple Effect on Nanotech, State of the Market Report, Lux Research Inc., June. 2009.

4. Nanotechnology in Construction to 2011. Industry Study: Freedonia. 2007. 174 pp.
5. Фаликман В.Р. Наноматериалы и нанотехнологии в современных бетонах // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 1. С. 31–34.
6. Фаликман В.Р., Вайнер А.Я. Фотокаталитически активные строительные материалы с наночастицами диоксида титана — новая концепция улучшения экологии мегаполисов / Вопросы применения нанотехнологий в строительстве: Сб. докл. участников круглого стола. М.: МГСУ, 2009. С. 35–49.
7. Фаликман В.Р., Соболев К.Г. Простор за пределом, или Как нанотехнологии могут изменить мир бетона // Нанотехнологии в строительстве [интернет-журнал]. 2010. № 6. С. 17–31. 2011. № 1: С. 21–33. (<http://nanobuild.ru/magazine/journal/archive/138-nanobuild-6-2010.html>).
8. Falikman V.R., Petushkov A.V. Development of Russian Market of Nanotechnology Construction Products till 2020 // Nanotechnology in Construction: 4th International Symposium. Agios Nicolaos, Crete, Greece. May 20–22, 2012, 120 p., CD, p. 112.
9. Hessian Ministry of Economics, Transport, Urban and Regional Development. Einsatz von Nanotechnologien in Architektur und Bauwesen. 2007. source: Schrag GmbH VDI TZ.
10. Гусев Б.В., Фаликман В.Р., Лайстнер Ш., Йошпа Б., Петушков А.В. Отраслевое технологическое исследование «Развитие российского рынка нанотехнологических продуктов в строительной отрасли до 2020 года». Часть I. Постановка задачи и подход к реализации проекта. // Нанотехнологии в строительстве [интернет-журнал]. 2013. № 1. С. 6–17 (<http://nanobuild.ru/magazine/journal/archive/216-nanobuild-1-2013.html>).



В.И. Корнеев, П.В. Зозуля

СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ

СОСТАВ, СВОЙСТВА

М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2010. 320 с.

Изложены основы современных представлений о сухих строительных смесях и растворах.

Приведены основные определения и классификации сухих смесей. Охарактеризованы составляющие: вяжущие, заполнители, наполнители, функциональные добавки. Показана методика проектирования составов. Описаны основные группы ССС, их состав и свойства. В приложении даны основные применяемые термины и определения, наиболее употребляемые единицы измерения, перечень российских и зарубежных стандартов и др.

Допущено учебно-методическим объединением в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов».

Стоимость одного экземпляра 900 р. без учета доставки

По вопросам приобретения книги обращаться по тел./факсу: (499) 976-22-08, 976-20-36
E-mail: mail@rifsm.ru

О.В. АРТАМОНОВА, канд. хим. наук, Е.М. ЧЕРНЫШОВ, д-р техн. наук, академик РААСН, Воронежский государственный архитектурно-строительный университет (Воронежский ГАСУ)

Концепции и основания технологий наномодифицирования структур строительных композитов. Часть 1. Общие проблемы фундаментальности, основные направления исследований и разработок*

В последнее десятилетие, и особенно сейчас, в разработке научно-инженерных проблем нанотехнологий строительных материалов наблюдается возрастающая активность. Можно считать, в значительной мере этому способствовало проведение в 2007 г. в МГСУ круглого стола «Наносистемы в строительстве и производстве строительных материалов» [1], сыгравшее большую организационную стимулирующую роль. Круглый стол собрал ведущих специалистов в области технологии бетонов и строительных материалов, которые в пленарных докладах и научной дискуссии обозначили назревшие вопросы развития нанотехнологических исследований, показали объективность формирования нанопарадигмы, обусловленного предшествующим развитием научного строительного материаловедения. В этой связи академик Ю.М. Баженов отметил, что развитие понимания структуры как определяющего фактора в разработке высокоэффективных строительных композитов происходило в направлении от макро- через мезо- и микроструктуру и неизбежно дошло до наноструктурного уровня.

В работах [1–10] показывается практическая польза нанотехнологических приемов формирования структур, анализируется достигаемое улучшение технических характеристик материалов, но при этом одновременно просматривается необходимость обеспечения более высокого фундаментального уровня реализации научных положений нанопарадигмы и наноконцепции, уровень, который бы с достаточной полнотой раскрывал существо механизмов и определял условия эффективного управления структурообразованием строительных композитов.

В связи с указанным, опираясь на достижения нанохимии и имея в виду уже полученные коллегами результаты, представляется важным обсудить с общих позиций концепции и стратегии технологий наномодифицирования структур строительных композитов. При этом, опираясь на рассмотрение наноэффектов и наноявлений, сопровождающих получение твердого состояния материалов, требуется систематизировать принципиальные закономерности формирования и эволюции твердого тела через все исходные начальные и промежуточные стадии изменения его субстанционального состояния, пространственно-геометрических характеристик в многоуровневой по масштабу (от нано- до макро-) структуре и затем выделить ключевые возможности и направления исследований по разработке прикладных нанотехнологических приемов управления

синтезом матричных систем композитов и структур самих композитов.

В целом речь идет о понимании и обосновании «арсенала нано» в строительно-технологических задачах управления качеством материалов.

В теоретических и прикладных исследованиях предстоит осветить следующие вопросы: какова общая эволюционная модель образования твердого вещества? Какие явления составляют эволюционный маршрут структурных переходов при этом? Какие силы химического, физического, физико-химического, механохимического, механического порядка реализуются в процессе эволюции структуры при получении твердых состояний? Какие и в чем состоят факторы и механизмы управления балансом указанных сил структурообразования? Какое место и на каких стадиях процесса эволюции твердого тела могут занимать наноэффекты как средство управления их структурой, как средство ее наномодифицирования? В чем могут состоять инженерно-технологические приемы и средства наномодифицирования структуры? Какова эффективность и «цена вопроса» наномодифицирования структуры? И что реально можно предлагать для практической реализации в промышленности?

Попытаемся обсудить эти вопросы в данной и последующих публикациях.

Если говорить о технологиях строительных материалов и стадиях переходов в процессах формирования структур из твердого фазового состояния, то необходимо иметь в виду гидратационные (известь, гипс, цемент), гидротермально-синтезные (силикатные автоклавные) системы твердения, термально-синтезные (керамика, стекло) способы получения композитов. Общим для всех систем твердения признаком является гетерогенность, поэтому при анализе эволюционной модели следует рассматривать гетерогенную композицию, состоящую из различной дисперсности твердых частиц, размещенных в жидкой или газовой среде (внутренней среде системы) и отделенных от пространства внешней среды, из которой в систему твердения может вводиться вещество, тепловая, механическая энергия и др.

При рассмотрении процессов эволюции твердого вещества в гетерогенной системе можно выделить микрообъем, который будет обладать свойствами гомогенности. В этой условно гомогенной системе и происходит зарождение твердой фазы.

В химической технологии конденсации веществ из гомогенных систем различают три определяющих мето-

* Планируется публикация последующих частей работы, раскрывающих различные вопросы концепции и основания технологий наномодифицирования структуры строительных композитов.

да синтеза и зародышеобразования твердых частиц, в том числе наночастиц: метод осаждения из жидкой (как правило, водной) фазы, основанный на использовании различных химических реакций взаимодействия двух или более веществ, приводящих к образованию новой фазы; метод, основанный на организации высокоэнергетических реакций взаимодействия двух или более веществ, приводящих к образованию нерастворимого продукта; метод конденсации из газовой фазы, когда в результате окислительно-восстановительных реакций или реакций гидролиза, протекающих в газовой фазе, выделяется твердая фаза.

Зародышеобразование, развивающееся в гомогенной системе, например в растворе, проходит в несколько этапов. Образующиеся ионы различных металлов (элементов) в пересыщенном растворе (ионы Me^{2+} , Me^{3+} , Me^{4+}), подвергаются гидратации с формированием мономерного акваиона. Например, для двухвалентного металла – это $Me^{2+} \cdot nH_2O$. Далее протекает частичный или полный гидролиз с появлением растворимого мономерного гидроксокомплекса: $[(H_2O)_{n-1}M-OH]^+$. При этом гидроксокомплексы образуются из аквакомплексов в результате реакции кислотно-основного взаимодействия при удалении протона из внутренней сферы комплексного иона. Затем протекает гомогенная гидролитическая поликонденсация с образованием полиядерных оксигидроксокомплексов (полимерных молекул). Следующий этап состоит в образовании флуктуационного ассоциата, который представляет собой конгломерат полимерных молекул. Он формируется за счет водородной химической связи. За ним следует образование зародыша (первичной частицы) за счет поликонденсации внутри ассоциата, в след за которой развивается гетерогенная поликонденсация, заканчивающаяся

формированием наноразмерных частиц, которые в свою очередь далее под действием процесса коагуляции могут эволюционировать в системы гидрозоля, геля, рентгеноаморфного или кристаллического осадка.

В итоге формируется система твердых частиц в среде растворителя и, таким образом, система становится гетерогенной. Под частицей вещества в данной трактовке подразумевается совокупность достаточно большого количества атомов, связанных друг с другом столь сильно, что они могут длительно перемещаться в пространстве как единое целое с сохранением формы и рельефа поверхности.

Полной характеристикой каждой частицы является совокупность параметров состояния всех составляющих ее атомов:

$$X_i = \{X_{1i}\} + \{X_{2i}\}, \{X_{1i}\} = M, X_i, v_{si}, l_i, h_i, \{X_{2i}\} = \sigma_{vi}, \sigma_{si}, \eta_{ei}, v_{vi}, v_{li} \quad (1)$$

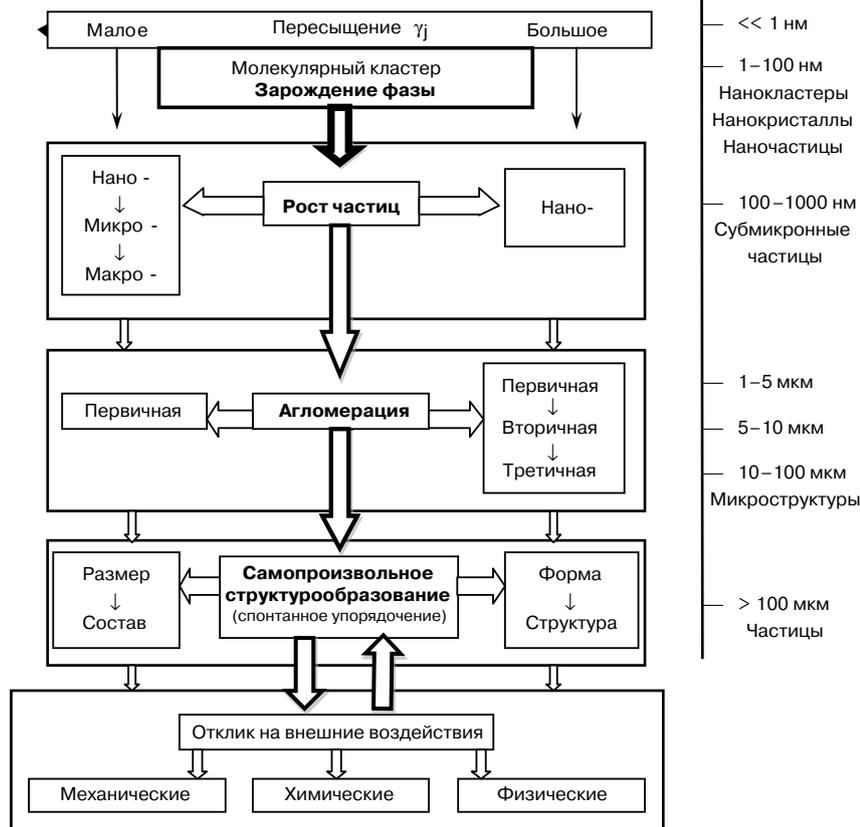
где M – масса частицы; X_i – пространственные координаты ее центра массы; v_{si} – скорости поступательного и вращательного движения; l_i и h_i – параметры, характеризующие форму (габитус) и рельеф поверхности частицы; σ_{vi} , σ_{si} и η_{ei} – параметры структуры объема приповерхностных участков и электронной структуры частиц; v_{vi} и v_{li} – характеристики частот колебательных и трансляционных перемещений атомов.

В соотношении (1) параметры состояния X_i каждой частицы целесообразно разделить на внешние $\{X_{1i}\}$ и внутренние $\{X_{2i}\}$. Внешние параметры определяют вещественно-энергетический обмен частицы с растворителем, а внутренние параметры – перераспределение вещества и энергии внутри частицы.

Изменение состояний $\{X_{1i}\}$ и $\{X_{2i}\}$ во времени в результате самопроизвольных превращений или принудительных управляющих воздействий на систему принимается как химическая и физическая [11], физико-химическая эволюция вещества. При этом, вероятно, могут реализоваться параллельно два эволюционных маршрута: в первом изменения происходят с внешними параметрами состояния частиц твердого вещества. Приток вещества и энергии в систему неизбежно делает ее неоднородной и неравновесной. В системе возникают и часто поддерживаются пространственные градиенты, которые являются непосредственной причиной (движущей силой) переноса веществ и энергии в системе. Именно эти движущие силы переноса определяют особенности (направление, энергетику, кинетику) эволюционного процесса и сами маршруты.

При раскрытии и анализе общей эволюционной модели образования твердого вещества можно следовать трактовкам И.В. Мелихова [12].

В соответствии с современными представлениями, применимыми для систем любого состава, в образовании твердого вещества можно выделить следующие основные стадии эволюции субстанции: зарождение твердой фазы, рост частиц, агломерацию, самопроизвольное превращение во времени (рисунок). При этом следует говорить о трех эволюционных перехо-



Эволюционный маршрут образования твердого вещества и размерный масштаб его структурных составляющих

дах между стадиями и соответственно о явлениях молекулярного, топологического и морфологического отбора. В эволюции твердого вещества могут реализоваться (рисунок) две ветви развития процесса: левая, соответствующая малым (дорубежным) пересыщениям, и правая, соответствующая большим (сверхрубежным) пересыщениям фазообразующего макрокомпонента.

Важно подчеркнуть, что каждой стадии соответствует определенный диапазон размеров формирующихся на ней частиц твердого вещества. Приведенная на рисунке размерная шкала иллюстрирует размерно-геометрические границы и пределы влияния. Понятно, что наиболее существенно «арсенал нано» можно использовать на стадиях зарождения фазы и роста частиц; на других стадиях приоритетными становятся иные физико-химические методы технологического воздействия, затрагивающие микро- и макромасштаб эволюционного процесса. Указанное должно учитываться при разработке методов влияния на каждую из рассматриваемых стадий и переходов всего маршрута.

Именно исходя из этого будем вести детальное обсуждение определяющих стадий эволюционного маршрута и переходов между ними, имея в виду обоснование и формирование стратегии «арсенала нано», и не только «нано» в технологии строительных материалов.

Стадия «зарождение твердой фазы». Современные теории фазообразования основаны на представлениях о растворимости вещества, образовании ненасыщенных, насыщенных и пересыщенных систем. В первых преобладают процессы растворения; во вторых процессы растворения и фазообразования равновероятны; в третьих преимущественно развиваются процессы фазообразования и происходит зародышеобразование новой фазы за счет флуктуации концентраций или плотности вещества [13].

Согласно термодинамической теории Гиббса – Фольмера [14] образование новой фазы возможно при определенной критической степени пересыщения, которая зависит как от природы исходных веществ, так и от наличия ядер конденсации, которые могут быть введены в систему и извне. Образование зародышей становится возможным при достижении определенной (критической) степени пересыщения раствора тем веществом, молекулы которого участвуют в образовании новой фазы. С учетом коэффициента пересыщения γ можно выразить величину критического размера зародыша и записать ее в виде:

$$\gamma_{кр} = \frac{2\sigma V_m}{RT \ln \gamma_{кр}} \quad (2)$$

С учетом этого соотношения уравнение полной энергии Гиббса образования зародыша критического размера будет иметь вид:

$$\Delta G_{кр} = \frac{16\pi\sigma^3 V_m^2}{3R^2 T^2 (\ln \gamma_{кр})^2} \quad (3)$$

Из (3) вытекает вывод о том, что энергия Гиббса образования зародышей при гомогенной конденсации равна одной трети его поверхностной энергии, а остальные две трети энергии компенсируются энергетической выгодностью фазового перехода. Из соотношения (3) также следует, что энергия образования зародыша и размер критического зародыша зависят от степени пересыщения системы: чем она выше, тем меньше размеры образующихся зародышей, способных к дальнейшему росту.

Таким образом, имея в виду возможности технологического влияния, и в частности нанотехнологического, на стадию зарождения частиц, прежде всего следует говорить о таких факторах управления, как создание пе-

Таблица 1

Основные нанотехнологические методы и факторы управления синтезом твердых веществ в зависимости от типа зарождения фазы вещества

Тип зарождения фазы вещества / примеры систем	Технологические методы синтеза твердого вещества	Факторы управления
Зарождение в газовой среде / наносистемы металлов и оксидов металлов	Плазмохимический	<ul style="list-style-type: none"> Изменение энергии ионизации конденсирующихся частиц Увеличение степени ионизации конденсирующихся частиц Повышение скорости процесса конденсации
	Криохимический	<ul style="list-style-type: none"> Изменение концентрации инертных газов Понижение температуры поверхности осаждения
Нуклеация в жидкой среде / гидратационные и гидротермально-синтезные системы твердения (известь, гипс, портландит, цемент)	Золь-гель	<ul style="list-style-type: none"> Варьирование химической природы исходных веществ Изменение начального значения pH среды Изменение температуры синтеза Изменение продолжительности синтеза
	Гидротермальный	<ul style="list-style-type: none"> Варьирование химической природы исходных веществ Изменение температуры синтеза Уменьшение продолжительности синтеза Увеличение величины давления в системе
Зарождение на поверхности твердого тела / наносистемы металлов и их соединений	Электрохимический	<ul style="list-style-type: none"> Увеличение электрического потенциала Варьирование природы веществ и растворителя Изменение типа и концентрации ионов добавок Изменение адгезионных свойств осаждаемых частиц Изменение температуры среды Изменение условий диффузии вещества
Механостимулированное зарождение / термально-синтезные системы твердения (оксиды, керамика, стекло)	Механохимический	<ul style="list-style-type: none"> Увеличение энергии воздействия Изменение продолжительности воздействия Изменение положения функциональных групп в молекулах кристалла
	Ультразвуковой	<ul style="list-style-type: none"> Изменение частоты ультразвукового импульса Изменение продолжительности ультразвукового импульса Изменение фазового состояния системы

ресыщения и введения извне ядер конденсации. Именно это и определяет кинетику первой стадии в эволюционном маршруте. Это и наиболее трудная с термодинамических позиций стадия в эволюции твердого вещества, и наиболее трудная нанотехнологическая задача.

Обратимся к этой задаче. *Пересыщение можно создавать двумя способами: увеличением концентрации молекул вещества в среде и (или) снижением его растворимости.* При реализации первого способа в систему вводятся потоки молекул данного вещества или потоки реагентов, образующих это вещество; отводится растворитель путем выпаривания или вымораживания и т. п. При реализации второго способа система охлаждается или добавляются вещества-высаливатели. Вариантов реализации этих двух способов (и соответствующих им технологий) множество [15–21], но ни один из них не обеспечивает независимость свойств продукта кристаллизации от того, как создается пересыщение. Ни один вариант не обеспечивает мгновенного создания пересыщения по всему объему системы. Каждый вариант характеризуется собственной функцией распределения пересыщения по объему системы, так как ввод вещества в систему сопровождается появлением градиентов концентраций и давлений. А градиентность обязательно приводит к формированию структурной неоднородности твердеющей системы.

Во всем спектре способов и вариантов создания пересыщения процесс локализуется в некоторой части системы – в зонах нуклеации. Место, объем и форма локализации зон определяются структурной геометрией и размером системы, а также режимом ввода вещества.

Углубляя анализ вопроса обоснования «арсенала нано», следует иметь в виду прежде всего типы зарождения фазы твердого вещества: зарождение в газовой среде, нуклеацию в жидкой среде, зарождение на поверхности твердого тела, механостимулированное зарождение. В зависимости от типа стадии зарождения фазы можно ввести классификацию технологических методов синтеза твердых веществ, в том числе и в наносостоянии (табл. 1).

Не детализируя содержание таблицы, отметим, что предлагаемая систематизация взаимосвязи типа зарождения фазы вещества, методов его синтеза, факторов управления процессом дает определенные «установки» к нанотехнологиям влияния на развитие и осуществление стадии зарождения фазы твердого вещества.

Теперь рассмотрим следующую стадию *«роста частиц фазообразующего вещества».*

Каждая зародившаяся частица, находясь в пересыщенных средах, присоединяет к себе молекулы среды чаще, чем происходит их отрыв от частиц [12]. Чтобы присоединиться к частице, молекула перемещается из объема среды к поверхности частицы, адсорбируется на ней, а затем, мигрируя вдоль поверхности, занимает место, где ее связь с частицей становится энергетически выгодной и в этом смысле достаточно прочной для закрепления на этом месте. Если молекуле не удастся быстро закрепиться, то она десорбирует и уходит в объем среды. Вероятность закрепления молекулы зависит от ее размера, формы и электронной структуры. Эта зависимость столь значима, что даже если в среде содержится множество разных молекул, то на частицах в заметных количествах закрепляются в первую очередь молекулы, имеющие близкую кристаллохимическую структуру. Фактически на поверхности растущей частицы происходит *управляемый молекулярный отбор.*

Именно таким образом, т. е. в форме молекулярного отбора, реализуется первый переход в маршруте эволюции твердого вещества «стадия зарождения фазы → рост частиц». На фоне уменьшения свободной энергии системы в ней развивается явление *молекулярного отбора*, в

результате которого зародышами становятся кластеры молекул, содержащие только мало различающиеся по структуре и размерам молекулы. Обрастание частицы фазообразующим веществом оказывается облегченным, если между поверхностью частицы и кластером, формирующимся на ней, имеется определенное структурное соответствие.

Конфигурация кластеров зависит от молекулярного рельефа поверхности и степени близости структуры молекул кластера и зародыша фазы. Если структуры их близки, то кластер при малых пересыщениях принимает форму полиэдрического «островка» толщиной в одну молекулу, т. е. является двумерным. При высоких пересыщениях среды кластеры образуются и укрупняются до вида трехмерных полиэдров.

Форма растущих частиц, как правило, изменяется в процессе роста; характер этих изменений зависит от структуры и механизма роста частиц.

Остановимся на этом моменте, имеющем значение для морфологических параметров формирующейся структуры. Если частицы укрупняются по механизму нормального роста в среде с малым пересыщением, то их форма близка к сферической – *сфероидальные формы.* Частица растет в практически однородной среде при равной вероятности зарождения двумерных кластеров на любом участке ее поверхности, что приводит к сферической форме, сохраняющейся в процессе роста.

При возрастании пересыщения среды масштаб флуктуаций скорости двумерного зарождения возрастает. Двумерные зародыши покрываются вновь образующимися зародышами, что приводит к появлению выростов. Если при этом частица достигла размера, при котором концентрационное обеднение среды вокруг нее стало заметным, то выросты «снабжаются» веществом лучше остальных участков поверхности, так как они дальше продвинуты туда, где концентрация фазообразующего вещества больше. В результате этого выросты развиваются и ветвятся, образуя *дендритные формы.* Число выростов увеличивается, и частица, пройдя через стадию неупорядоченно-дендритной формы, превращается в пористый сфероид или полиэдр, имеющий компактную «сердцевину» с объемом, равным тому объему, который имела частица до развития выростов на ее поверхности. Периферия же частицы состоит из разветвленных выростов, контактирующих друг с другом [22].

Рост частиц морфологически вариателен. Вариательность формы кристаллов обусловлена тем, что частоты присоединения и отрыва молекул для граней с разным молекулярным рельефом неодинаковы вследствие анизотропии свойств кристаллов. При этом если кристалл изначально огранен множеством близких по свойствам граней, то он укрупняется как сфероид. Позднее при высоких пересыщениях и достаточно больших размерах он превращается в регулярный дендрит – *полиэдрические частицы.* Если кристаллы изначально имеют форму куба, то при росте в среде с относительно малым пересыщением они превращаются в прямоугольные параллелепипеды, причем отклонение их формы от кубической имеет случайный характер [14]. При более сложной огранке кристаллы в процессе укрупнения вытягиваются в нити, или становятся пластинами, или приобретают более сложную неравновесную форму [18]. При всем этом если пересыщение среды достаточно велико, в системе одновременно присутствуют различные морфологические формы, превращающиеся друг в друга или развивающиеся параллельно.

С нанотехнологической точки зрения можно и необходимо иметь в виду задачи изменения концентрационных условий кристаллизации, а также применения добавок веществ, в частности нанодобавок, обладаю-

Таблица 2

Модификаторы нано-, ультра-, микроразмерного уровней дисперсности и механизм их действия

Тип систем	Название и химический состав	Размер частиц и морфология частиц	Механизм действия
Наноразмерные	Наноразмерный кремнезем $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	$\varnothing = 5-10$ нм, шарообразные частицы	1) Непосредственное химическое участие наноразмерных частиц (НРЧ) в гетерогенных процессах фазообразования гидратных соединений; 2) каталитическая роль НРЧ как центров кристаллизации (роста новой фазы)
	Золь $\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\varnothing = 5-10$ нм, шарообразные частицы	
	Золь $\text{Al}(\text{OH})_3$	$\varnothing = 30-50$ нм, шарообразные частицы	
	Монтмориллонит синтетический $(\text{Na}, \text{Ca})_{0,3}(\text{Al}, \text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	$\varnothing 5-10$ нм, гексагональные пластинки	Повышение плотности упаковки системы сложения дисперсных частиц, изменение структуры пористости материала
	Нанотрубки хризотила $[\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4]$	$\varnothing = 25-50$ нм, $l = 100-700$ нм, трубчатое строение	
	Углеродные нанотрубки фуллероидного типа, содержание углерода ~99%	$\varnothing = 2$ нм; $l = 200$ нм, трубки из графитового полотна	
	Цеолитный золь-цеолит типа NaX, соотношение Si/Al=1,3...1,5	$\varnothing = 0,8-1,2$ нм, сетчатая структура	
Ультра-дисперсные	«Астрален-С» – водорастворимый аналог фуллерена содержание углерода ~99%	средний размер кластеров 300 нм, трубчатое строение	1) Повышение плотности упаковки системы сложения дисперсных частиц; 2) зонирование структуры
	Микрокремнезем $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	~100–300 нм	
Микро-дисперсные	Монтмориллонит природный $(\text{Na}, \text{Ca})_{0,3}(\text{Al}, \text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	<1 мкм слоистая, листовая структура	Зонирование структуры твердения
	Шунгит-С 60–70%; зола 30–40%; SiO_2 – 35–50%; Al_2O_3 – 10–25%	0,1–10 мкм, графитоподобные глобулы	
	Трепел – SiO_2 – 70–85%; Al_2O_3 – 5–13%; Fe_2O_3 – 2–5% и др.	0,01–0,001 мм, сферические округлые опаловые глобулы кремнезема	

ших сходной с зародышами фазы кристаллохимической структурой и обеспечивающих целенаправленно ускорение процессов роста частиц фазообразующего вещества [23].

Вообще, касаясь проблемы выбора и применения добавок, необходимо опираться на существующие их классификации по механизму действия. Так, по В.Б. Ратинову, добавки разделяют на четыре класса: 1 – добавки, изменяющие растворимость системы твердения и не вступающие с ней в химическое взаимодействие; 2 – добавки, реагирующие с системой твердения с образованием труднорастворимых или малодиссоциирующих соединений; 3 – добавки – готовые центры кристаллизации; 4 – добавки, адсорбирующиеся на зернах твердого вещества [24]. В связи с обозначенными нами тремя глобальными переходами при эволюции твердого вещества данную классификацию добавок целесообразно уточнить, разделяя их и по размерному признаку: на наноразмерные, ультрадисперсные и микродисперсные (табл. 2). Исходя из теоретических предпосылок можно полагать, что наноразмерные и ультрадисперсные добавки 1–3-го классов могут активно участвовать в процессах на стадии зародышеобразования, а 4 класса в стадии роста частиц.

В общем же случае структурообразующее участие и модифицирующее влияние наноразмерных модификаторов могут быть результатом взаимосвязанных механизмов, указанных в табл. 2. При этом необходимо отметить, что включение в твердеющую систему добавок (наиболее эффективны в данном случае добавки наноразмерных частиц) может облегчить образование зародышей, так как $\Delta G_{\text{зр}}$ может при этом уменьшаться в соответствии с уравнением (2). При наличии добавок эф-

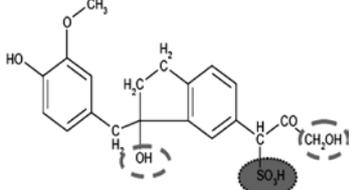
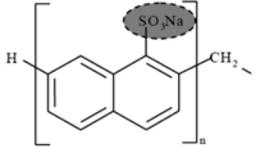
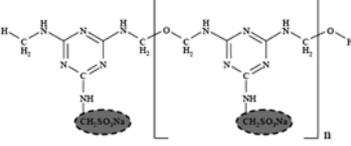
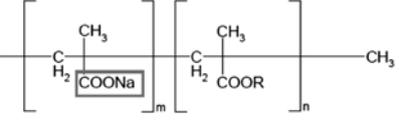
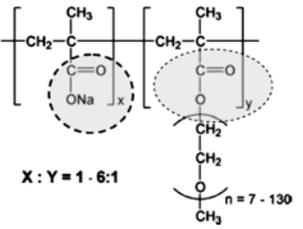
фективность образования зародышей зависит от их радиуса и концентрации, как показывает уравнение (1). Отметим специально, что многие из приведенных в таблице добавок уже стали объектом исследований в работах по строительному наноматериаловедению и наномодифицированию структуры [25–29].

Далее рассмотрим *стадию «агломерации»*. В ходе эволюции в твердеющей системе накапливаются агрегаты из частиц разного размера, которые размещаются относительно друг друга в определенном порядке, в результате чего агрегаты становятся подобны коллоидным кристаллам. При этом пространственно-геометрическая упаковка частиц в объеме агрегатов стремится к плотнейшей, а форма частиц к полиэдрической. Процесс может протекать в несколько этапов, образуя первичные, вторичные и третичные агрегаты с формированием сложных иерархических структур. Если поверхность кристаллов имеет рельеф в виде ступеней и холмиков роста, то при сближении кристаллов холмики и ступени могут обеспечивать локальный молекулярный контакт кристаллов, хотя ширина зазора на основной поверхности велика. Места таких контактов могут быть активными центрами образования выростов (кристаллизационных мостов), связывающих кристаллы в агломерат при любых пересыщениях среды [30, 31].

После накопления в системе достаточного числа частиц, когда вероятность встречи и срастания частиц становится соизмеримой с вероятностью их молекулярного роста, начинается *процесс агломерации*. Наступает второй эволюционный переход «рост частиц → агломерация». При этом основным оказывается явление *топологического отбора* упорядоченных агрегатов, состоящее в том, что среда разрушает неупорядоченные агрегаты

Таблица 3

Структурно-модифицирующее действие пластификаторов и СП на стадии агломерации в эволюционном маршруте образования твердого вещества

Тип пластификатора или СП	Химический состав и структура пластификатора или СП	Механизм действия	Технологический эффект
Лигносульфонат (LS)		1) Электростатическая адсорбция на ненасыщенных валентностях частиц цемента; 2) диспергирование из-за электростатического отталкивания отрицательно заряженных частиц цемента; 3) вода практически не достигает поверхности частицы цемента;	Снижение водопотребления, процесс гидратации замедляется, кристаллообразование замедляется
Нафталинсульфонат (NS)		4) с продолжением гидратации адсорбированные добавки покрываются гидратной фазой, диспергирующий эффект прекращается	Снижение водопотребления, процесс гидратации замедляется, кристаллообразование замедляется
Меламинсульфонат (MS)			
Полиакрилат (РА)		1) Диспергирующий эффект за счет адсорбции добавки на частицах цемента; 2) стерическое отталкивание в структуре боковых цепочек СП;	Снижение водопотребления, ускорение процесса твердения (ранние сроки твердения)
Поликарбоксилатный эфир (PCE)		3) вода легко достигает поверхности частицы цемента, растет больше гидратных фаз; 4) гидратные фазы не переслаиваются; 5) гидратные фазы могут расти над добавкой; 6) улучшение сцепления кристаллов	Снижение водопотребления, ускорение процесса твердения (ранние сроки твердения), высокая ранняя прочность, технология получения самоуплотняющегося бетона

и способствует образованию упорядоченных форм, состоящих из частиц с близкими морфологическими параметрами.

Интенсивность агломерации прямо связана со скоростью зарождения фазы. Чем выше скорость зарождения и, следовательно, больше частиц формируется к концу предыдущего этапа, тем интенсивнее развивается агломерация. При высоких пересыщениях среды, когда кристаллы растут так быстро, что среда не успевает поддерживать пересыщение в зазоре на том же уровне, как вдали от кристаллов, к факторам, обуславливающим срастание, добавляется диффузионный фактор. Вследствие отложения вещества на стенках зазора развивается градиент концентрации, причем концентрация максимальна у входа в зазор, где формируются выросты, контактирование которых приводит к образованию кристаллизационного моста.

На рассматриваемой стадии эволюции в качестве фактора нанотехнологического влияния на процесс агломерации можно рассматривать среду (растворитель).

Растворитель снижает вероятность прилипания молекул к кластерам при соударениях, так как для прилипания необходимо, чтобы растворитель десорбировался с кластера, освободив место для прилипающей молекулы. Если десорбции не происходит, то молекула присоединяется к кластеру вместе с растворителем.

При конфигурационном упорядочении часть растворителя, захваченного кластером, выбрасывается, но если фазообразующее вещество способно образовывать кристаллосольваты, то выброшенная часть может быть небольшой. В этом случае кластер стремится к составу и структуре одного из сольватов, причем разные кластеры, одновременно находящиеся в системе, могут стремиться к кристаллосольватам с разным числом молекул растворителя. Растворитель способствует также отрыву молекул от кластера и тем самым стабилизирует кластеры, замедляя их укрупнение.

В реальных технологиях материалов стадию агломерации можно регулировать введением добавок поверхностно-активных веществ (ПАВ), широко применяемых пластификаторов и суперпластификаторов (СП) [24]. В этой связи важной представляется систематика механизмов структурно-модифицирующего действия пластификаторов и суперпластификаторов на стадии агломерации в эволюционном маршруте образования твердого вещества (табл. 3). При этом стоит также отметить, что применение добавки пластифицирующего действия является условием возможности введения нано- и ультрадисперсных частиц в систему твердения, так как в обычных условиях эти частицы химически активны и склонны к самопроизвольной агломерации, что препятствует равномерному их распределению по всему

объему материала. Именно добавки класса ПАВ позволяют решить эту достаточно сложную нанотехнологическую задачу.

Стадия «самопроизвольного структурообразования». Эволюционные изменения отвердевающей системы объективно связаны с третьим эволюционным переходом «агломерация → самопроизвольное структурообразование». В конце стадии роста и стадии агломерации состояние системы далеко от равновесного, поэтому в определенный период внутри системы одномоментно развиваются процессы перераспределения веществ и энергии, что приводит к спонтанному упорядочению системы. Наблюдается явление *морфологического отбора* и происходит «изменение геометрии системы», формируются упорядоченные агрегаты определенной формы и размера взамен менее упорядоченных форм. Дело в том, что на стадии роста и агломерации возникающие частицы любого вещества имеют неравновесный габитус, поэтому на стадии самопроизвольного структурообразования их размер и форма изменяются так, чтобы обеспечить минимальность поверхностной энергии системы.

Процессы, приводящие к приближению размера и формы частиц к равновесным, и называют морфологическим отбором. Частицы укрупняются по механизму Оствальдова созревания. Они могут выбрасывать неравновесно захваченные примеси; избыточные структурные дефекты в их объеме и на поверхности будут залечиваться, а форма частиц — изменяться от ростовой до равновесной. Все указанные изменения протекают одновременно, но с разными скоростями, поэтому какой-то из процессов может являться доминирующим, и тогда система упорядочивается по составу, размеру, форме и (или) по кристаллической структуре [12, 30, 31].

Процессы упорядочения протекают по двум механизмам: перекристаллизационному и твердофазному. При перекристаллизационном маршруте, который развивается в растворе, растворение более растворимой (материнской) фазы сопровождается одновременно зарождением и ростом частиц менее растворимой фазы (дочерней), вплоть до исчезновения материнской фазы.

При твердофазном маршруте зарождение частиц дочерней фазы локализовано на поверхности, иногда в объеме материнской фазы, где они укрупняются до полного поглощения материнских частиц.

С технологической точки зрения управление стадией самопроизвольного структурообразования можно основывать на: температурной и высокотемпературной обработке; применении различных видов принудительного компактирования; прессованием; введении добавок микрочастиц и др. (табл. 2).

В результате модифицирования на стадии самопроизвольного структурообразования возможно формирование упорядоченных структур твердения с плотной упаковкой кристаллов, увеличение площади межкристаллитных контактов в новообразованиях. Это достигается при различной морфологии образующихся систем, которая к тому же определяет тип возникающих контактов (скрытокристаллическая — контакт примыкания, волокнисто-игольчатая — контакт срастания, пластинчато-призматическая — контакт прорастания); может самопроизвольно осуществляться также дисперсное самоармирование структуры.

Стадия самопроизвольного структурообразования завершается образованием коагуляционных (тиксотропно-обратимых) и конденсационно-кристаллизационных (необратимо разрушающихся) структур, которые способны к дальнейшему эволюционному преобразованию при взаимодействии уже с внешней окружающей средой, что связано с эволюционным переходом «самопроизвольное структурообразование → отклик на

внешнее воздействие». При этом реализуется принцип *равнораспределения веществ и энергий в объеме каждой из фаз*. Применительно к множеству твердых тел, окруженных внутренней средой, данный принцип можно сформулировать так [13]: при любых внешних воздействиях свойства твердых тел и среды изменяются так, чтобы за минимальное время обеспечить в среднем одинаковое состояние всех участков твердой фазы. Таким образом, материал вступает на новый виток эволюционных преобразований, уже, так сказать, в своем эксплуатационном цикле.

Обобщая вопросы анализа эволюционного маршрута твердого состояния и связанного с этим анализом рассмотрения инженерно-технологических приемов и средств наномодифицирования структуры, необходимо представить систематику основных явлений и движущих сил структурных переходов между стадиями маршрута, факторов управления этими переходами, их механизмами и прогнозируемыми результатами воздействия на отвердевающую систему (табл. 4).

На каждом из переходов работают свои факторы и приемы управления. Однако можно четко сказать, что влияние на каждый из переходов можно оказывать способом введения добавок, и в этом смысле укажем, что на молекулярный отбор влияют наноразмерные добавки 1–3-го классов, на топологический отбор — нано- и ультрадисперсные добавки углеродосодержащих частиц, на морфологический отбор — добавки микрочастиц.

На сегодня введение добавок является наиболее широко распространенным методом влияния на структуру и свойства материала. И здесь необходимо понимать механизм модифицирования на каждой стадии процесса и прогнозировать возможный результат модифицирования.

В общем случае структурообразующее участие и модифицирующее влияние наноразмерных модификаторов могут быть результатом следующих взаимосвязанных механизмов [23]:

- 1) на стадии зарождения фазы твердого вещества — механизма, связанного с возможностью непосредственного химического участия наноразмерных частиц в гетерогенных процессах фазообразования гидратных соединений (такая возможность определяется как субстанциональным признаком — химико-минералогическим составом частиц, так и повышенными значениями удельной площади их поверхности и удельной поверхностной энергией);
- 2) на стадии роста частиц — механизма, связанного с каталитической ролью наноразмерных частиц как центров кристаллизации с соответствующим эффектом понижения энергетического порога этого процесса и ускорения его;
- 3) на стадии агломерации — механизма, обеспечивающего повышение плотности упаковки системы сложения дисперсных частиц, уменьшение общей ее пористости, изменение структуры пористости материала: присутствующие в системе наноразмерные частицы способны за счет увеличения объема адсорбционно и хемосорбционно связываемой ими воды уменьшать объем капиллярно-связанной и свободной воды, приводить к изменению реологических свойств цементного теста и бетонной смеси, к повышению их вязкости и пластической прочности;
- 4) на стадии самопроизвольного структурообразования — механизма зонирования структуры твердения наноразмерными частицами (микрообъемы структуры твердения будут попадать в поле энергетического, термодинамического влияния отдельных наноразмерных частиц, что может сопровождаться формированием организованной структуры как системы кристаллитов из гидратных фаз).

Таблица 4

Систематика механизмов структурного модифицирования на основных переходах эволюционного маршрута образования твердого вещества

Стадия процесса	Явление перехода	Движущая сила	Факторы управления	Приемы управления	Механизм модифицирования	Результат модифицирования
Зарождение фазы	Молекулярный отбор	Уменьшение потенциала системы	1) Величина радиуса зародыша фазы; 2) степень пересыщения раствора (концентрация и растворимость фазообразующего вещества)	1) Методы синтеза в зависимости от типа зарождающейся фазы; 2) введение наноразмерных добавок (1–3-го классов)	1) Непосредственное физико-химическое взаимодействие; 2) каталитическая роль наноразмерных частиц	1) Формирование молекулярного кластера; 2) понижение энергии активации процесса; 3) центры кристаллизации структуры твердения
			Рост частиц	Уменьшение свободной энергии системы	1) Тип физико-химической адсорбции; 2) степень диспергирования; 3) формирование фракционной сетки растворителя	1) Введение пластификаторов и СП (4-й класс); 2) введение наноразмерных ультрадисперсных углеродосодержащих частиц
Агломерация	Топологический отбор	Уменьшение полной энергии системы	1) Изменение межкристаллитной поверхности системы; 2) образование дополнительной границы раздела	Температурная обработка, прессование, введение добавок микрочастиц	1) Зонирование структуры твердения; 2) реализация топохимической памяти добавки	1) Увеличение площади межкристаллитных контактов в новообразованиях; 2) дисперсное армирование структуры; 3) Формирование упорядоченных структур твердения с плотной упаковкой кристаллов
Самораз- вольное структуро- образование						

Понятно, что мера реализации указанных механизмов наномодифицирования структуры и их эффективность будут определяться видом, характеристиками, дозировкой и способами введения в технологическую систему наноразмерных частиц.

Заключение.

Таким образом, научно обоснованные принципы управления структурой на наноуровне являются ключевым моментом в разработке высокотехнологичных модифицированных строительных композитов нового поколения. Раскрытие процесса эволюции структуры на наномасштабном уровне, управляемое наномодифицирование материала определяются комплексом средств управления, в составе которых существенную роль играют механизмы, предопределяемые применением наноразмерных добавок. Возможных «нано-инструментов» для создания высококачественных строительных композитов достаточно много, подходы здесь весьма разнообразны и они позволяют рассчитывать на эффективные инновационные технологические решения, полезные для широкой номенклатуры строительных материалов.

Ключевые слова: система твердения, строительный композит, наномодифицирование структуры.

Список литературы

1. *Баженов Ю.М.* Нанотехнологии в строительстве и производстве строительных материалов / «Наносистемы в строительстве и производстве строительных материалов»: Сб. докладов участников круглого стола. МГСУ. Москва. 2007. С. 12–18.
2. *Чернышов Е.М., Артамонова О.В., Коротких Д.Н. и др.* Применение нанохимии в технологии твердофазных строительных материалов научно-инженерная проблема, направление и примеры реализации // *Строительные материалы*. 2008. № 2. С. 32–36.
3. *Хозин В.Г., Старовойтова И.А., Майсурадзе Н.В. и др.* Наномодифицирование полимерных связующих для конструкционных композитов // *Строительные материалы*. 2013. № 2. С. 4–10.
4. *Строкова В.В., Жерновский И.В., Огуцова Ю.Н., Максаков А.В.* Особенности проектирования строительных композитов на основе гранулированного наноструктурирующего заполнителя // *Строительные материалы*. 2013. № 2. С. 16–19.
5. *Яковлев Г.И., Первушин Г.Н., Корженко А., Бурьянов А.Ф. и др.* Применение дисперсий многослойных углеродных нанотрубок при производстве силикатного газобетона автоклавного твердения // *Строительные материалы*. 2013. № 2. С. 25–29.
6. *Королев Е.В., Гришина А.Н.* Синтез и исследование наноразмерной добавки для повышения устойчивости пен на синтетических пенообразователях для пенобетонов // *Строительные материалы*. 2013. № 2. С. 30–33.
7. *Гордина А.Ф., Токарев Ю.В., Яковлев Г.И., Керене Я., Студулис Э.* Различия в формировании структуры гипсового вяжущего, модифицированного углеродными нанотрубками и известью // *Строительные материалы*. 2013. № 2. С. 34–37.
8. *Гаркави М.С., Некрасова С.А., Трошкина Е.А.* Кинетика формирования контактов в наномодифицированных гипсовых материалах // *Строительные материалы*. 2013. № 2. С. 38–40.
9. *Лукуцова Н.П.* Наномодифицирующие добавки в бетон // *Строительные материалы*. 2010. № 9. С. 101–104.
10. *Пухаренко Ю.В., Аубакирова И.У., Никитин В.А., Староверов В.Д.* Структура и свойства наномодифицированных цементных систем // *Международный конгресс «Наука и инновации в строительстве «SIB-2008»*. Современные проблемы строительного материаловедения и технологии. Воронеж. 2008. Т. 1. Кн. 2. С. 424–429.
11. *Алесковский В.Б.* Химия твердых веществ. М.: Высшая школа. 1978. 256 с.
12. *Мелихов И.В.* Физико-химическая эволюция твердого вещества. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 309 с.
13. *Шабанова Н.А., Попов В.В., Саркисов П.Д.* Химия и технология нанодисперсных оксидов. М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. 309 с.
14. *Edelstein A.S., Camarata R.C.* Nanomaterials: Synthesis, Properties and Application. Bristol and Philadelphia, Inst. Physics Publ., 1996.
15. www.rusnanonet.ru, www.nanotech.ru
16. *Пул Ч., Оуэнс Ф.* Нанотехнология / Пер. с англ. / Под ред. Ю.И. Головина. М.: Техносфера, 2004. 328 с.
17. *Гусев А.И., Ремпель А.А.* Нанокристаллические материалы. М.: Физматлит, 2000. 224 с.
18. *Wilson M., Kannangara K., Smith G. et al.* Nanotechnology. Basic science and emerging technologies. Boca Raton: A CRC Press Co, 2002. 272 p.
19. *Третьяков Ю.Д., Лепис Х.* Химия и технология твердофазных материалов. М.: МГУ, 1985. 364 с.
20. *Третьяков Ю.Д., Гудилин Е.А.* Основные направления фундаментальных и ориентированных фундаментальных исследований в области наноматериалов // *Альтернативная энергетика и экология*. 2009. № 6. С. 39–67.
21. *Мелихов И.В.* Закономерности кристаллизации с образованием нанодисперсных твердых фаз // *Неорганические материалы*. 2000. Т. 36. № 3. С. 350–359.
22. *Nanoscale materials in chemistry / Ed. By K.J. Klabunde*, New York: A John. Wiley & Sons Inc, 2001. 292 p.
23. *Коротких Д.Н., Артамонова О.В., Чернышов Е.М.* О требованиях к наномодифицирующим добавкам для высокопрочных цементных бетонов // *Нанотехнологии в строительстве [интернет-журнал]*. 2009. № 2. С. 42–49 (http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_2_2009.pdf).
24. *Рашинов В.Б., Иванов Ф.М.* Химия в строительстве. М.: Стройиздат, 1985. 220 с.
25. Патент 2233254 РФ. Первые в мире опыты по введению фуллероидных наноматериалов в композиции на минеральных вяжущих и получение наномодифицированных композиционных бетонов с повышенными эксплуатационными свойствами.
26. *Ткачев А.Г., Михалева З.А., Ладохина М.Н., Жутова Е.А.* Модифицирование строительных композиций углеродными наноматериалами // *Альтернативная энергетика и технология*. 2007. № 9. С. 56–59.
27. *Artamonova O.V., Sergutkina O.R.* The structure formation and strength properties control in hydrosilicate systems modified by nanotubes with the structure of chrysotile // *International Conference «Functional Materials»*. ICFM'2007, 1–6 October. 2007. Partenit. Crimea. Ukraine. P. 447.
28. *Урханова Л.А., Лхасаранов С.А. и др.* Мелкозернистый цементный бетон с нанодисперсным модификатором // *Нанотехнологии в строительстве [интернет-журнал]*. 2010. № 4. С. 42–52 (http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_4_2010.pdf).
29. *Артамонова О.В., Коротких Д.Н., Чернышов Е.М.* Золь-гель-синтез наноразмерных частиц SiO₂ для модифицирования структуры цементного камня // *Нанотехнологии в строительстве [интернет-журнал]*. 2010. № 1. С. 97–105 (http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_1_2010.pdf).
30. *Вест А.* Химия твердого тела. Теория и приложения в 2 ч. Ч. 1, 2 / Пер. с англ. М.: Мир, 1988. 336 с.
31. *Фистуль В.И.* Физика и химия твердого тела. Т. 1, 2. М.: Металлургия, 1995. 324 с.

А.Н. ГРИШИНА, канд. техн. наук (GrishinaAN@mgsu.ru), Е.В. КОРОЛЕВ, д-р техн. наук, Московский государственный строительный университет; А.Б. САТЮКОВ, инженер, ООО «Инженерная группа «БСБ» (Оренбург)

Синтез и исследование устойчивости золь гидросиликатов бария¹

Перспективность использования нанотехнологии подтверждена в различных отраслях промышленности, в том числе в строительстве². Номенклатура наноразмерных частиц в настоящее время достаточно обширна, однако чаще всего применяют углеродные объекты, наночастицы оксидов кремния, титана и др. Для модифицирования вяжущих систем гидратационного твердения и материалов на их основе применяют наноразмерные частицы гидросиликатов кальция [1–3]. Анализ указанных работ показывает, что использование наноразмерных гидросиликатов кальция в концентрации 0,1–0,5% от массы цемента приводит к повышению прочности цементного камня до 48% [1, 2]; введение 2–25% добавок на основе гидросиликатов кальция в известковые композиты способствует повышению адгезионной прочности покрытий до 60%, снижению усадки до 45%, повышению водостойкости до 35% и повышению прочности при сжатии в 2–3 раза [4]. Синтез сульфосиликатов кальция в наномодифицированных гипсовых композитах способствует повышению прочности до 50% и снижению водопоглощения [5].

Представляет научный и практический интерес влияние на процессы структурообразования и эксплуатационные свойства композиционных материалов гидратационного твердения наноразмерных гидросиликатов бария. В частности [6], показано, что введение соединений бария в цементные системы приводит к повышению скорости схватывания и набора прочности, увеличению прочностных характеристик цементного камня.

Синтез наноразмерных гидросиликатов бария представляет самостоятельную научную и технологическую задачу, решение которой осуществляли по технологии низкотемпературного синтеза, осуществляющуюся при протекании химических реакций обмена между гелем кремниевой кислоты и различными соединениями ба-

рия (табл. 1). Гель кремниевой кислоты получали по технологии, описанной в [7, 8]. Соединения бария вводили в виде низкоконцентрированных растворов. Концентрации соединений в среде синтеза приведены в табл. 1.

Известно [9], что синтез гидросиликатов кальция по указанной схеме не подчиняется стехиометрии реакции. Поэтому концентрацию соединений бария подбирали таким образом, чтобы она не вызвала коагуляцию золь гидроксидов железа (III) и кремниевой кислоты.

Размер частиц золь гидроксидов железа (III), используемого при синтезе золь кремниевой кислоты, при прочих равных условиях определяется его концентрацией. Для синтеза золь кремниевой кислоты использовался золь гидроксидов железа (III) концентрации 0,1%. Размер мицелл такого золь составляет ~ 1 нм³. После введения прекурсора кремниевой кислоты – гидросиликатов натрия размер частиц существенно не изменяется (рис. 1).

Для промышленного применения наноразмерных модификаторов важно обеспечить агрегативную устойчивость золь. Одними из факторов, определяющих стабильность фракционного состава гидросиликатов бария, являются вид соединения бария и температура вводного раствора соединения бария. Использование нагретых растворов с последующим охлаждением раствора описано в [10], а также способы синтеза при нормальной температуре в [11]. Зависимость изменения размера частиц при введении раствора карбоната бария температурой 25 и 100°C приведена на рис. 2.

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что гидросиликаты бария, синтезированные при добавлении раствора карбоната бария с температурой 100°C, интенсивнее агрегируют во времени. Поэтому в дальнейших исследованиях принят режим синтеза при температуре 25°C.

Таблица 1

Химическое соединение	Массовая доля в среде синтеза, %
SiO ₂	0,1
Ba(OH) ₂	0,025
Ba(NO ₃) ₂	0,05
BaCl ₂ ·2H ₂ O	0,05
BaCO ₃	0,001/0,003*

Примечание. * Перед чертой указана концентрация при температуре раствора 25°C; за чертой – при температуре 100°C.

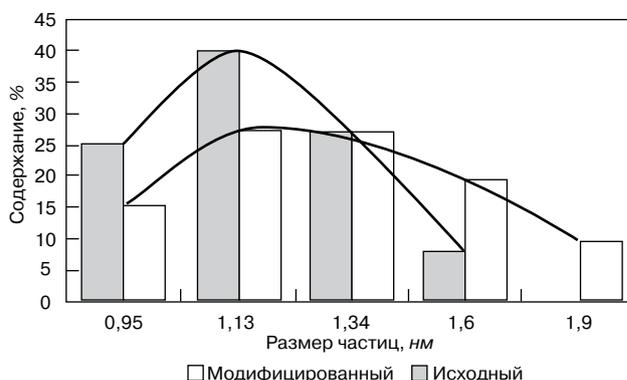


Рис. 1. Фракционный состав золь гидроксидов железа (III) и золь гидроксидов железа (III) с прекурсором кремниевой кислоты

¹ При поддержке гранта Президента РФ МК-5911.2013.8.

² Библиография, подтверждающая перспективность применения методов нанотехнологии в строительном материаловедении, достаточно широка. Например, журналы «Нанотехнологии в строительстве» (<http://www.nanobuild.ru>), «Строительные материалы» (<http://www.rifsm.ru>), «Вестник МГСУ» (<http://vestnikmgsu.ru>), «Известия Казанского ГАСУ» (<http://izvestija.kgasu.ru>), «Вестник Воронежского ГАСУ» (<http://vestnikvgasu.wmsite.ru>) и др.

³ Определение размера частиц проводили с помощью лазерного дифрактометра Zetatrac. Подробнее на www.pocnt.ru.

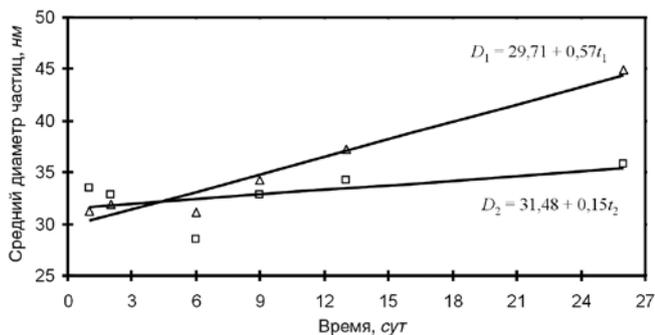


Рис. 2. Кинетика изменения среднего диаметра наночастиц гидросиликатов бария: Δ – при добавлении раствора карбоната бария с температурой 100°C; \square – то же, с температурой 25°C

Вид и количество соединения бария, вводимого в коллоидный раствор кремниевой кислоты, также оказывают влияние на фракционный состав продукта синтеза. Зависимость среднего диаметра частиц гидросиликатов бария от вида раствора бария приведена на рис. 3.

Анализ рис. 3 показывает, что использование карбоната, хлорида и гидроксида бария обеспечивает синтез более мелких частиц, применение нитрата бария приводит к синтезу гидросиликатов бария с большим средним диаметром (~50–55 нм).

Исследование кинетики изменения размера частиц золь гидросиликатов бария показывает, что pH среды оказывает существенное влияние на агрегативную устойчивость (рис. 4). Так, гидроксид бария – водорастворимое основание имеет щелочную среду, карбонат бария подвержен гидролизу и также имеет щелочную среду, а хлорид и нитрат бария не гидролизуются – pH нейтральный. Водородный показатель вводимых растворов закономерно оказывает влияние на pH «системы золь кремниевой кислоты – соединение бария» (табл. 2).

Известно [12], что скорость полимеризации кремниевой кислоты при pH→9 возрастает, а при pH→14 снижается, при этом аморфный кремнезем растворяется. Указанное, а также анализ данных табл. 2 показывают, что при pH→9 и pH→14 в системе «золь кремниевой кислоты – соединение бария» протекают различные процессы.

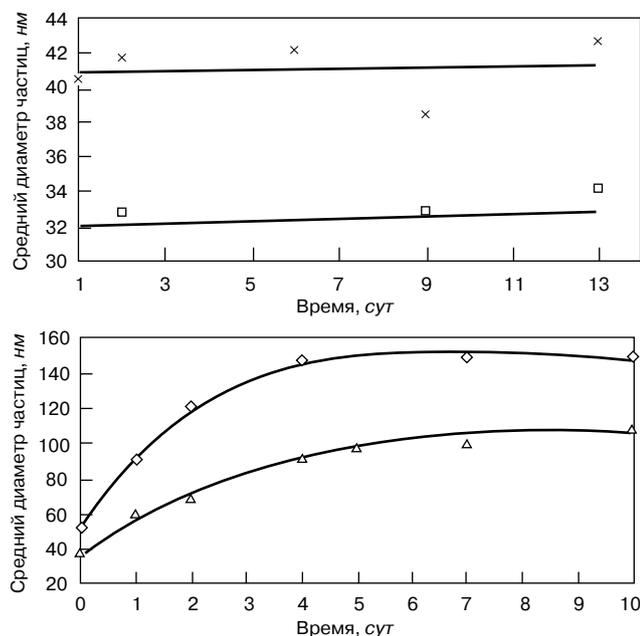


Рис. 4. Кинетика агрегирования гидросиликатов бария, синтезированных с применением различных соединений: \times – гидроксид бария; \square – карбонат бария; Δ – хлорид бария; \diamond – нитрат бария

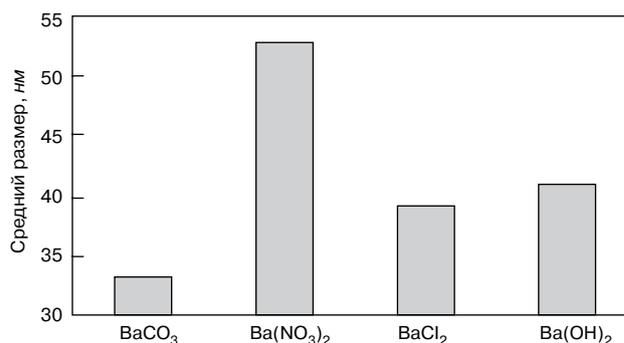


Рис. 3. Зависимость среднего диаметра частиц гидросиликатов бария от вида раствора соединений бария

При pH→14 происходит растворение золя кремниевой кислоты с образованием водорастворимых силикатов натрия [12, 13]. Известно [14], что низкоконцентрированные растворы силикатов натрия возможно рассматривать как истинные растворы, поэтому они не способны создавать пространственных затруднений при увеличении размеров наночастиц гидросиликатов бария при их столкновении. Безусловно, полимер кремниевой кислоты присутствует в смеси, однако его влиянием на размер частиц можно пренебречь. Кинетика увеличения размеров частиц гидросиликатов бария адекватно описывается линейной зависимостью (1):

$$d_t = d_o + bt, \quad (1)$$

где d_t – средний диаметр частиц через t сут, нм; d_o – начальный средний диаметр частиц, нм; b – скорость увеличения размеров частиц, нм/сут, t – время, сут.

Значения эмпирических коэффициентов приведены в таблице 3.

Процесс увеличения размера частиц при pH→9 протекает с большей скоростью, так как растворения кремниевой кислоты не происходит, а скорость ее полимеризации высока. При этом на поверхности мицелл происходит взаимодействие кремниевой кислоты с ионами бария, а также ее полимеризация на поверхности. Очевидно, что указанное должно приводить к изменению соотношения Ba/Si для продукта синтеза по сравнению

Таблица 2

Соединение	pH
Ba(NO ₃) ₂	8,7
BaCl ₂	8,55
Ba(OH) ₂	9,42
BaCO ₃	9,13

Примечание. Величина pH указана при температуре коллоидного раствора 28°C сразу после добавления соединения бария.

Таблица 3

Соединение	Эмпирические коэффициенты	
	d_o , нм	b , нм/сут
Ba(OH) ₂	40,87	0,04
BaCO ₃	31,48	0,15

Таблица 4

Соединение	Эмпирические коэффициенты			
	a , нм	b , нм/сут	c , сут ⁻¹	d , сут ⁻²
BaCl ₂	39,05	24,25	0,08	0,008
Ba(NO ₃) ₂	52,01	63,93	0,22	0,015

нию с аналогичным соотношением для известных гидросиликатов бария. Полимеризация кремниевой кислоты происходит также и в объеме, что приводит к формированию сетки, выполняющей функцию стабилизатора, препятствующего агрегированию частиц [15]. В этом случае кинетика увеличения размеров наночастиц гидросиликатов бария описывается функцией вида:

$$d_1 = \frac{f_1}{f_2} = \frac{d_0 + bt}{1 + ct + dt^2}, \quad (2)$$

где f_1 – фактор роста частиц; f_2 – фактор стабилизации частиц; d_0 – начальный средний диаметр частиц, нм; b – скорость увеличения размеров частиц, нм/сут; c – скорость полимеризации кремниевой кислоты в объеме, сут⁻¹; d – ускорение полимеризации кремниевой кислоты в объеме, сут⁻²; t – время, сут.

Значения эмпирических коэффициентов приведены в табл. 4.

Изменение величины скорости роста наночастиц, оцениваемое величиной коэффициента b , согласуется с предложенной концепцией. Так, сопоставление данных табл. 3 и 4 показывает, что соотношение $b_{\text{рн} > 9} : b_{\text{рн} < 9} = 1:160-1:1600$.

Таким образом, установлено, что синтез наноразмерных гидросиликатов бария из мономеров кремниевой кислоты, полученных по технологии [7, 8], и соединений бария целесообразно проводить при $T=20-25^\circ\text{C}$. Водородный показатель вводимых растворов соединений бария закономерно влияет как на синтез гидросиликатов бария, так и на полимеризацию кремниевой кислоты. Наиболее крупные частицы формируются при использовании $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ (~50–55 нм), а мелкие – при использовании BaCO_3 (~30–35 нм). Для получения стабильных коллоидных растворов гидросиликатов бария целесообразно использовать щелочные барийсодержащие растворы.

Ключевые слова: золь, наноразмерные гидросиликаты бария, фракционный состав, устойчивость.

Список литературы

- Макридин Н.И., Вернигорова В.Н., Максимова И.Н. О микроструктуре и синтезе прочности цементного камня с добавками ГСК // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2003. № 8. С. 37–42.
- Строкова В.В., Соловьева Л.Н. Оценка влияния кристаллических затравок на структурообразование цементного камня // Строительные материалы. 2009. № 3. С. 97–98.
- Логанина В.И., Макарова Л.В., Тарасов Р.В., Давыдова О.А. Оптимизация состава композитов общестроительного назначения, модифицированных наноразмерными добавками // Региональная архитектура и строительство. 2010. № 2. С. 53–57.
- Логанина В.И., Макарова Л.В., Сергеева К.А., Королев Е.В. Сухие строительные смеси с наполнителями на основе гидросиликатов кальция // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2013. № 2. С. 222–228.
- Войтович Е.В., Череватова А.В. Наноструктурированное композиционное гипсовое вяжущее – вяжущее нового поколения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 3. С. 32–34.
- Шабанова Г.Н. Исследование механизма твердения и продуктов гидратации барийсодержащих цементов // Вопросы химии и химической технологии. 2003. № 1. С. 51–56.
- Гришина А.Н., Королев Е.В. Эффективная наноразмерная добавка, повышающая устойчивость пен для пенобетонов // Вестник МГСУ 2012. № 10. С. 159–165.

- Гришина А.Н., Гребенникова Е.В., Королев Е.В. Наноразмерный комплексный модификатор для пенобетонов // Сборник научных трудов ИСА по материалам международной молодежной конференции «Оценка рисков и безопасность в строительстве. Новое качество и надежность строительных материалов и конструкций на основе высоких технологий». 2012. Выпуск 4. С. 332–333.
- Вернигорова В.Н. Физико-химические основы образования модифицированных гидросиликатов кальция в композиционных материалах на основе системы $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$. Пенза: ЦНТИ, 2001. 394 с.
- Шалыпина А.Я., Хохлов Э.М., Полякова Л.А., Соловьева А.Ю. Синтез и исследование свойств наночастиц на основе оксида цинка // Вестник МИТХТ. 2011. Т. 6. № 6. С. 102–104.
- Вернигорова В.Н., Перфильева Н.И., Сотникова А.А. Математическое моделирование химических процессов в композиционных материалах на основе самоорганизующейся системы $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ // Региональная архитектура и строительство. 2009. № 1. С. 25–31.
- Шабанова Н.А., Саркисов П.Д. Основы золь-гель-технологии нанодисперсного кремнезема. М.: Академкнига, 2004. 208 с.
- Гришина А.Н., Королев Е.В. Особенности структурообразования и реологические свойства жидкостекольных композитов, отвержденных хлоридом бария // Вестник МГСУ. 2012. № 11. С. 144–151.
- Русина В.В. Теоретические основы получения, хранения и применения жидкого стекла: Текст лекции. Братск: БрГТУ, 2002. 13 с.
- Разбавленный раствор – силикат – натрий. Большая энциклопедия нефти и газа [электронный ресурс]. <http://www.ngpedia.ru/id377777p2.html> дата обращения 07.07.2013 г.



А.В. Ушеров-Маршак

БЕТОНОВЕДЕНИЕ
ЛЕКСИКОН

М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2009. 112 с.

Издание подготовлено в виде толкового словаря, ориентированного на формирование понятийно-терминологического аппарата бетоноведения – одной из динамично развивающихся, сложных и специфических областей материаловедения. Учтены тенденции международной интеграции науки о бетоне и его технологии.

«Бетоноведение: лексикон» содержит более 650 терминов и понятий, 150 аббревиатур международно признанных словосочетаний, наиболее часто употребляемых в профессиональной научно-технической литературе и нормативных документах. Особенность издания состоит в насыщенности информацией физико- и коллоидно-химического характера в связи с возрастающей ролью этих знаний при обосновании составов, структур, свойств, технологических процессов получения и службы бетона.

Издание рассчитано на широкий круг представителей науки, образования, в том числе учащихся вузов и колледжей, практики строительной сферы.

Цена 1 экз. без почтовых услуг 250 р., НДС не облагается

Книгу можно заказать с сайта издательства
www.rifsm.ru

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

УДК 666.972

А.А. ГУВАЛОВ, канд. техн. наук (abbas.quvalov@akkord.az), Азербайджанский архитектурно-строительный университет (Баку, Азербайджанская Республика);
 А.В. КАБУСЬ, инженер (calorimetry_centр@ukr.net),
 А.В. УШЕРОВ-МАРШАК, д-р техн. наук, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (Харьков, Украина)

Влияние органоминеральной добавки на раннюю гидратацию цемента

Существенный прогресс в технологиях цемента, бетона и сухих строительных смесей обусловлен в основном ростом функциональности добавок различной природы и механизмов действия [1–3]. Наиболее эффективны в этом плане органоминеральные комплексы, составляемые из суперпластификаторов ПАВ и высокодисперсных компонентов с учетом явлений совместимости, аддитивности и синергизма. Обеспечение заданной физико-химической и технологической функциональности индивидуальных и комплексных добавок базируется на правомочности положения о селективности их влияния на элементарные акты гидратации – адсорбцию, смачивание, химические реакции, растворение, кристаллизацию новообразований, формирование плотной микроструктуры цементного камня и пр. [4]. Не преодоленные до сего времени сложности корректного выделения и количественного описания элементарных процессов обуславливают обращение к феноменологической концепции оценки влияния добавок, особенно интенсивного на самых ранних стадиях твердения, с привлечением методов калориметрии, термодинамического анализа и температурно-временного мониторинга процессов твердения [4,5].

В данной работе приведены результаты термодинамического анализа гидратации цемента в присутствии органоминерального комплекса добавок – модифицированного ПАВ и реакционноспособных дисперсных минеральных компонентов высокой пуццолановой активности [6–8].

Характеристика материалов и методика эксперимента. Суперпластификатор (СП) является продуктом коксохимии – сульфированной при 150–170°C смеси полициклических радикалов ароматических углеводородов типа полиарилсульфонсульфоната марки САС-2. Добавка содержит 50–60% активного вещества, 20–25% солей неконденсированных сульфокислот и 20–25% сульфата натрия.

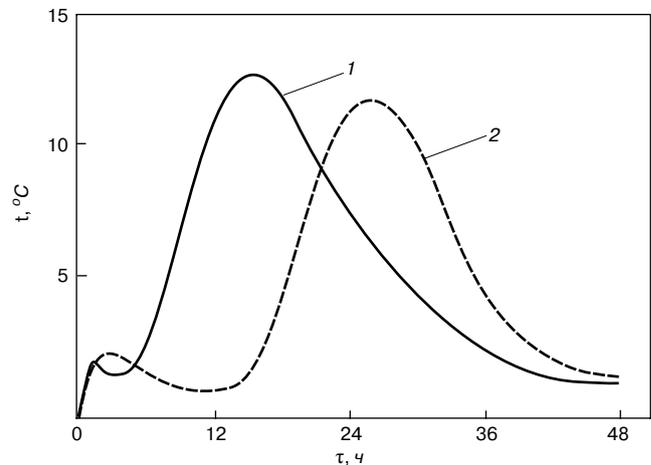
Дисперсные пуццолано-активные компоненты: МК – микрокремнезем конденсированный марки МК-85 Челябинского металлургического комбината плотностью 2200 кг/м³; средний радиус частиц 0,2 мкм; площадь удельной поверхности 2000 м²/кг; содержание аморфного SiO₂ до 90%; ВП – пепел стекловидный вул-

канический месторождения Пойлу (Азербайджан), состоящий в основном из аморфизированных SiO₂ – до 70% и Al₂O₃ – 15%, щелочесодержащих оксидов – до 10%, ППП – 5%; ТР – трасс-цеолитовая горная порода Таузского месторождения, состоящая из водных алюмосиликатов щелочно-земельных элементов.

Составы комплексных добавок приведены в табл. 1. САС-2 в соответствии с технологическим регламентом вводился в количестве 2% от массы цемента, минеральные добавки – из расчета замены 15% цемента. Минеральный состав цемента Карадагского завода (Азербайджанская Республика), %: 3CaO·SiO₂ – 67,4; 2CaO·SiO₂ – 10,7; 3CaO·Al₂O₃ – 5,5; 4CaO·Al₂O₃·Fe₂O₃ – 10,6. Песок мелкозернистый, модуль крупности ≈ 1.

Эксперименты проведены на твердеющих цементно-песчаных растворах (1:3) с фиксированием температуры твердения образцов, помещенных в полуадиабатический калориметр термосного типа при температуре окружающей среды 24±3°C (В/Т=0,5; масса 250 г). Образцы устанавливались в калориметр сразу после перемешивания раствора. Эксперимент компьютеризирован, с автоматическим фиксированием температурной зависимости $t=f(\tau)$ и температурно-временного показателя – $t_{\tau}=f(\tau)$.

Обсуждение результатов. Суперпластификаторы, применяемые в современных бетонах и сухих строительных смесях, это, как правило, эффективные ПАВ на основе полинафталин- и полиметилсульфонатов, акрилат- и карбоксилсодержащих полимеров. Функциональная эффективность их применения основана на электростатическом и/или стерическом механизмах действия. На зернах цемента и гидратном



Характерное влияние СП на температурные зависимости твердения цементного раствора: 1 – без добавки; 2 – с добавкой СП

Таблица 1

Сокращенное название	Соотношение минеральных компонентов		
	МК	ВП	ТР
ОМ1	1	0	0
ОМ2	1	1	0
ОМ3	1	0	1

Таблица 2

№	Содержание САС-2, %	Индукционный период t_i , ч	Время достижения Δt_{\max} , ч	Δt_{\max} , °C	$t_{\tau 24}$, °C·ч	$t_{\tau 48}$, °C·ч
1	–	1,8	9,2	10,2	116	144
2	0,5	2	8,8	11,8	127	150
3	1	2,2	8,7	12,6	127	145
4	1,5	2,8	9,1	14,1	124	139

Таблица 3

№	Комплексная добавка	Индукционный период t_i , ч	Время достижения Δt_{\max} , ч	Δt_{\max} , °C	$t_{\tau 24}$, °C·ч	$t_{\tau 48}$, °C·ч
1	–	1,8	8,5	12	126	157
2	OM1	1,8	7,5	13,5	122	143
3	OM2	2,7	8,1	13	120	138
4	OM3	2,5	7,8	12,5	118	137

новообразованиях формируется адсорбционная пленка, что приводит к торможению начальной гидратации, снижению поверхностного натяжения на границах твердое – жидкость, улучшению и длительному сохранению реологических характеристик цементных и бетонных смесей, а главное, к значительному (до 40%) водоредуцированию.

Замедление гидратации и набора прочности – далеко не всегда желательный эффект. Известны попытки изменения «молекулярного дизайна» структуры полимерных цепей, химического модифицирования ПАВ с целью устранения этого явления. Соединение САС-2, как показано в [6], обладает ярко выраженной гидрофильностью и высокой водоредуцирующей способностью.

Особенности влияния большинства СП, выражающиеся в торможении гидратации, четко отражаются на зависимостях скорости тепловыделения $dQ/dt=f(\tau)$ и температурных зависимостях – $t=f(\tau)$ (см. рисунок). Растет продолжительность индукционного периода, замедляется проявление и снижается величина основного экзотермического эффекта. В [4] зафиксирована возможность удлинения индукционного периода в прямо пропорциональной зависимости от степени поликонденсации полинафталинсульфоната более 250 ч вследствие адсорбционных явлений на зернах цемента и на гидратных новообразованиях.

Добавка САС-2 является, по данным [6–7], сильнодействующим пластификатором, который не снижает начальной прочности. Это объясняется наличием в его составе олигомерных соединений с высоким содержанием гидрофильных групп и типичного ускорителя – сульфата натрия.

Результаты анализа температурных и температурно-временных зависимостей (табл. 2) подтверждают ожидаемую в [6–7] специфику влияния САС-2 на ранние стадии твердения цемента. Незначительно (от 1,8 до 2–2,8 ч) возрастает продолжительность индукционного периода. Время наступления температурных максимумов сокращается для твердеющих образцов с добавкой в интервале 9,2–8,8 ч. Одновременно растет их абсолютное значение, от 10,2 до 11,8–14,1°C. Интенсифицирующее влияние добавки отмечается даже в возрасте 24 ч. Следует указать на соответствие данных термокинетического анализа результатам испытаний физико-механических свойств бетонной смеси и бетона, полученных авторами [6–7].

Анализ влияния органоминеральных добавок с различными высокодисперсными компонентами показал (табл. 3), что вид минеральной составляющей не влияет

на кинетику ранней гидратации цемента. Различна только длительность индукционного периода гидратации составов с трассом и вулканическим пеплом, которая увеличивается в 1,5 раза. Снижение температурно-временных показателей всех составов с добавками после 24 ч твердения обусловлено заменой части цемента минеральным компонентом (наблюдение характерно лишь для изучаемых в данной работе комплексных добавок).

Выводы. С помощью температурно-временного мониторинга экспериментально доказано, что органоминеральный комплекс, состоящий из суперпластификатора САС-2 и дисперсных минеральных компонентов пуццоланового действия, в отличие от традиционных добавок подобного типа не замедляет скорость и полноту начальных стадий гидратационного взаимодействия в системе цемент – вода. Таким образом показаны возможности обеспечения функциональной эффективности использования органоминеральной добавки в бетонах с высокими требованиями к ранней прочности.

Ключевые слова: суперпластификатор, минеральный компонент, комплексная добавка, полудиабатический калориметр.

Список литературы

1. Neville A.M. Właściwości betonu. Wyd. 5. Krakow: Wydawnictwo Polski Cement, 2012. 931 s.
2. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашиников В.И. Модифицированные высококачественные бетоны. М.: АСВ, 2006. 368 с.
3. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кардумян Г.С. Новые модифицированные бетоны. М.: Навруз, 2010. 258 с.
4. Ушеров-Маршак А.В. Селективность действия химических добавок на процессы твердения цементов // Неорганические материалы. 1999. Т. 35. № 12. С. 1531–1534.
5. Ушеров-Маршак А.В. Кабусь А.В. Калориметрический мониторинг ранних стадий твердения цементов в присутствии добавок // Неорганические материалы. 2013. Т. 49. № 4. С. 449–452.
6. Гувалов А.А. Управление структурообразованием цементных систем с полифункциональными суперпластификаторами // Техника и технология силикатов. 2011. Т. 18. № 3. С. 24–27.
7. Гувалов А.А., Кузнецова Т.В. Влияние модификатора на свойства цементных суспензий // Строительные материалы. 2013. № 8. С. 86–88.

Б.Я. ТРОФИМОВ, Л.Я. КРАМАР, доктора техн. наук, К.В. ШУЛДЯКОВ, магистр, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск)

Влияние количества шлака в цементе на морозостойкость тяжелого бетона

Стойкость и прочность тяжелого бетона зависят от особенностей и состава цементного камня, тонкими прослойками скрепляющего заполнителя в единый конгломерат. Наиболее плотным и прочным камень формируется из слабо закристаллизованного цементного геля, связывающего составляющие компоненты бетона [1]. Для формирования такой структуры цементного камня наиболее приемлемы цементы с активными минеральными добавками (АМД), которые взаимодействуя с гидроксидом кальция, формирующимся при гидратации цемента, повышают содержание и стабильность цементного геля. В настоящее время мировая тенденция — увеличение доли цементов с АМД.

Самой распространенной разновидностью таких цементов является шлакопортландцемент, в котором содержание гранулированного шлака может достигать 80% и более от массы цемента. По EN 197-1 «Cement. Composition, specifications and conformity criteria for common cements» гранулированный доменный шлак с отношением $(\text{CaO} + \text{MgO})/\text{SiO}_2 > 1$ должен содержать не менее 2/3 по массе стекловидного шлака и обладает гидравлическими свойствами, когда он должным способом активирован.

В [2] показано, что нормальные условия твердения бетонов на шлакопортландцементе в течение 28 сут не обеспечивают формирования морозостойких структур цементного камня, если удельная поверхность ($S_{уд}$) шлаковой составляющей вяжущего ниже $500 \text{ м}^2/\text{кг}$ или ее содержание более 70% от массы вяжущего. В то же время применение шлакопортландцемента позволяет получать бетон после тепловлажностной обработки с большей морозостойкостью, несмотря на меньшую начальную прочность по сравнению с бетоном на портландцементе, твердевшим в тех же условиях.

При твердении шлакопортландцемента гидратирующиеся первыми клинкерные частицы образуют гидросиликатный гель, обволакивающий зерна шлака и клинкера. При этом жидкая фаза цементного камня, представленная гипсоизвестковым раствором, способствует возбуждению гидравлической активности шлака. Из высокоосновного гидросиликата, образующего оболочку вокруг зерен шлака, растворяется известь и на месте первичного гидрата остается аморфизированная пленка, обогащенная глиноземом и кремнеземом. Образовавшийся гидратный гель весьма устойчив во времени и при благоприятных условиях очень медленно кристаллизуется.

Гидросиликатный гель со временем постепенно уплотняется за счет поглощения извести, что приводит к росту плотности и прочности цементного камня. Из-за меньшего содержания извести в шлакопортландцементном камне этот процесс идет медленнее, чем для портландцементного камня.

Тепловлажностная обработка является благоприятным режимом твердения шлакопортландцемента, при котором благодаря активизации шлака образуется дополнительное количество продуктов гидратации, повышается плотность гелевидной структурной составляющей типа C-S-H(I), формируется мелкодисперсная структура цементного камня. Связывание извести шлаком в гелевид-

ные гидросиликаты придает бетону способность релаксировать напряжения при фазовых переходах поровой жидкости в процессе замораживания [3]. Это создает предпосылки для получения бетона на шлакопортландцементе высокой морозостойкости, и что особенно важно, прошедшего тепловлажностную обработку, которая снижает морозостойкость бетона на портландцементе примерно в два раза по сравнению с результатами испытания образцов бетона нормального твердения.

Основные технологические приемы повышения морозостойкости бетона в настоящее время сводятся главным образом к снижению открытой пористости. При одинаковой капиллярной пористости морозостойкость может изменяться в 2–3 раза — таково влияние структурных особенностей цементного камня, которые можно формировать введением активных минеральных и поверхностно-активных добавок, способствующих получению коллоидно-дисперсной структуры цементного камня.

Цель настоящей работы — исследовать влияние содержания шлака в цементе на прочность и морозостойкость бетона.

Использовались следующие материалы:

- песок кварцевый с модулем крупности 2,11, плотностью $2620 \text{ кг}/\text{м}^3$, насыпной плотностью $1580 \text{ кг}/\text{м}^3$, отмучиваемых примесей 2,6%, водопотребностью 8,4%;
- гранодиоритовый щебень составлялся из фракций 3–10 и 10–20 мм в соотношении 2:3, обеспечивающем максимальную насыпную плотность смеси фракций; плотность зерен щебня $2660 \text{ кг}/\text{м}^3$, насыпная плотность $1460 \text{ кг}/\text{м}^3$, пустотность 43%, водопоглощение 2,56%; отмучиваемых примесей 1,1%.
- цементы применялись с одинаковым химическим и минералогическим составами клинкерной и шлаковой составляющих: в ПЦ400 Д-20 содержится 19% доменного граншлака с $M_o = 0,89$, $(\text{CaO} + \text{MgO})/\text{SiO}_2 = 1,165$; в ШПЦ 400 — 36%; в ШПЦ 300 — 49%, что приводит к различию их свойств.

С увеличением содержания шлака в цементе водопотребность и сроки схватывания изменяются незначительно, а снижение прочности при сжатии и изгибе происходит непропорционально введенному количеству шлака: введение шлака наиболее интенсивно снижает прочность при сжатии цемента, твердевшего при 20°C , тогда как прочность при сжатии пропаренных образцов и прочность при изгибе снижается меньше, например через 3 сут твердения при 20°C снижение $R_{сж}$ составило 39 и 68%, а $R_{изг}$ — 25 и 29% для ШПЦ 300 и 400 — по сравнению с ПЦ 400.

Для определения свойств бетона изготавливались образцы с варьированием В/Ц, доли песка в смеси заполнителей, а также температуры и продолжительности тепловлажностной обработки, эти вариации повторялись при использовании трех разновидностей цемента.

Изменение удобоукладываемости бетонной смеси производилось за счет варьирования количеством и качеством цементного теста. Образцы формовались на стандартной виброплощадке, при жесткости бетонной смеси свыше 30 с при уплотнении применялся пригруз интенсивностью $0,4 \text{ н}/\text{см}^2$, контролируемым парамет-

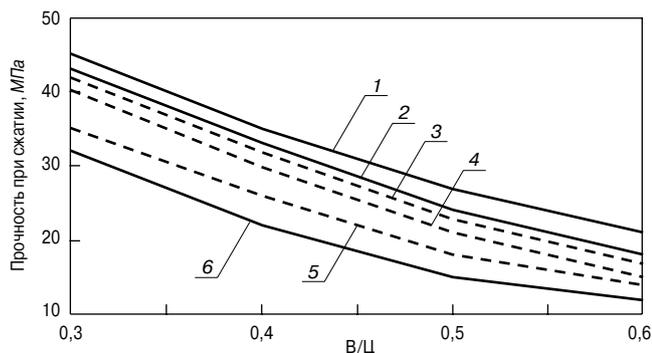


Рис. 1. Прочность бетона при сжатии через 28 сут в зависимости от В/Ц, вида цемента и условий твердения: 1 – ПЦ 400 (н. т.); 2 – ШПЦ 400 (н. т.); 3 – ШПЦ 400 (проп.); 4 – ПЦ 400 (проп.); 5 – ШПЦ 300 (проп.); 6 – ШПЦ 300 (н. т.)

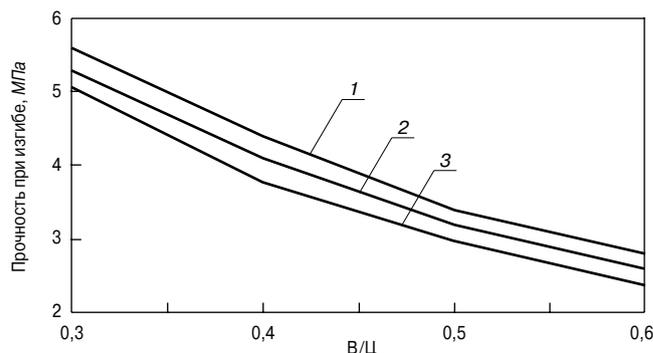


Рис. 2. Зависимость прочности бетона при изгибе через 7 сут после тепловлажностной обработки от В/Ц: 1 – ШПЦ 300; 2 – ШПЦ 400; 3 – ПЦ 400

ром являлся коэффициент уплотнения бетонных смесей, который был не менее 0,98. При назначении режимов тепловлажностной обработки (ТВО) принималось время предварительной выдержки 1 ч, скорость подъема температуры 15°С/ч, время охлаждения образцов в камере тепловой обработки 2 ч. Температура изотермической выдержки при пропаривании бетона на портландцементе в пределах 60–85°С, на шлакопортландцементе – 70–95°С; продолжительность изотермической выдержки при пропаривании образцов бетона варьировалась в пределах 8–16 ч.

Усредненные зависимости прочности образцов бетона при сжатии и изгибе от В/Ц приведены на рис. 1, 2.

Прочность бетона на ШПЦ 300 возрастает с увеличением продолжительности и температуры тепловлажностной обработки. После пропаривания прочность бетона интенсивно увеличивается, а к марочному возрасту превосходит прочность непосредственно после тепловлажностной обработки в 1,5–2 раза. Варьирование принятых переменных позволяет получать прочность бетона в марочном возрасте от 8 до 39 МПа.

Скорость прохождения ультразвуковых волн также возрастает с увеличением продолжительности твердения бетона после тепловлажностной обработки. Это свидетельствует об уплотнении бетона продуктами гидратации вяжущего, твердение которого интенсивно продолжается. Повышается и прочность при изгибе, что позволяет предполагать повышенную трещиностойкость и адгезионную прочность цементного камня – следствие повышенного содержания гидросиликатного геля в составе продуктов гидратации вяжущего.

Прочность на осевое растяжение при раскалывании составляет, как правило, менее 10% от прочности при сжатии и значительно (до двух и более раз) ниже прочности на растяжение, вычисленной по результатам испытания бетонных призм на изгиб. Повышение плотности бетона приводит к росту прочности при изгибе и осевом растяжении.

Для образцов на ШПЦ 400 также характерно интенсивное нарастание прочности после тепловлажностной обработки, в марочном возрасте прочность пропаренных образцов практически равна прочности образцов бетона воздушно-влажного твердения, что подтверждает благоприятное влияние пропаривания на процессы гидратации шлакопортландцемента.

Прочность бетона на растяжение при изгибе и на осевое растяжение при раскалывании увеличивается с понижением В/Ц и возрастанием продолжительности и температуры пропаривания. Прочность на растяжение при раскалывании значительно меньше отличается (по сравнению с результатами испытания образцов бетона на ШПЦ 300) от вычисленных значений по результатам испытания прочности бетона при изгибе.

Прочность бетона на ПЦ 400 при сжатии через 28 сут после тепловой обработки превышает марочную прочность образцов воздушно-влажного твердения только в том случае, когда они прошли пропаривание при пониженных температурах изотермической выдержки. Аналогично изменяется и скорость прохождения ультразвуковых колебаний через бетонные образцы. Прочность образцов бетона на растяжение при изгибе, как правило, на 10–12% ниже, чем для образцов бетона аналогичного состава на ШПЦ 400.

Сравнение результатов испытания образцов на различных цементах показывает, что непосредственно после пропарки прочность при сжатии бетона на ШПЦ 300 ниже, чем на других вяжущих. Удлиненные режимы пропаривания при максимальной температуре позволяют получать наибольшие приросты прочности бетона на ШПЦ 300. Прочность бетона на ШПЦ 400 и ПЦ 400 незначительно отличается при различных В/Ц, хотя преимущество бетона на ПЦ 400 более ощутимо при коротких режимах пропаривания.

Через 7 сут после пропарки прочности при сжатии бетона на ШПЦ 400 и ПЦ 400 мало отличаются, а на ШПЦ 300 становится меньше, хотя разница существенно снижается по сравнению с образцами, испытанными сразу после пропарки. Так, если сразу после ТВО разница в прочности бетона на ШПЦ 300 и ПЦ 400 составила 6–7 МПа при высоких значениях В/Ц (0,5–0,6), а при низких (0,35–0,45) достигала 17–19 МПа, то через 7 сут после пропаривания разница соответственно была 3–4 и 8–10 МПа. Набор прочности после ТВО образцами бетона на ШПЦ 300 протекает более интенсивно, чем на других вяжущих, и к 28 сут, после пропаривания она выше, чем у образцов, твердевших в нормальных условиях. Для образцов на ШПЦ 400 и ПЦ 400 прочность пропаренного бетона через 28 сут, как правило, ниже, чем прочность нормально твердевших образцов, и только для низкотемпературных режимов пропарки она может превосходить прочность нормально твердевших образцов бетона. Нужно отметить, что к 28 сут значительно уменьшается влияние режима тепловой обработки бетона на его прочность.

При сопоставлении прочности при изгибе образцов бетона на исследуемых вяжущих через 7 сут после ТВО прослеживается тенденция к ее увеличению с ростом количества шлака в цементе. Повышенное содержание кристаллической структурной составляющей цементного камня, характерное для образцов бетона на ПЦ 400, приводит к снижению трещиностойкости за счет большей концентрации напряжения при изгибе.

Испытания морозостойкости образцов бетона на разных цементах проводились непосредственным циклическим замораживанием при температуре $-20 \pm 3^\circ\text{C}$ в течение 4 ч с четырехчасовым оттаиванием в воде при

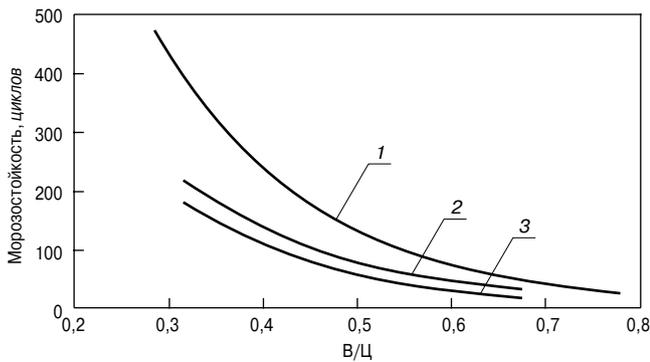


Рис. 3. Изменение морозостойкости пропаренных образцов бетона на цементах с различным содержанием шлака: 1 – ШПЦ 300; 2 – ШПЦ 400; 3 – ПЦ 400

18±3°С. Стойкость бетона контролировалась по изменению скорости прохождения ультразвуковых колебаний через каждые 20 циклов. При заметном уменьшении скорости прохождения УЗК и появлении внешних признаков разрушения (скругление граней и углов образцов, шелушение поверхности, появление трещин) проводились испытания прочности при сжатии водонасыщенных контрольных и циклически замораживаемых образцов. Эти испытания повторялись также через последующие 25–50 циклов для определения числа циклов, соответствующего определенному падению прочности замораживаемых образцов по сравнению с прочностью контрольных образцов бетона. Точное количество циклов подсчитывалось методом линейной интерполяции (рис. 3).

Испытания выявили устойчивое повышение морозостойкости бетона, прошедшего тепловлажностную обработку, с увеличением количества шлака в составе цемента. Пропаривание бетона на ШПЦ 300 позволяет до двух раз увеличивать морозостойкость бетона по сравнению с образцами бетона на ПЦ 400 Д-20.

Из полученных результатов следует, что фактор В/Ц, определяющий капиллярную пористость бетона, является наиболее влияющим на морозостойкость; уменьшение В/Ц как за счет уменьшения количества воды затворения, так и за счет повышения количества цемента при постоянном расходе воды наиболее интенсивно повышает морозостойкость на ШПЦ 300.

При низком количестве воды затворения повышенная доля песка в пределах $r = 0,38–0,54$ в меньшей мере способствует увеличению морозостойкости бетона, чем при повышенном расходе воды для бетонов на шлакопортландцементах. На портландцементах увеличение доли песка снижает морозостойкость бетона при повышении температуры и продолжительности пропаривания, а при низкотемпературной продолжительной пропарке повышает морозостойкость бетона. Вероятно, это связано со склонностью портландцементного камня при повышенных температурах тепловлажностной обработки образовывать более закристаллизованные структуры гидратных фаз, причем степень закристаллизованности увеличивается с понижением величины В/Ц. Поэтому повышение расхода песка приводит к понижению истинного В/Ц цементного камня, что при низком количестве воды затворения интенсифицирует кристаллизацию продуктов гидратации и заметно снижает морозостойкость бетона. При низкотемпературной пропарке и повышенном количестве воды затворения увеличение количества песка способствует росту морозостойкости бетона и на портландцементе.

Повышение температуры и длительности пропаривания приводит к понижению морозостойкости бетона на портландцементе. С увеличением количества шлака

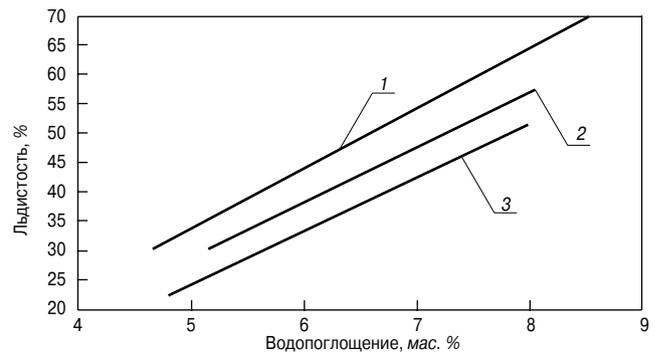


Рис. 4. Льдистость бетона на цементах с различным содержанием шлака: 1 – ПЦ 400; 2 – ШПЦ 400; 3 – ШПЦ 300

в цементе отрицательное влияние исследуемых параметров режима ТВО на морозостойкость бетона уменьшается. Для образцов бетона на шлакопортландцементе М300 повышение температуры пропаривания с 70 до 95°С повышает морозостойкость бетона, причем максимальные значения морозостойкости соответствуют 8-часовой изотермической выдержке.

При повышенных значениях В/Ц (более 0,5) морозостойкость бетона на различных цементах меняется незначительно, разброс значений морозостойкости под влиянием остальных исследуемых факторов не превышает 10–23 цикла. Особенно существенно вид цемента сказывается на морозостойкости бетона при В/Ц не более 0,45. На рис. 4 приводятся значения льдистости бетона, определенной при –20°С dilatометрическим способом. При одинаковой степени водонасыщения льдистость пропаренных образцов бетона на шлакопортландцементе ниже, чем на портландцементе.

Льдистость бетона является комплексной характеристикой пористости, характеризующей объем макрокапилляров, в которых вода переходит в лед при заданной температуре. Низкое значение показателя льдистости образцов бетона на ШПЦ 300 при водонасыщении под вакуумом является следствием большего объема гелевых пор, в которых вода не замерзает и обладает способностью к адсорбционной контракции при охлаждении, снижая степень заполнения макрокапилляров замерзающей водой.

Аппроксимирующая функция зависимости морозостойкости бетона от показателя льдистости, полученная ранее авторами:

$$M_{рз} = 45(120/i - 1)^2,$$

где $M_{рз}$ – количество циклических замораживаний по стандартной процедуре ГОСТ 10060.1 «Бетоны. Базовый метод определения морозостойкости»; i – льдистость в долях единицы – отношение массы льда к массе испаряемой при 105°С воды достаточно точно описывает экспериментальные значения морозостойкости бетона на портландцементе и шлакопортландцементе: средняя квадратичная погрешность составляет 21,8 цикла, наибольшие отклонения в сторону большей морозостойкости до 80–100 циклов дают пропаренные образцы бетона на ШПЦ 300. Это подтверждает, что помимо характеристик пористости бетона на его морозостойкость оказывают влияние особенности структуры продуктов гидратации, их деформативность, способность релаксировать напряжение и сохранять эту особенность длительное время при циклических воздействиях.

Для оценки деформативности бетона производились испытания модуля упругости образцов бетона через 7 сут после пропаривания (рис. 5).

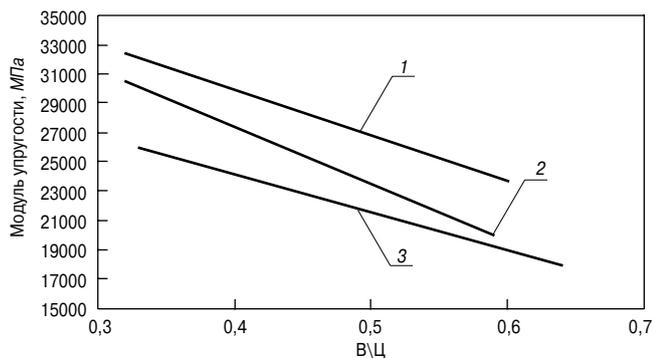


Рис. 5. Изменение модуля упругости пропаренных образцов бетона на цементах с различным содержанием шлака: 1 – ПЦ 400; 2 – ШПЦ 400; 3 – ШПЦ 300

С увеличением содержания шлака в цементе и при повышении В/Ц происходит снижение начального модуля упругости бетона. Так как заполнители использовались постоянного качества, снижение модуля упругости бетона является следствием повышения деформативности цементного камня, в котором переменной величиной являются количество продуктов гидратации, степень закристаллизованности и пористость. Для образцов бетона на ШПЦ 400 уменьшение значений модуля упругости составило 10–12%, а для образцов бетона на ШПЦ 300 – до 22% по сравнению с образцами бетона на ПЦ 400 Д-20 при одинаковых величинах исходных В/Ц.

При циклическом замораживании модуль упругости, так же как и прочность при сжатии, изменяется неоднозначно: до 50–100 циклов возрастает, а затем интенсивно снижается вследствие процессов старения геля и микротрещинообразования. Для образцов на портландцементе огрубление цементного геля и образование микротрещин происходит после меньшего числа циклов по сравнению с бетоном на ШПЦ.

Возникающие при циклическом замораживании напряжения приводят к деформациям бетона, изменяющим его плотность при микротрещинообразовании. Характер изменения плотности при циклическом замораживании можно проследить по изменению скорости прохождения ультразвуковых колебаний через образцы бетона постоянного состава, изготовленные на различных цементах (рис. 6). Скорость прохождения УЗК через бетон изменяется незначительно при отсутствии повреждений в процессе циклических испытаний морозостойкости; перед разрушением, как правило, отмечается ее увеличение до 10% скорости УЗК, после чего следует ее резкое падение.

Такой характер изменения скорости УЗК совпадает с изменением прочности при сжатии цементного камня и бетона и вызван старением цементного геля и началом микроразрушений цементного камня, под влиянием которых интенсифицируется гидратация непрореагировавших цементных остатков. Появление дополнительного количества продуктов гидратации повышает плотность, прочность и скорость УЗК. Однако дальнейшее увеличение числа циклических замораживаний приводит к развитию трещин и разрушению бетона. Для образцов с высокими В/Ц > 0,5 при принятой периодичности замера скорости УЗК – через 25 циклов отмечается ее падение уже после первого измерения. Вероятно, этап начала микротрещинообразования и «всплеск» гидратации происходят при меньшем, чем 25, числе циклических замораживаний. Снижение исходного В/Ц образцов бетона приводит к тому, что скорость прохождения УЗК остается постоянной при большем числе циклов.

Деформации водонасыщенных образцов бетона определялись на кварцевом dilatометре при первом замораживании до -50°C и после 10, 20 и 40 циклов испы-

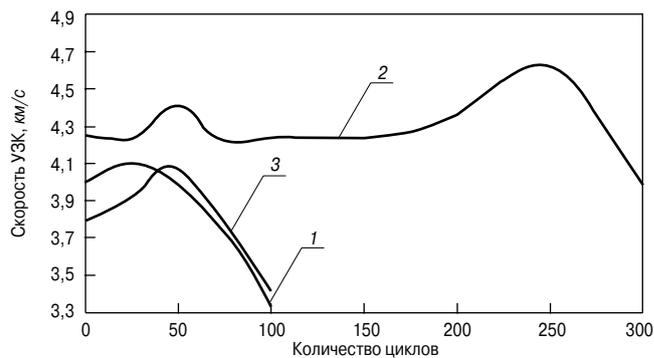


Рис. 6. Изменение скорости прохождения УЗК при циклическом замораживании бетона: 1 – ПЦ 400 (В/Ц 0,433); 2 – ШПЦ 300 (В/Ц 0,433); 3 – ШПЦ 400 (В/Ц 0,45)

тания морозостойкости. На рис. 7 приведены результаты определения величины быстрого увеличения («скачка») деформаций расширения вследствие спонтанного льдообразования в макрокапиллярах насыщенных водой пропаренных образцов бетона на портландцементе ПЦ 400 Д-20 и шлакопортландцементе ШПЦ 400.

Образцы с исходным В/Ц 0,51 на обоих разновидностях цементах разрушились после 10 циклов. Величина «скачка» деформаций для бетона на шлакопортландцементе значительно больше, чем на портландцементе, что говорит о большей льдистости и деформативности этих образцов. При В/Ц 0,45 разрушение образцов на портландцементе отмечено после 20 циклов, а для всех оставшихся образцов разрушение не зафиксировано и после 40 циклов, хотя увеличение деформаций произошло, что объясняется увеличением объема макропор и льдистости бетона.

Для экспериментального определения оптимальной дозировки шлака в цементе, при которой обеспечивается наибольшая морозостойкость бетона, были приготовлены в лабораторной шаровой мельнице цементы, содержащие от 0 до 90% граншлака, совместным помолом клинкера, кислого гранулированного доменного шлака и двуводного гипса. Введение 22,5% шлака в состав вяжущего не ухудшает его свойств, при 45% шлака на 10% снижается прочность при сжатии и незначительно (на 1,5%) при изгибе. Введение 67,5% и более шлака резко (более чем в два раза) снижает активность цемента, что, вероятно, связано с недостаточным количеством активизатора ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), необходимого для возбуждения гидравлической активности шлака.

Морозостойкость бетона определялась испытанием образцов кубов с ребром 100 мм, которые пропарива-

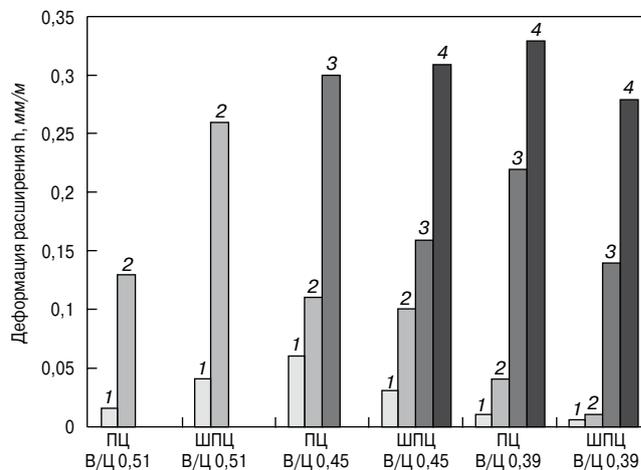


Рис. 7. Деформации расширения образцов бетона после первого (1) замораживания и после 10 (2), 20 (3), 40 (4) циклов испытаний

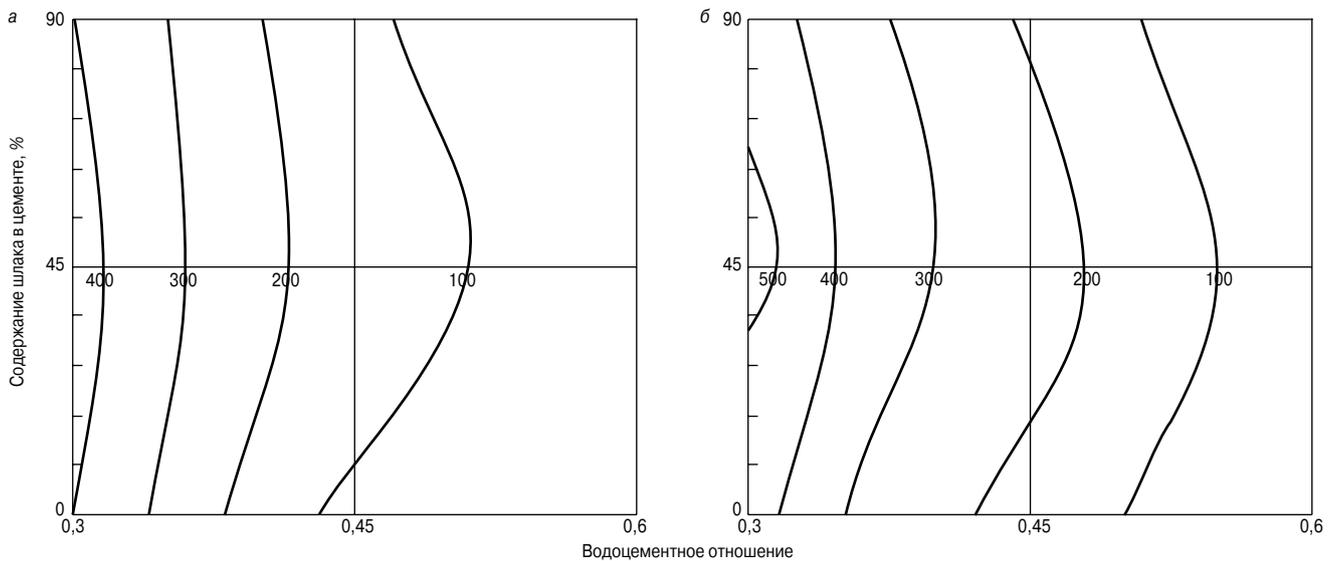


Рис. 8. Изолинии морозостойкости бетона на цементах с различным содержанием шлаков: а – без добавок; б – с добавками 0,7% СП-1 + 0,02% СНВ

лись по режиму 4+4+8+2 при температуре изотермической выдержки 85°C для образцов на чистоклинкерном цементе и 95°C при введении шлака в состав цемента. Насыщение образцов водой проводилось в течение 4 сут, через 7 сут после пропарки образцы подвергались циклическому замораживанию по основному способу в соответствии с ГОСТ 10060.1. Обобщенные результаты испытаний приведены на рис. 8.

Из полученных данных следует, что максимальная морозостойкость фиксируется для образцов на цементе, содержащем 45–50% шлака при различных В/Ц и добавках. Даже при содержании шлака в цементе 90% могут быть получены бетоны с морозостойкостью до 400 и более циклов. Проведены испытания водонасыщенных образцов бетона на ШПЦ 300 и ПЦ 400 Д-20 Коркинского завода ОАО «Уралцемент» (Челябинская обл.) при циклическом замораживании до –50°C.

Для изготовления образцов применяли два состава бетона: с В/Ц 0,389 и соотношении твердых составляющих 1:1,56:2,61 по массе и с В/Ц 0,51 при соотношении компонентов 1:1,51:2,46; расход цемента принимался постоянным – 450 кг на 1 м³ бетонной смеси. Образцы кубы с ребром 100 мм формовались на стандартной виброплощадке и твердели в течение 24 сут в воздушно-влажностных условиях при 20°C сразу после изготовления или 3 сут в этих условиях после пропаривания по режиму 2+4+8+3 с температурой изотермической выдержки 85°C для образцов на портландцементе и 95°C – на шлакопортландцементе. Перед циклическим замораживанием образцы насыщались в течение 4 сут водой, контрольные образцы хранились в камере нормального твердения и испытывались одновременно с циклически замораживаемыми в водонасыщенном состоянии.

Циклическое замораживание при –50°C показало, что особых отличий в стойкости образцов бетона на испытанных цементах нет. Для образцов с исходным В/Ц 0,51 отмечается уже после 5 циклов существенное падение прочности, достигающее при использовании обоих разновидностей цемента 10–15% от прочности перед началом испытания. Снижение В/Ц до 0,389 приводит к превышению прочности замораживаемых над прочностью контрольных образцов на шлакопортландцементе до 30 циклов. Проведенные испытания показывают, что образцы бетона на шлакопортландцементе сопротивляются низкотемпературному циклическому замораживанию лучше, чем бетон на портландцементе. Пропаренные образцы на вяжущем с добавкой шлака

показывают меньшую скорость разрушения, чем образцы нормального твердения.

Выводы:

- гидратация шлакопортландцементов при повышенной температуре и влажности протекает с образованием более устойчивых при циклическом замораживании, чем при твердении портландцемента, продуктов коллоидной степени дисперсности, увеличивающих вязкость разрушения бетона;
- шлакопортландцементы с применением кислых доменных шлаков позволяют получать бетоны с прочностью при сжатии не ниже марки цемента, причем после тепловлажностной обработки скорость набора прочности бетона на шлакопортландцементе выше, чем на портландцементе. Характерной особенностью бетона на шлакопортландцементе после ТВО является повышение до 50% прочности на осевое растяжение и на растяжение при изгибе с увеличением количества шлака в цементе;
- выявлено, что увеличение количества шлака от 20 до 50% в составе шлакопортландцемента приводит к устойчивому повышению морозостойкости пропариваемого бетона, которая может достигать марок F300–400 и более и до двух раз превышать морозостойкость пропаренного бетона на портландцементе, в том числе при циклическом замораживании при –50°C;
- наибольшая морозостойкость – выше марки F 400 отмечается для пропаренных бетонов на шлакопортландцементе, содержащем 45–50% шлака.

Ключевые слова: шлак, бетон, тепловлажностное твердение, прочность, морозостойкость.

Список литературы

1. Кузнецова Т.В., Самченко С.В. Микроскопия материалов цементного производства. М.: МИКХиС, 2007. 304 с.
2. Трофимов Б.Я. Регулирование морозостойкости бетона на шлакопортландцементе. Популярное бетоноведение. № 5. 2009. С. 34–44.
3. Трофимов Б.Я., Крамар Л.Я. Механизм «старения» гидратных фаз цементного камня при циклическом замораживании. Популярное бетоноведение. № 3. 2009. С. 69–83.

В издательстве «Стройматериалы» вы можете приобрести специальную литературу

Учебное пособие «Химическая технология керамики»

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., Пиц И.В.

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

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

Книга «Технология производства стеновых цементно-песчаных изделий»

Авторы – Балакшин Ю.З., Терехов В.А.

Описано производство и применение стеновых материалов методом вибропрессования из цементно-песчаных бетонов. Рассмотрена существующая и перспективная номенклатура изделий и их свойства. Даны характеристики сырьевым материалам – песку, щебню, вяжущим и химическим добавкам, и рекомендации по подбору состава бетонной смеси. Подробно представлена технология производства цементно-песчаных вибропрессованных стеновых изделий. Особое внимание уделено технологическому контролю на производстве и техническому контролю и обслуживанию оборудования. Книга предназначена для организации производственно-технического обучения на предприятии, будет полезна инженерно-техническому персоналу и широкому кругу специалистов.

Книга «Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки»

Автор – Ищук М.К.

Обобщен отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки. Показана история проектирования и строительства таких зданий. На конкретных примерах зданий, возведенных в конце 1990-х гг. рассмотрены различные дефекты наружных стен с лицевым слоем из кирпичной кладки. Приведены результаты экспериментальных и расчетно-теоретических исследований наружных облегченных стен, инженерные методы расчета различных воздействий на наружные многослойные стены и др.

Монография «Клееные деревянные конструкции с узлами на клеенных стержнях в современном строительстве (система ЦНИИСК)»

Авторы – Турковский С.Б., Погорельцев А.А., Преображенская И.П.

Система создана на основании длительных исследований (с 1974 г.), проводимых сотрудниками лаборатории деревянных конструкций ЦНИИСК, а также опыта проектирования, изготовления и применения КДК за последние 15–20 лет. Система позволяет получить большепролетные сборные конструкции повышенной надежности, в том числе уникальные.

Монография «Производство деревянных клееных конструкций»

Автор – Ковальчук Л.М.

В книге рассмотрены основные вопросы технологии изготовления ДКК, показаны области их применения, описаны материалы для их изготовления. Особое внимание уделено вопросам оценки качества, методам испытаний, приемке и сертификации клееных конструкций. В книге приведен полный перечень отечественных и зарубежных нормативных документов, регламентирующих производство и применение ДКК.



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

Костромской фанерный комбинат «Фанплит» отмечает юбилей

В 2013 г. исполняется 100 лет фанерному комбинату «Фанплит», входящему в состав группы «СВЕЗА». За это время предприятие стало одним из самых современных в фанерной отрасли с объемом производства 234 тыс. м³ в год.

Первый лист фанеры на «Фанплите» был выпущен в 1913 г. Продукция изготовлялась сырым горячим способом без просушки шпона, с высокой долей ручного труда.

В 1919 г. комбинат был передан в распоряжение Костромского совнархоза и переименован в «Красный фанерщик».

Следующие 10 лет завод находился в разлуке: отсутствие сырья, использование старого оборудования вынуждали комбинат работать с большими перебоями. И только благодаря патриотизму и трудолюбию костромичей в 1929 г. удалось восстановить производство.

В годы Великой Отечественной войны с конвейеров предприятия сходили фанера и шпон для авиационной промышленности, балинит, а также специальные ящики для упаковки снарядов. Послевоенные годы ознаменовались мощным подъемом, который продолжается по сей день. В начале 1950-х гг. были построены новые цеха, установлено самое современное на тот момент оборудование.

В 1999 г. Костромской комбинат вошел в состав группы «СВЕЗА». С тех пор идет непрерывная работа по совершенствованию производства и увеличению объема выпускаемой продукции. Открыта новая производственная площадка «Фанплит-2», где выпускают фанеру большого формата – 1220×2440 мм.

В 2007 г. в рамках инвестиционного проекта комбинат провел большую реконструкцию. Были введены в эксплуатацию установка для раскроя плит фирмы HOLZMA (Германия) и линия ребросклеивания Hashimoto (Япония).

В 2012 г. на предприятии внедрена особая система производства – СПС, благодаря которой объем выпускаемой продукции увеличился на 14%.

В настоящее время «Фанплит» производит березовую фанеру, а также древесно-стружечные плиты (ДСП/ЛДСП). Система качества предприятия сертифицирована в соответствии с требованиями: ISO 9001, FSC CoC, EN (CE-mark), BFU-100. На комбинате работают 1300 сотрудников.

Фанера, выпускаемая на предприятии, экспортируется более чем в 40 стран мира.

По материалам
пресс-службы группы «СВЕЗА»

«Красный Октябрь» поставил резательный автомат в Тулу

ПАО «Харьковский машиностроительный завод «Красный Октябрь», поставщик комплексных технологических решений для кирпичных заводов, передал Тульскому кирпичному заводу новейший резательный автомат PL 500.

Поставка комплекса PL 500 – часть крупного проекта стоимостью около 28 млн р. по практически полному технологическому перевооружению Тульского кирпичного завода. В ходе работы уже выполнена комплексная реконструкция отделения массоподготовки, для которого были поставлены современные вальцы тонкого помола, глинорастиратель, пластинчатый питатель. В рамках второго этапа по модерниза-

ции формовочного отделения, помимо автомата PL 500, в Тулу поставили еще одну новинку – пресс PL 100.

При разработке высокопроизводительного комплекса многострунной резки PL 500 конструкторы компании ориентировались на европейские образцы, такие как автомат швейцарской фирмы Freumatic AG.

Применение данного оборудования позволяет выпускать высококачественный облицовочный кирпич и клинкерный кирпич с четкими геометрическими размерами и наносить фаски на три его грани.

По материалам
ПАО «Харьковский машиностроительный завод «Красный Октябрь»

Гатчинский ССК запустил новую производственную линию

Гатчинский ССК (ПО «Ленстройматериалы» группы компаний «Ленстройтрест») запустил новую линию оборудования по производству сборных железобетонных изделий для крупнопанельного строительства домов. Запуск линии проводился в рамках второго этапа модернизации комбината, который начался еще в конце 2012 г.

Объем инвестиций в первые два этапа модернизации составил 15 млн евро. Всего в модернизацию, а она будет состоять из четырех этапов, «Ленстройтрест» собирается вложить около 25 млн евро. На третьем этапе, запланированном на 2014–2015 гг., будет приобретено оборудование для кассетного производства.

Финансовым партнером Гатчинского ССК по приобретению оборудования выступил Сбербанк России, которым была организована международная сделка по схеме постимпортного финансирования. К участию

в сделке был привлечен финский банк Pohjola Bank Plc, выдавший кредит в размере около 125 млн р. сроком на пять лет.

Всего мощности комбината рассчитаны на производство железобетонных изделий для строительства 220 тыс. м² жилья. Производство нового продукта – навесной стеновой панели для сегментов панельного, сборно-каркасного и сборно-монолитного домостроения – рассчитано на обеспечение строительства 415 тыс. м² жилья в год. Срок окупаемости новой линии, заказы на продукцию которой уже расписаны на четыре года, составит около пяти лет.

Следующим этапом перевооружения станет приобретение оборудования для кассетного производства. Модернизация позволит уйти от серийности в строительстве домов и сделать каждый проект уникальным.

По материалам
группы компаний «Ленстройтрест»

ИССЛЕДОВАНИЯ РЫНКОВ

Производство строительных материалов в Краснодарском крае продолжит активное развитие

Согласно результатам исследования «Производство строительных материалов в Краснодарском крае. Прогноз спроса до 2018 г.», в перспективе спрос на стройматериалы будет возрастать, несмотря на завершение масштабного олимпийского строительства в Сочи.

Полученные в ходе исследования данные говорят о том, что в Сочи в 2014 г. уровень спроса на бетон, нерудные строительные материалы и металлопрокат снизится на 25–30% (в 2013 г. также наблюдалось снижение объемов их потребления). Однако начиная с 2015 г. аналитики ожидают активный рост спроса на стройматериалы, который будет связан с наращиванием объемов жилищного строительства, а также со строительством санаторно-курортных объектов.

Темпы роста и объемы жилищного строительства в разных городах края отличаются, все они находятся в стадии роста и являются основными источниками потребления строительных материалов. Спрос на них будет наиболее значительным в Краснодаре и Сочи, так как

это наиболее развитые и крупные рынки недвижимости. Среднее значение по емкости спроса занимают Анапа, Геленджик и Новороссийск. Менее привлекательным является рынок сбыта Туапсинского и Ейского районов.

Например, по состоянию на конец 2013 г. совокупная потребность в бетоне в основных городах и районах Краснодарского края составит 2,8 млн м³. К 2018 г. она возрастет до 3,5 млн м³. Основными географическими рынками сбыта продукции будут являться Краснодар (потребность 1,63 млн м³ в 2018 г.), Сочи (0,89 млн м³) и Анапа (0,55 млн м³).

В условиях текущего и ожидаемого активного роста объемов строительства на Кубани происходит стабильный рост спроса и на металлические конструкции строительного назначения. Так, в кризисном 2010 г. объем производства строительных металлических конструкций увеличился в 2,4 раза по сравнению с 2006 г. К концу 2013 г. совокупная годовая потребность в металлоизделиях в основных городах и районах Краснодарского края составит 168 тыс. т. К 2018 г. она возрастет до 212 тыс. т. В Краснодаре объем спроса на данный вид продукции оценивается к 2018 г. на уровне 97,9 тыс. т, в Сочи – 53,5 тыс. т, в Анапе – 32,9 тыс. т.

Экспорт добавок в бетоны будет расти

По данным «Анализа рынка добавок к цементам, растворам и бетонам в России», предложение добавок в цементы, растворы и бетоны в России за период 2008–2012 гг. выросло на 24% – со 119 до 147,8 тыс. т. Максимальный прирост предложения наблюдался в 2012 г. – на 35,5% относительно прошлого года. Увеличение предложения прежде всего связано с ростом объема отечественного производства.

Доля производства добавок в цементы, растворы и бетоны в 2012 г. от общего объема предложения составила 62,3% (92,2 тыс. т). Доля импорта в 2012 г. составила 29,1% от общего предложения (43 тыс. т). К началу 2012 г. запасы готовой продукции на складах составили 12,6 тыс. т.

В период с 2009–2011 гг. Россия была чистым экспортером добавок в цементы, растворы и бетоны. Однако в 2008 и 2012 гг. импорт был больше экспорта. В кризисный год падения экспорта не наблюдалось.

Напротив, в 2009 г. экспорт демонстрировал максимальный прирост за отчетный период – на 4,2% относительно предыдущего года. В 2010 г. рост поставок российских добавок на внешний рынок замедлился до 2,7%. В последующие 2011–2012 гг. экспорт постепенно сокращался: сначала на 1% в 2011 г., затем на 3% в 2012 г., составив 36,2 тыс. т.

Российские добавки для бетона пользуются стабильным спросом на внешнем рынке. Страны дальнего зарубежья были основными торговыми партнерами в 2012 г., на их долю приходилось 59% экспорта отечественной продукции. Среди стран лидировала Турция, занимая 15% от общего объема экспорта, на долю Израиля и Египта приходилось по 14 и 7% соответственно. Среди стран СНГ наибольшие торговые потоки приходились на Украину – 16%, Казахстан – 12% и Азербайджан – 6%.

По оценкам аналитиков, в 2013–2017 гг. экспорт добавок в бетоны будет расти в среднем на 1,5% в год и в 2017 г. составит 39,1 тыс. т.

Рынок мембранных покрытий

В России применяется в основном рулонная гидроизоляция на основе битума, она составляет 85–90% всего рынка. Оставшиеся 10–15% занимают полимерные мембранные покрытия.

За 2012 г. производство рулонных гидроизоляционных материалов на основе битума в России уменьшилось на 1%, до 483,5 млн м². Однако по итогам I квартала 2013 г. рынок превысил докризисные показатели – уровень I квартала 2009 г. (62,5 млн м² против 57,7 млн м² в 2009 г.).

Производство рулонных гидроизоляционных материалов на основе полимеров (мембраны и геомембраны) появилось в России относительно недавно, в 2007 г. В настоящее время на рынке представлено около 20 производителей. Рост рынка мембранных покрытий совпадает с темпами роста строительного рынка, как жилищного, так и промышленного, и будет составлять 3–5% ежегодно до 2015 г. Согласно исследованию российского рынка рулонной гидроизоляции, растущий спрос в основном покрывается за счет внутреннего производства.

Лидерами по производству рулонной гидроизоляции на основе битума являются Рязанская область и Республика Башкортостан (26 и 15% всего выпуска соответственно). За 2012 г. наибольший рост производства наблюдался в Нижегородской, Владимирской и Ленинградской областях.

В 2012 г. объем рынка гидроизоляции рос в основном за счет увеличения импорта. Структура импорта в Россию в 2011 г. была следующей: 2010 тыс. м² составляли кровельные материалы на основе битума (88% импорта); 242 тыс. м² – кровельные мембраны (11%); 24 тыс. м² – геомембраны (1%). В натуральном выражении по сравнению с 2011 г. рост составил 9%. В стоимостном выражении импорт увеличился на 23%.

Экспорт из России на 100% состоит из кровельных рулонных материалов на основе битума. В 2012 г. его объем составил 54166 тыс. м², что на 15% больше объемов 2011 г. В стоимостном выражении объем экспорта составил около 103 млн дол. США и вырос по сравнению с предыдущим годом на 14%.

По материалам «РБК. Исследования рынков»

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>