

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ<sup>®</sup> №12

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЕТСЯ С 1955 г.

WWW.RIFSM.RU

ДЕКАБРЬ 2010 г. (672)



**ФИРМЫ «ИНКЕРАМ» И «САКМИ» –  
ОБЪЕДИНЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛОВ,  
ГАРАНТИРУЮЩЕЕ УСПЕХ**

# LINGL –

## ПАРТНЕР КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОЙМАТЕРИАЛОВ



Донати Латеризи с.р.л., Италия 2010

LINGL предлагает решения для всей цепочки производства изделий грубой керамики: Наши инженерные услуги, начиная с видов сырья и процессов, а также индивидуальная оптимизация оборудования и перспективные концепции производства конкурентоспособны для наших клиентов во всем мире.

Наши инновационные продукты отличаются низкими издержками производства, очень хорошим качеством

производства, превосходной энергетической эффективностью и оптимальным удобством при обслуживании. Наш сервис вносит существенный вклад в сохранение ценности Ваших машин и оборудования. Качество, компетенция и надежность создают длительные партнерства – для сохранения этих ценностей мы существуем уже более 70 лет!

LINGL – качество made in Germany

Реклама

# LINGL LIR

С НОВЫМ ГОДОМ  
И РОЖДЕСТВОМ



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

[www.lingl.com](http://www.lingl.com)

**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.  
ВЕДЕРНИКОВ Г.В.  
ВЕРЕЩАГИН В.И.  
ГОНЧАРОВ Ю.А.  
ГОРИН В.М.  
ГРИДЧИН А.М.  
ЖУРАВЛЕВ А.А.  
КОВАЛЬ С.В.  
КОЗИНА В.Л.  
КРАСОВИЦКИЙ Ю.В.  
ЛЕСОВИК В.С.  
ПИЧУГИН А.П.  
РУДЫЧЕВ А.А.  
ФЕДОСОВ С.В.  
ФИЛИППОВ Е.В.  
ХИХЛУХА Л.В.  
ЧЕРНЫШОВ Е.М.  
ШЛЕГЕЛЬ И.Ф.

**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

## Нормативная база отрасли

В.Г. ГАГАРИН, В.В. КОЗЛОВ

### Теоретические предпосылки расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций .....4

Приведены дефиниции характеристик теплозащиты ограждающих конструкций, в том числе приведенного сопротивления теплопередаче. Сравниваются два подхода к расчету приведенного сопротивления теплопередаче. Показано, что предпочтителен элементный подход, как наиболее теоретически обоснованный. Подробно рассмотрен расчет, основанный на данном подходе. Указаны способы вычисления на основе расчета температурных полей удельных потоков теплоты, обусловленных линейными и точечными элементами (теплотехническими неоднородностями). Приведена методика расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, которая иллюстрирована примером расчета.

## Керамические строительные материалы

О.А. ИВАНОВА, В.А. КЛЕВАКИН

### Минералогический анализ как основа качества керамического кирпича .....13

Представлены исследования керамического кирпича в области минералогического анализа с помощью электронного микроскопа. Такие исследования позволяют определять минералогический состав, разработать методические рекомендации по расчету минерального состава по результатам химического анализа, прогнозировать физико-механические характеристики готовой продукции. Представлены результаты исследований четырех видов строительного кирпича, выпускаемого на ОАО «Ревдинский кирпичный завод». Выявлены индивидуальные особенности микроструктуры кирпича, различный минеральный состав включений, минералогия и строение матрицы.

А.М. САЛАХОВ, Р.Р. КАБИРОВ, Р.А. САЛАХОВА, Е.С. НЕФЕДЬЕВ, О.М. ИЛЬЧИВА

### ОАО «Алексеевская керамика» на инновационном пути создания высокотехнологического производства .....16

Представлены результаты исследований, которые подтверждают, что изделия, полученные в результате обжига полиминеральных глин, модифицированных кремнистыми породами и глинами с высоким содержанием высокодисперсных карбонатов, отличаются высокими прочностными и эстетическими свойствами, что раскрывает широкие возможности для их массового производства и применения.

Б.В. ТАЛПА, В.Д. КОТЛЯР, Ю.В. ТЕРЕХИНА

### Оценка кремнистых опоковидных пород для производства керамического кирпича .....20

Изложены результаты исследований технологии производства керамического кирпича на основе опоковидных пород. Предложены критерии оценки данного сырья. Приведена технологическая схема производства.

Н.Н. УМАРОВА, Р.Г. РОМАНОВА, А.Г. МИНДЕЕВА

### Практика применения метода SPC для анализа процесса производства керамического кирпича .....23

Приведен пример использования метода SPC, включающего карты статистического управления процессом и анализ возможностей процесса, для производства керамического кирпича. Определены пути его улучшения.

Строительство нового современного завода в Италии

### «GRAL» – INDUSTRIA LATERIZI INNOVATI .....27

А.Е. БУРУЧЕНКО, С.И. МУШАРАПОВА

**Строительная керамика с использованием суглинков и отходов алюминиевого производства .....28**

Приведены результаты исследований по получению керамики с использованием отходов алюминиевого производства.

На основании изучения поведения минералов шлама газоочистки в процессе обжига установлено влияние отходов на процесс спекания керамических масс и на физико-механические свойства изделий.

**Тесnargilla-2010 (Информация) .....34**

С.М. УСОВ

**Методика расчета теплообмена в зоне обжига объемной печи .....41**

Описана методика расчета теплообмена в зоне обжига печи, которая состоит в объединении зонального метода расчета лучистого теплообмена между изотермическими поверхностями твердых тел в поглощающей и излучающей газовой средах с методом элементарных балансов решения задачи теплопроводности в твердых телах в единый компьютерный расчет. Получены графики изменения температуры условных изотермических слоев для изделий, проходящих через зону обжига.

**Гипсовые строительные материалы**

Р.З. РАХИМОВ, М.И. ХАЛИУЛЛИН

**Состояние и тенденции развития промышленности гипсовых строительных материалов .....44**

Рассмотрено современное состояние и задачи развития промышленности гипсовых строительных материалов.

Показано, что расширение выпуска гипсовых материалов позволит снизить цементоемкость строительства, обеспечить устойчивое развитие строительной отрасли и решение проблем строительства доступного жилья.

А.П. СВИНЦОВ, Ю.В. НИКОЛЕНКО, К.В. КВАРТЕНКО

**Легкий строительный материал на основе быстротвердеющих вяжущих .....47**

Показана возможность замены цемента на вяжущее низкой водопотребности (ВНВ-30) в гипсоцементном вяжущем. Для сравнения эффективности замены проведены испытания системы гипс-портландцемент. Показана возможность поризации такой смеси для получения ячеистого бетона на основе гипсоцементного вяжущего, но с более высокими показателями водостойкости и морозостойкости.

Е.О. КУЗНЕЦОВ, А.П. ПУСТОВГАР, С.В. НЕФЕДОВ

**Тонкомолотые наполнители Silverbond в гипсовых сухих строительных смесях .....52**

Рассмотрена возможность применения тонкомолотых наполнителей Silverbond в некоторых составах сухих строительных смесей на основе гипсового вяжущего. Даны рекомендации по выбору марки тонкомолотого наполнителя в составах шпатлевок, монтажного клея и самоуплотняющихся полов.

Ю.В. ЦЫГАНКОВА

**Гипсовые самонивелирующиеся смеси .....54**

Рассмотрены свойства, которыми должны обладать застывшие самонивелирующиеся составы и требования, предъявляемые к растворам. Показано влияние релаксационного полимерного порошка Vinnapas® на свойства самонивелирующихся составов.

Б.И. ТИХОМИРОВ, А.Н. КОРШУНОВ, О.А. ФРОЛОВА, С.М. ФУФАЕВА

**Применение дефеката в сухих строительных смесях на гипсовых вяжущих .....57**

Представлены результаты исследования влияния дефеката на сроки схватывания гипсовых вяжущих. Рассмотрена технология модификации дефеката (сушка и выдержка при определенной температуре), которая позволяет применять его в технологии ССС. При этом сроки схватывания гипсового вяжущего с добавкой модифицированного дефеката увеличиваются в 4–8 раз, в сравнении с добавкой немодифицированного дефеката. Обнаружено положительное влияние модифицированного дефеката на увеличение водоудерживающих свойств эфира целлюлозы в гипсовых смесях.

А.П. ПУСТОВГАР, А.Ф. БУРЬЯНОВ, П.Г. ВАСИЛИК

**Особенности применения гиперпластификаторов в сухих строительных смесях .....62**

Механизм действия гиперпластификаторов напрямую зависит от их химической природы и пространственной структуры полимера. Рассмотрены механизм действия поликарбоксилатных эфиров и зависимость свойств от их строения.

Показана возможность выбора марки гиперпластификатора в зависимости от стерического эффекта и дзетта-потенциала.

<b>Гипсовая конференция в Казани (Информация)</b> .....	<b>66</b>
<b>Международный строительный форум «Бетон. Цемент. Сухие смеси» (Информация)</b> .....	<b>71</b>

### Результаты научных исследований

А.З. ЕФИМЕНКО

<b>Строительные отходы от сноса зданий – сырье для малоотходных технологий</b> .....	<b>73</b>
--	-----------

Рассмотрены вопросы рационального применения отходов строительной отрасли, в частности отходов дробления бетонного лома, образующегося при сносе бетонного жилого фонда. Приведены причины необходимости вторичного применения дробленых отходов и результаты экспериментов по применению отходов в бетонных тротуарных изделиях и изделиях из газобетона. Обоснована необходимость разработки, внедрения и сертификации системы менеджмента качества при выпуске продукции с использованием строительных отходов от сноса зданий.

Л.В. МАКАРОВА, Р.В. ТАРАСОВ, О.В. КОРОЛЕВА, Ю.В. ГРАЧЕВА

<b>Выбор перспективных методов оптимизации свойств строительных материалов на основе критериального анализа</b> .....	<b>76</b>
---	-----------

Приведены сведения об основных направлениях наномодифицирования в технологии строительных материалов. На основании расчета обобщенного критерия выделены наиболее эффективные способы модифицирования структуры и управления свойствами строительных композитов общестроительного и специального назначения.

В.И. МЕЛЕХОВ, В.Е. БЫЗОВ

<b>Влияние сердцевинных включений на прочностные характеристики конструкционных пиломатериалов</b> .....	<b>80</b>
--	-----------

Приведены результаты исследований применения пиловочных сортиментов малых диаметров из вершинной части ствола дерева для выработки конструкционных пиломатериалов. Показано, что прочностные характеристики конструкционных пиломатериалов, полученных из круглых сортиментов малого диаметра, и в которых присутствует сердцевина, соответствуют требованиям, предъявляемым к пиломатериалам для изготовления несущих строительных конструкций.

А.И. ТРАУТВАИН, В.В. ЯДЫКИНА, А.М. ГРИДЧИН

<b>Повышение реакционной способности наполнителей в результате помола</b> .....	<b>82</b>
---	-----------

Рассмотрена зависимость степени измельчения различных материалов от времени помола в различных мельницах, концентрации обменных центров – от удельной поверхности материалов, а также падение величины обменной емкости после помола с течением времени. Отмечено улучшение взаимодействия активированных минеральных порошков с битумом по сравнению с неактивированными. Более того, из исследуемых мельниц определена наилучшая с точки зрения повышения активности материала в результате помола наполнителей.

А.С. СЕМЕНОВ

<b>Использование разрушающих и неразрушающих методов контроля физико-механических характеристик материала строительных конструкций</b> .....	<b>86</b>
--	-----------

Приведены сведения об использовании разрушающих и неразрушающих методов контроля прочности материала конструкций при проведении обследования существующих зданий и сооружений. Дан подробный анализ существующих методов и их соответствия нормам. Приведена организационная схема использования разрушающих и неразрушающих методов контроля прочности материала.

И.И. ОВЧИННИКОВ, М.И. КАЛИНОВСКИЙ

<b>Напряженно-деформированное состояние и долговечность прямоугольной железобетонной трубы при действии агрессивной среды</b> .....	<b>88</b>
---	-----------

Рассматривается задача расчета напряженно-деформированного состояния и долговечности прямоугольной железобетонной трубы в условиях одновременного действия карбонизации и хлоридной коррозии.

<b>Указатель статей, опубликованных в журнале «Строительные материалы»® в 2010 г.</b> .....	<b>91</b>
---	-----------

<b>Новости</b> .....	<b>98</b>
----------------------	-----------

В.Г. ГАГАРИН, д-р техн. наук, член-корр. РААСН,  
В.В. КОЗЛОВ, канд. техн. наук, НИИСФ РААСН (Москва)

## Теоретические предпосылки расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

### Введение

В настоящее время идет активная актуализация нормативно-технической базы строительства, что создает хорошие предпосылки для развития некоторых методов нормирования и расчета, в том числе методов нормирования и расчета теплозащиты ограждающих конструкций зданий.

В нормативных документах [1, 2] для характеристики теплозащитных свойств ограждающих конструкций используются следующие понятия:

- термическое сопротивление  $R$  ( $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ );
- сопротивление теплопередаче  $R_o$  ( $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ );
- условное сопротивление теплопередаче  $R_o^{chl}$  ( $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ );
- приведенное сопротивление теплопередаче  $R_o^{np}$  ( $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ );
- коэффициент теплотехнической однородности  $r$  (доли ед.).

Эти понятия были введены в процессе развития составной части строительной теплофизики — теории теплозащиты зданий. Для характеристики теплозащиты ограждающей конструкции достаточно только значения приведенного сопротивления теплопередаче. Однако значения остальных величин являются вспомогательными и обычно используются на промежуточных этапах расчета и анализа приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. Значения приведенного сопротивления теплопередаче редко рассчитываются правильно при проектировании зданий и подготовке раздела «Энергоэффективность» [3]. Причин тому несколько.

Во-первых, в нормативных документах нет четкого определения понятия приведенного сопротивления теплопередаче. В СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий» [1] это определение отсутствует вовсе. В СП 23-101–2004 «Проектирование тепловой защиты зданий» [2] дается неправильная система определений этого понятия: «величина, обратная приведенному коэффициенту теплопередачи ограждающей конструкции», а указанный коэффициент в свою очередь определяется как «средневзвешенный коэффициент теплопередачи теплотехнически неоднородной ограждающей конструкции»; последнее понятие — «коэффициент теплопередачи теплотехнически неоднородной ограждающей конструкции» в СП не определено никак. Таким образом, понятие определяется через неопределенное понятие. Основная формула (9) в [2] для расчета которая могла бы служить определением, приведена некорректно.

Во-вторых, методики, предлагаемые в СП для расчета  $R_o^{np}$ , изложены путано. Алгоритм на основе расчета температурных полей не сформулирован в общем виде и лишь поясняется примерами в приложении М [2]. Допускаются методики вычисления  $R_o^{np}$ , основанные на расчете коэффициента теплотехнической однородности  $r$ , который в свою очередь вычисляется по эмпирическим и полуэмпирическим формулам. Этот метод является приближенным, сложен и неприемлем для некоторых современных ограждающих конструкций, например для конструкций с вентилируемым фасадом.

В-третьих, неправильно воспринимается таблица 6 [2], содержащая значения «минимально допустимых значений коэффициента теплотехнической однородности для конструкций индустриального изготовления». Эта таблица содержит завышенные значения  $r$ , как правило, недостижимые на практике. Вместо своего прямого назначения — ограничения конструкций по однородности приведенные в этой таблице значения воспринимаются в качестве ориентировочных значений  $r$  для соответствующих или похожих конструкций. В результате для расчетов принимаются завышенные значения  $r$ , что приводит к проектированию ограждающих конструкций с недостаточными теплозащитными свойствами [3].

Ниже представлено теоретическое обоснование и изложение методики расчета приведенного сопротивления теплопередаче, которая применяется в лаборатории строительной теплофизики НИИСФ РААСН, а также в некоторых других организациях, но не изложена подробно в нормативных документах. Некоторые термины могут показаться читателям неожиданными, они представляют предмет дискуссии.

### Определения (дефиниции) основных характеристик теплозащитных свойств ограждающих конструкций

Пусть имеется фрагмент ограждающей конструкции (не обязательно плоской) с площадью поверхности  $A$  ( $\text{м}^2$ ) с теплопроводными включениями или без них. Пусть по разные стороны ограждающей конструкции имеется перепад температуры воздуха ( $\text{°C}$ ): с внутренней стороны  $t_{в}$ , с наружной стороны  $t_{н}$ . Определения характеристик теплозащитных свойств ограждающих конструкций могут быть сформулированы следующим образом [4].

Приведенным сопротивлением теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции называется физическая величина, численно равная отношению перепада температуры воздуха по разные стороны ограждающей конструкции, к осредненной по площади фрагмента плотности потока теплоты через данный фрагмент конструкции при стационарных условиях теплопередачи. Данное определение эквивалентно следующему: приведенным сопротивлением теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции называется физическая величина, численно равная перепаду температуры воздуха по разные стороны ограждающей конструкции, при котором в стационарных условиях теплопередачи осредненная по площади фрагмента плотность потока теплоты через данный фрагмент конструкции равна  $1 \text{ Вт}/\text{м}^2$ . Данное определение соответствует формуле:

$$R_o^{np} = \frac{t_{в} - t_{н}}{\left( \int_A q dA \right) / A} \quad (1)$$

Условным сопротивлением теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции называется приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента условной

многослойной ограждающей конструкции, в которой отсутствуют теплопроводные включения, толщина слоев в любом ее сечении одинакова, слои плоские и расположены перпендикулярно направлению потока теплоты через конструкцию.

*Коэффициентом теплотехнической однородности фрагмента ограждающей конструкции* называется величина, обратная отношению потока теплоты через рассматриваемый фрагмент конструкции к потоку теплоты через условную ограждающую конструкцию той же площади, что и рассматриваемый фрагмент.

Сформулированные определения можно уточнять и совершенствовать, но в рамках данной статьи они являются достаточными. Формулы для расчета приведенного сопротивления теплопередаче конструкций, используемые в статье, вытекают непосредственно из этих определений. Например, из сопоставления определенных непосредственно следует, что коэффициент теплотехнической однородности равен отношению приведенного к условному сопротивлению теплопередаче ограждающей конструкции. Важно подчеркнуть, что эти определения не опираются на понятие термического сопротивления, это позволяет избежать неопределенного понятия «приведенное термическое сопротивление», использование которого является логической ошибкой и затрудняет проведение расчетов. Кроме того, приведенное сопротивление теплопередаче определяется через поток теплоты и разность температуры, а не через просто «сопротивление теплопередаче» и коэффициент теплотехнической однородности ограждающей конструкции, что вносило путаницу в методику проведения расчетов.

Важной особенностью приведенного сопротивления теплопередаче является то, что оно относится к определенному фрагменту ограждающей конструкции. Если этот фрагмент не указан, то понятие, вообще говоря, лишено смысла. Однако обычно из контекста ясно, какой фрагмент имеется в виду. В противном случае термин «приведенное сопротивление теплопередаче стены» следует относить к совокупности всех стен здания. Именно так приходится понимать использование этого термина в СНиП [1] и других документах. Наконец, можно заметить, что понятие «сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции» является лишним и практически может не использоваться. Оно было введено в учебниках, например, еще в 1930-х гг. в первых изданиях книги К.Ф. Фокина [5], в то время, когда конструкций с существенными теплопроводными включениями было очень мало и понятие приведенного сопротивления теплопередаче отсутствовало. Возможно, со временем из названия «приведенное сопротивление теплопередаче» исчезнет слово «приведенное», но смысл этого термина сохранится.

В настоящее время фактически единственной характеристикой теплозащиты ограждающей конструкции является приведенное сопротивление теплопередаче. Именно эту характеристику можно измерить непосредственно для конструкции, для чего был разработан ГОСТ [6]. Условное сопротивление теплопередаче характеризует несуществующую конструкцию, его можно использовать в методических целях, но как характеристика теплозащиты оно непригодно и измерить его можно в ограниченном числе случаев. Для современных конструкций выбор значения условного сопротивления теплопередаче может оказаться субъективным. Коэффициент теплотехнической однородности, не являясь показателем теплозащиты, характеризует конструкцию с точки зрения эффективности использования в ней теплоизоляционных материалов и зависит от того, какая конструкция принята в качестве условной, что вносит дополнительную неопределенность. В связи с этим для

определения теплозащиты ограждающей конструкции следует непосредственно рассчитывать приведенное сопротивление теплопередаче исходя из определения (дефиниции) этой величины, а затем в качестве справочной величины рассчитывать коэффициент теплотехнической однородности конструкции, если это требуется, а не наоборот, как часто делается. Именно такой порядок расчетов использован в настоящей статье.

#### Методы расчета приведенного сопротивления теплопередаче

Для проведения практических расчетов или измерений в большинстве случаев формулу (1) непосредственно использовать нельзя. Ее необходимо преобразовать к виду, приемлемому для расчетов или соответственно измерений. Применяется два подхода для преобразования (1) и последующего вычисления на основе расчета температурных полей.

#### Фрагментный подход

##### к расчету приведенного сопротивления теплопередаче

Первый подход заключается в расчете температурного поля всего фрагмента целиком, в определении потока теплоты через фрагмент и в дальнейшем расчете приведенного сопротивления теплопередаче этого фрагмента. Если фрагмент слишком велик и сложен для непосредственного расчета температурного поля, то он разделяется на несколько частей (подфрагментов) и для каждой части проводится расчет температурного поля и определение приведенного сопротивления теплопередаче. Далее общее приведенное сопротивление теплопередаче всего фрагмента находится согласно уравнению (1), которое преобразуется к виду:

$$R_o^{np} = \frac{t_e - t_n}{\left( \int_A q dA \right) / A} \approx \frac{t_e - t_n}{\sum (q_i A_i) / A} = \frac{A}{\sum \left( \frac{q_i}{t_e - t_n} A_i \right)} = \frac{A}{\sum \left( \frac{A_i}{R_{o,i}^{np}} \right)}, \quad (2)$$

где  $A_i$  – площадь  $i$ -й части (подфрагмента) конструкции,  $m^2$ ;  $q_i$  – плотность потока теплоты через поверхность  $i$ -й части,  $Вт/м^2$ ;  $R_{o,i}^{np}$  – приведенное сопротивление теплопередаче  $i$ -й части фрагмента ограждающей конструкции,  $m^2 \cdot ^\circ C/Вт$ .

Именно такой подход представлен в СП [2], а формула (2) совпадает с формулой (10) СП. Эти части (подфрагменты) при проведении расчета используются как самостоятельные фрагменты конструкции, отсюда и название подхода «фрагментный».

Так как в большинстве случаев фрагменты стен очень велики, например стены многоэтажных зданий, большое значение приобретает адекватность математической модели теплопереноса в подфрагменте физическому теплопереносу и оптимальность разбивки на части (подфрагменты). На практике такую разбивку фрагмента на части в большинстве случаев осуществить не удастся.

*Трудности адекватной разбивки фрагмента конструкции на части.*

Основное требование к разбивке фрагмента на части заключается в том, что через границы подфрагментов, так же как и всего фрагмента, не должно происходить переноса теплоты. Учитывая, что на практике границы проходят перпендикулярно плоскости стены, требование отсутствия переноса энергии означает расположение границ в районе локального максимума или локального минимума потока теплоты через обе поверхности ограждающей конструкции. Следует заметить, что при расчете температурного поля отсутствие переноса теплоты через границы расчетного участка будет автоматически «навязано» принимаемыми граничными условиями. Поэтому результаты расчета температурного поля не могут являться доказательством правильности выбора границ частей.

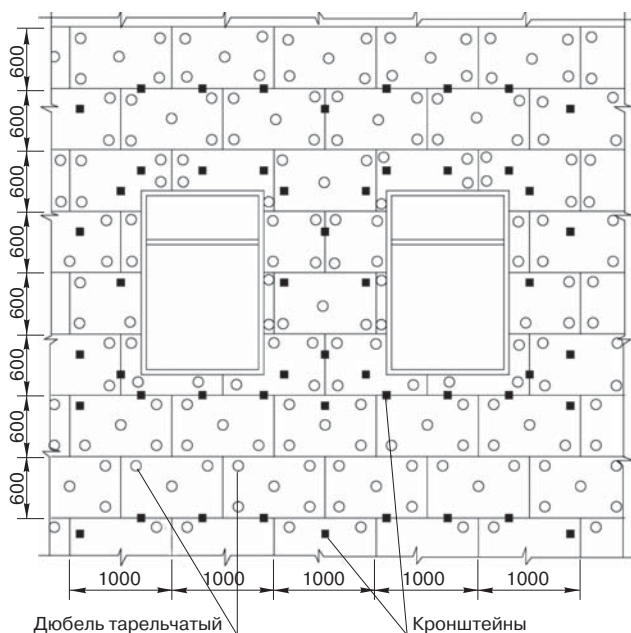


Рис. 1. Схема установки металлических кронштейнов и дюбелей с металлическим сердечником на фрагменте стены для вентилируемого фасада

Именно для того, чтобы «навязанные» граничные условия II рода совпадали с реальными и не искажали результат, требуется проводить границы фрагментов и подфрагментов указанным образом. Очевидно, что выбор границ должен быть произведен до расчета. Это возможно сделать только при наличии признаков симметрии или периодичности в конструкции фрагмента.

*Трудности оптимальной разбивки фрагмента конструкции на части.*

Проблема оптимальности разбиения фрагмента на части определяется наличием множества вариантов разбиения, и не все эти варианты одинаково удобны для расчета. Большое количество различных теплотехнических неоднородностей, которые не позволяют рассчитать температурное поле фрагмента целиком, также будет препятствовать и расчету при неоптимальном разбиении фрагмента на части. При современном уровне вычислительной техники сложность расчета единого температурного поля, например, для всей стены здания связана не столько с расчетными возможностями машин, которые быстро нарастают, сколько с возможностями человека. Задать расчетную схему, содержащую тысячи неоднородностей, — задача непосильная для человека, точно так же как и обработать информацию после такого расчета. Необоснованная разбивка фрагмента на участки приведет не к снижению объема работы, а к перераспределению. Следовательно, разбивка фрагмента на части должна быть такой, чтобы уменьшить объем работы расчетчика без ущерба для точности расчетов. Основой такой разбивки служит тот факт, что если выделенные части фрагмента являются идентичными, то и их характеристики также будут идентичными. Поэтому при разбиении фрагмента следует стремиться к выделению нескольких небольших подфрагментов, многократное повторение которых в различных комбинациях полностью покрывает весь фрагмент. В большинстве случаев это сделать не удастся, поскольку наличие нескольких теплотехнических неоднородностей разной природы, расположенных с переменным шагом, приводит к разбивке на огромное количество подфрагментов, даже после оптимизации разбивки (рис. 1).

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче при фрагментном подходе возможен только при принятии

ряда упрощений, каждое из которых снижает точность расчетов. Несмотря на то что такой подход содержится в СП [2], вызывает большое сомнение, что при его помощи хоть раз было правильно определено приведенное сопротивление теплопередаче современной конструкции с несколькими видами теплопроводных включений.

#### Элементный подход к расчету приведенного сопротивления теплопередаче

Второй подход заключается в представлении фрагмента в виде совокупности элементов (отсюда название подхода). Элементы — это детали, из которых состоит фрагмент, причем они могут находиться как близко, так и далеко друг от друга. При любом взаимном расположении они рассматриваются независимо друг от друга. Каждый элемент оказывает некоторое влияние, возможно и нулевое, на поток теплоты через конструкцию. Это влияние можно выразить соответствующим потоком теплоты  $\Delta Q_m$  через рассматриваемый фрагмент ограждающей конструкции. Полная совокупность этих элементов составляет рассматриваемый фрагмент ограждающей конструкции, а сумма потоков теплоты, обусловленная совокупностью всех этих элементов, равна полной потоку теплоты через фрагмент ограждающей конструкции:

$$\left( \int_A q dA \right) = \sum \Delta Q_m. \quad (3)$$

Поток теплоты, обусловленный каждым из этих элементов, может быть охарактеризован удельной величиной потока, умноженной на размерный геометрический показатель. Для введения соответствующих геометрических показателей и характеристик удельной величины потока, обусловленной каждым элементом, рассматриваются проекции этих элементов на поверхность фрагмента ограждающей конструкции. Поскольку рассматривается общий поток теплоты через *площадь* поверхности ограждения, геометрический показатель которой имеет размерность 2, то есть измеряется в м<sup>2</sup>, то размерность геометрических показателей проекций элементов может быть равной только 2, 1 или 0. Геометрические показатели проекций элементов будут соответственно измеряться в квадратных метрах, метрах или штуках (единицах). Предлагается классифицировать элементы по размерности их проекций и условно называть элементы в первом случае *плоскими*, во втором — *линейными*, в третьем — *точечными*. Конечно, такое деление элементов является условным.

*Точечным*, элемент может быть назван, если размеры его проекции на поверхность ограждения малы по сравнению с площадью рассматриваемого фрагмента ограждающей конструкции; примерами точечных элементов могут служить дюбели со стальным сердечником, которые используются для крепления слоя теплоизоляции к стене здания или кронштейны в вентилируемых фасадах.

*Линейным* элемент может быть назван, если один его размер существенно меньше другого и мал по сравнению с размерами рассматриваемого фрагмента ограждающей конструкции; примерами линейных элементов могут служить оконные откосы, стыки наружной стены с перекрытием, дистанционные рамки в стеклопакетах и т. д.

*Плоским* называется элемент (часть фрагмента ограждающей конструкции), площадь проекции которого сопоставима с площадью поверхности рассматриваемого фрагмента или равна ей. Эта часть фрагмента названа так для общности описания подхода к расчету. Плоские элементы в старых обозначениях — это «гладь ограждающей конструкции» (такое название было введено в 50-х гг. прошлого века, а может быть, и ранее). Примером плоского элемента является участок однослойной стены любой конструкции.



Выражение (1) может быть преобразовано следующим образом:

$$R_o^{np} = \frac{t_g - t_n}{\left( \int q dA \right) / A} = \frac{t_g - t_n}{\left( \sum \Delta Q_m \right) / A} = \frac{1}{\left( \sum \frac{\Delta Q_m}{t_g - t_n} \right) / A} = \frac{1}{\left( \sum \frac{\Delta Q_i}{(t_g - t_n) S_i} S_i + \sum \frac{\Delta Q_j}{(t_g - t_n) L_j} L_j + \sum \frac{\Delta Q_k}{(t_g - t_n) N_k} N_k \right) / A} \quad (4)$$

После введения обозначений для удельных величин потока

$$U_i = \frac{\Delta Q_i}{(t_g - t_n) S_i}; \Psi_j = \frac{\Delta Q_j}{(t_g - t_n) L_j}; K_k = \frac{\Delta Q_k}{(t_g - t_n) N_k} \quad (5)$$

выражение (1) преобразуется к виду:

$$R_o^{np} = \frac{1}{\sum U_i \frac{S_i}{A} + \sum \Psi_j \frac{L_j}{A} + \sum K_k \frac{N_k}{A}} \quad (6)$$

где  $U_i, S_i$  – удельные потоки теплоты через плоские элементы и площади проекций этих элементов, Вт/(м<sup>2</sup> · °С) и м<sup>2</sup> соответственно;  $\Psi_j, L_j$  – удельные потоки теплоты через линейные элементы и соответствующая длина проекций этих элементов во фрагменте, Вт/(м · °С) и м соответственно;  $K_k, N_k$  – удельные потоки теплоты через точечные элементы и количество этих элементов во фрагменте, Вт/°С и штук соответственно.

Формулу для расчета можно представить в следующем виде:

$$R_o^{np} = \frac{1}{\sum U_i s_i + \sum \Psi_j l_j + \sum K_k n_k} \quad (7)$$

где используются удельные геометрические показатели:

$$s_i = \frac{S_i}{A} \quad l_j = \frac{L_j}{A} \quad n_k = \frac{N_k}{A} \quad (8)$$

Данный подход позволяет проанализировать вклад в теплозащиту фрагмента ограждающей конструкции каждого элемента. Накопление данных об удельных потоках теплоты через линейные и точечные элементы позволит создавать достаточно простые инженерные методики расчета приведенного сопротивления теплопередаче современных ограждающих конструкций, содержащих различные теплотехнические неоднородности. Такой подход позволит также упростить контроль результатов расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции. Этот контроль, по сути, сведется к анализу используемых при расчете по формуле (7) значений  $U_i, \Psi_j, K_k$ ; если какое-то из этих значений получилось меньшим, чем в других аналогичных случаях, то оно требует проверки и объяснения.

Таким образом, расчет величины  $R_o^{np}$  по методикам, основанным на использовании формулы (7), является предпочтительным по сравнению с методиками, основанными на формуле (2).

#### Сравнение фрагментного и элементного подходов к расчету приведенного сопротивления теплопередаче

Фрагментный и элементный подходы при адекватном разбиении фрагмента ограждающей конструкции на части и выделении элементов должны давать одинаковые результаты расчетов в границах точности вычислений.

Сложности построения адекватной и оптимальной разбивки иллюстрирует рис. 1, где представлена схема

небольшого фрагмента стены здания с расстановкой металлических кронштейнов для крепления подконструкции теплоизоляционного вентилируемого фасада и дюбелей с металлическим сердечником для крепления минераловатных плит. Вследствие разного размера минераловатных плит и шага расстановки кронштейнов даже вдали от оконных откосов трудно выбрать идентичные участки на поверхности конструкции. Наличие оконных откосов усложняет этот выбор. А после выбора таких участков провести границы разбивки на части из условий симметрии температурного поля не представляется возможным. Даже если эта работа будет проделана, то придется рассчитывать не один десяток трехмерных температурных полей, содержащих по несколько разнородных теплопроводных включений, физически весьма затруднительно.

При элементном подходе во фрагменте выделяется набор различающихся между собой элементов. Такое разбиение является простым при выполнении и доступно для систематизации и описания теплопотерь через различные элементы. В практических случаях элементный подход требует несопоставимо меньше вычислительных затрат. Рассмотренный выше (рис. 1) фрагмент стены здания состоит из одного вида основания и фасадной системы. В качестве элементов легко выделяется стена с основанием и минераловатными плитами, тарельчатые дюбели со стальным сердечником, кронштейны навесной фасадной системы и оконные откосы. Если дюбели, кронштейны и оконные откосы используются одной разновидностью, то для проведения расчета по поэлементному подходу достаточно рассчитать по одному температурному полю для дюбеля, кронштейна и оконного откоса (всего три поля) и правильно подсчитать геометрические характеристики неоднородностей.

*Существует ошибочное мнение, что фрагментный метод расчета соответствует методу измерений приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента конструкции в климатической камере.* Нечеткость определения приведенного сопротивления теплопередаче в нормативной базе и справочной литературе приводит к недопониманию того, что требуется сделать при измерении приведенного сопротивления теплопередаче, а сделать требуется немало.

Во-первых, следует заметить, что для определения приведенного сопротивления теплопередаче стены здания по первому методу испытания одного фрагмента конструкции будет явно недостаточно. Одного испытания хватило бы при условии, что вся стена состоит из периодически повторяющихся фрагментов одного вида. На практике это невыполнимо, так как наличие окон, входной двери и углов внесут разнообразие в любую конструкцию.

Во-вторых, для измерения приведенного сопротивления теплопередаче с помощью термометров фрагмент конструкции нужно разбить на части, в пределах которых удельный поток теплоты изменяется плавно и в ограниченных пределах. С некоторой натяжкой это позволяет подготовленному специалисту расставить термометры таким образом, чтобы каждый термометр показывал удельный тепловой поток через свою часть фрагмента. Очевидно, что такое деление на части крайне затруднительно и уж точно не совпадает с разбиением при фрагментном подходе. Каждый подфрагмент, выделенный для расчета температурного поля, не может быть описан результатами измерений одного термометра и требует дополнительного деления на участки, то есть при внешнем сходстве формул разбиения на участки для фрагментного способа расчета и для измерения различаются.

Элементный подход и формула (7) позволяют оценить рекомендованные СП [2] эмпирические и полуэм-

пирические методики расчета  $R_o^{np}$ , основанные на использовании формулы:

$$R_o^{np} = R_o^{ysl} r. \quad (9)$$

Прежде всего эти методы справедливы для фрагмента, имеющего только один плоский элемент. Данный элемент будет представлять собой условную ограждающую конструкцию, для которой  $R_o^{ysl} = 1/U$  и  $s = 1$ . Согласно следствию из приведенного выше определения, а также из (9) коэффициент теплотехнической однородности равен:

$$r = \frac{R_o^{np}}{R_o^{ysl}} = \frac{U}{U + \sum \Psi_j l_j + \sum K_k n_k} = \left[ 1 + \frac{\sum \Psi_j l_j + \sum K_k n_k}{U} \right]^{-1}. \quad (10)$$

Если же во фрагменте имеется несколько плоских элементов, то логичным представляется расчет величины  $r$  по формуле, обобщающей (10) и позволяющей оценить роль линейных и точечных элементов относительно всех плоских элементов:

$$r = \frac{\sum U_i s_i}{\sum U_i s_i + \sum \Psi_j l_j + \sum K_k n_k} = \left[ 1 + \frac{\sum \Psi_j l_j + \sum K_k n_k}{\sum U_i s_i} \right]^{-1}. \quad (11)$$

Однако в таких случаях зачастую выбирается один плоский элемент, имеющий для определенности номер  $i_0$ , и рассчитывается  $r_{i_0}$  относительно именно этого плоского элемента, что ничем не обосновано, по формуле:

$$r_{i_0} = \frac{U_{i_0}}{\sum U_i s_i + \sum \Psi_j l_j + \sum K_k n_k}. \quad (12)$$

Выражения (10), (11) или (12) не являются характеристиками теплозащиты ограждающей конструкции, они могут характеризовать только долю теплопотерь через точечные и линейные элементы относительно выбранных (не всегда корректно) плоских элементов. Вообще говоря, расчеты коэффициента теплотехнической однородности  $r$  являются ненужными для практических целей. Из рассмотрения (10)–(12) следует, что величина  $r$ , как и методика его вычисления, представленные в многочисленных пособиях, в том числе в СП [2], является эмпирической и, следовательно, методики расчета приведенного сопротивления теплопередаче на основании формулы (9) имеют весьма ограниченную область применения. Таким образом, расчет на основании формулы (9), как это допускается СП, является фактически более сложным, чем расчет на основании формулы (7), и может иметь только ограниченное применение, как и любой расчет, основанный на эмпирических формулах.

**Методика расчета удельных потоков теплоты, обусловленных элементами фрагмента ограждающей конструкции**

**Плоский элемент**

Плоский элемент является по сути условной многослойной ограждающей конструкцией. Удельный поток теплоты, обусловленный этим элементом, представляет собой коэффициент теплопередачи этой конструкции и определяется по хорошо известной формуле

$$U = \frac{1}{R_o^{ysl}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_g} + \sum R_i + \frac{1}{\alpha_n}}, \quad (13)$$

где  $\alpha_g$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);  $\alpha_n$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);  $R_i$  – термическое сопротивление однородного слоя условной конструкции (заполнения), м<sup>2</sup>·°C/Вт, определяемое для замкнутых воздушных прослоек по табличным значениям [2], для материальных слоев – по формуле:  $R_i = \delta_i / \lambda_i$ , здесь  $i$  – номер слоя;  $\delta_i$  – толщина слоя, м;  $\lambda_i$  – теплопроводность материала слоя, Вт/(м·°C).

**Линейный элемент**

Линейный элемент либо располагается на границе фрагмента ограждающей конструкции, либо разделяет два соседних плоских элемента, которые могут быть конструктивно одинаковыми. Способ определения потока теплоты, обусловленного линейным элементом, заключается в определении и последующем сравнении потоков теплоты, с одной стороны, через участок фрагмента, состоящий из двух соседних плоских элементов и линейного элемента, и, с другой – через условный участок фрагмента, состоящий из этих же двух соседних плоских элементов той же площади, но «не состыкованных» между собой и при отсутствии линейного элемента. Первый поток вычисляется на основе двумерного температурного поля, а второй – по формулам для одномерного теплопереноса.

Удельный поток теплоты через линейный элемент, например стык между конструкциями, определяется по формуле:

$$\Psi_j = \frac{\Delta Q_j^L}{t_g - t_n}, \quad (14)$$

где  $\Delta Q_j^L$  – дополнительный поток теплоты, обусловленный линейным элементом  $j$ -го вида, приходящийся на 1 п. м этого элемента, Вт/м, определяемый по формуле:

$$\Delta Q_j^L = Q_j^L - Q_{j,1} - Q_{j,2}, \quad (15)$$

где  $Q_j^L$  – поток теплоты через участок фрагмента с линейным элементом  $j$ -го вида, приходящийся на 1 п. м линейного элемента, являющийся результатом расчета двумерного температурного поля, Вт/м;  $Q_{j,1}$ ,  $Q_{j,2}$  – потоки теплоты через соответствующие плоские элементы, включенные в состав рассматриваемого участка фрагмента, Вт/м, определяемые по формулам:

$$Q_{j,1} = \frac{t_g - t_n}{R_{o,j1}} \cdot S_{j,1}, \quad Q_{j,2} = \frac{t_g - t_n}{R_{o,j2}} \cdot S_{j,2}, \quad (16)$$

где  $b$  – протяженность расчетной области при расчете двумерного температурного поля в направлении, перпендикулярном сечению, равная 1 м;  $S_{j,1}$ ,  $S_{j,2}$  – площади плоских элементов, вошедших в расчетную область при расчете температурного поля, м<sup>2</sup>.

При этом величина  $S_{j,1} + S_{j,2}$  равна площади расчетной области, принятой при расчете температурного поля.

**Точечный элемент**

Точечный элемент в большинстве случаев находится в плоском элементе фрагмента ограждающей конструкции. Способ определения потоков теплоты через точечный элемент заключается в определении и последующем сравнении потоков теплоты, с одной стороны, через участок фрагмента, состоящий из плоского элемента и точечного элемента, и с другой – через условный участок фрагмента, состоящий только из этого плоского элемента, той же площади. Первый поток вы-

числяется на основе трехмерного температурного поля, а второй поток — по формуле для одномерного теплопереноса.

Удельный поток теплоты, обусловленный точечным элементом, определяется по формуле:

$$K_k = \frac{\Delta Q_k}{t_a - t_n}, \quad (17)$$

где  $K_k$  — удельный поток теплоты через точечный элемент  $k$ -го вида, Вт/°С;  $\Delta Q_k$  — дополнительный поток теплоты через точечный элемент  $k$ -го вида, Вт, определяемый по формуле:

$$\Delta Q_k = Q_k - \tilde{Q}_k, \quad (18)$$

где  $Q_k$  — поток теплоты через плоский элемент, содержащий точечный элемент  $k$ -го вида, являющийся результатом расчета трехмерного температурного поля, Вт;  $\tilde{Q}_k$  — поток теплоты через тот же плоский элемент, Вт, не содержащий точечный элемент, определяемый по формуле:

$$\tilde{Q}_k = \frac{t_a - t_n}{R_{o,k}} \cdot S_k, \quad (19)$$

где  $S_k$  — площадь однородного заполнения, вошедшего в расчетную область при расчете температурного поля, м<sup>2</sup>.

Таким образом, для расчета удельного потока теплоты, обусловленного плоским элементом, требуется расчет на основе одномерного температурного поля, линейным элементом — на основе двумерного температурного поля, точечным элементом — на основе трехмерного температурного поля. Сумма размерности проекции элемента и размерности температурного поля, требуемого для вычисления удельного потока теплоты, обусловленного этим элементом, равна трем.

#### Методика расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции

Рассмотренный выше подход, основанный на выделении влияния отдельных элементов ограждающей конструкции, и способы определения удельных потоков теплоты, обусловленные этими теплопроводными включениями, позволяют сформулировать алгоритм расчета приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции.

1. Из рассматриваемого фрагмента ограждающей конструкции выделяют элементы. Определяют их проекции на плоскость ограждающей конструкции. Проводят классификацию этих элементов по форме их проекций на плоские, линейные и точечные.
2. Для каждого элемента определяют абсолютные, а затем по формуле (8) относительные геометрические характеристики: для плоских — площадь проекции на поверхность ограждающей конструкции и долю этой площади проекции от общей площади поверхности фрагмента; для линейных — общую длину проекции на поверхности ограждающей конструкции и длину, приходящуюся на 1 м<sup>2</sup> общей площади поверхности фрагмента; для точечных — общее количество на проекции фрагмента и количество, приходящееся на 1 м<sup>2</sup> общей площади поверхности фрагмента.
3. Для каждого элемента определяют удельные потери теплоты: для плоских — по формуле (13); для линейных — по формуле (14) на основе расчета двумерного температурного поля; для точечных — по формуле (17) на основе расчета трехмерного температурного поля.
4. По формуле (7) рассчитывают значение приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции.

#### Пример расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции

Требуется произвести расчет приведенного сопротивления теплопередаче стены с теплоизоляционной фасадной системой с тонким штукатурным слоем. Фасадная система монтируется на стену здания, выполненного с каркасом из монолитного железобетона. Наружные стены выполняются из кирпичной кладки из полнотелого кирпича толщиной 250 мм (в один кирпич). Толщина теплоизоляционного слоя фасада из минераловатных плит составляет 150 мм. Высота этажа от пола до пола 3300 мм. Толщина железобетонного перекрытия 200 мм. Под перекрытием проходит железобетонный ригель высотой 400 мм. Вертикальный разрез стены с фасадом и оконными проемами схематично представлен на рис. 2. Состав стены (изнутри наружу) представлен в табл. 1.

Расчет проводится по приведенному выше алгоритму. Фрагментом ограждающей конструкции, для которого требуется определить приведенное сопротивление теплопередаче, является вся стена здания без светопроемов.

1. Выделение элементов во фрагменте ограждающей конструкции.

Поверхностью фрагмента ограждающей конструкции является наружная поверхность стены. Выделяемые элементы конструкции следующие:

- железобетонный ригель с участком перекрытия, утепленный слоем минераловатной плиты, закрытой тонким слоем штукатурки, — плоский элемент;
- кирпичная кладка, утепленная слоем минераловатной плиты, закрытой тонким слоем штукатурки, — плоский элемент;
- оконный откос, образованный железобетонным ригелем, утепленным слоем минераловатной плиты, закрытой тонким слоем штукатурки, — линейный элемент;
- оконный откос, образованный кирпичной кладкой, утепленной слоем минераловатной плиты, закрытой тонким слоем штукатурки, — линейный элемент;
- дюбель со стальным сердечником, прикрепляющий слой минераловатной плиты к железобетонному ригелю, — точечный элемент;
- дюбель со стальным сердечником, прикрепляющий слой минераловатной плиты к кирпичной кладке, — точечный элемент.

Таким образом, в рассматриваемом фрагменте ограждающей конструкции два вида плоских, два вида линейных и два вида точечных элементов.

2. Геометрические характеристики проекций элементов.

Весь фасад, включая светопроемы, имеет общую площадь 2740 м<sup>2</sup>. Фасад содержит следующие светопроемы: 2400×2000 мм — 80 шт; 1200×2000 мм — 80 шт; 1200×1200 мм — 24 шт. Суммарная площадь светопроемов 611 м<sup>2</sup>.

Площадь поверхности фрагмента ограждающей конструкции для расчета  $R_o^{np}$  составляет:  $A = 2740 - 611 = 2129$  м<sup>2</sup>.

Суммарная протяженность торцов перекрытий, а также ригелей на фасаде составляет 822 м. Таким образом, площадь стены с основанием из монолитного железобетона, т. е. площадь проекции на поверхность фрагмента составляет:  $A_1 = 822 \cdot (0,2 + 0,4) = 493$  м<sup>2</sup>. Доля этой площади от общей площади фрагмента ограждающей конструкции равна:

$$s_1 = \frac{493}{2129} = 0,232 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

Площадь стены с основанием из кирпичной кладки:  $A_2 = 2129 - 493 = 1636$  м<sup>2</sup>. Доля этой площади от общей площади фрагмента ограждающей конструкции равна:

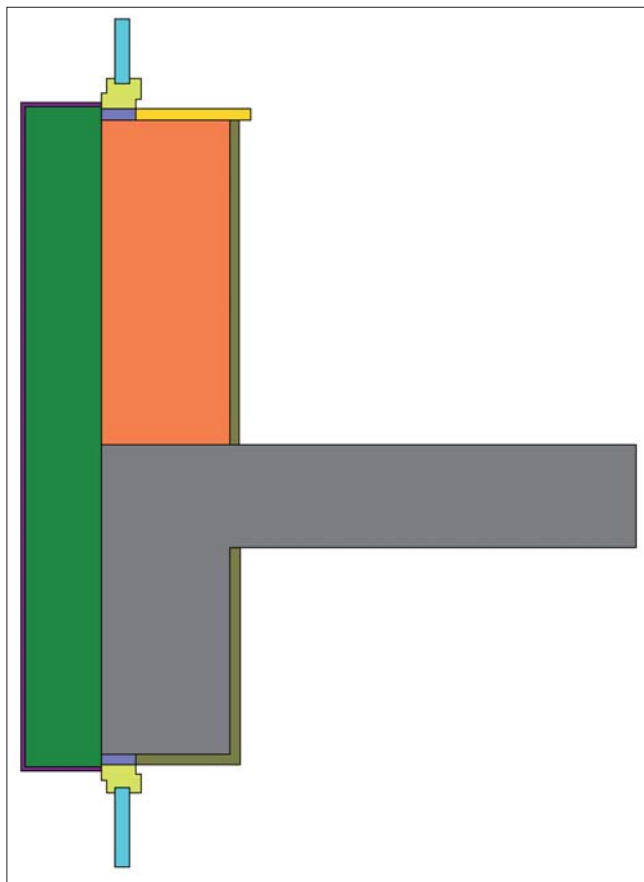


Рис. 2. Схема вертикального разреза стены с теплоизолированным фасадом в зоне расположения светопроемов с оконными блоками

Таблица 1

Материал слоя	δ, мм	λ, Вт/(м·°С)
Внутренняя штукатурка	20	0,93
Кладка из полнотелого кирпича или монолитный железобетон	250 250	0,81 2,04
Минераловатные плиты	150	0,045
Наружная штукатурка	6	–

$$s_2 = \frac{1636}{2129} = 0,768 \text{ м}^2/\text{м}^2.$$

Общая длина проекции оконного откоса, образованного железобетонным ригелем, утепленным слоем минераловатной плиты, определяется по экспликации оконных проемов и равна:  $L_1 = 2,4 \cdot 80 + 1,2 \cdot 80 + 1,2 \cdot 24 = 317$  м. Длина проекции этих откосов, приходящаяся на 1 м<sup>2</sup> площади фрагмента, равна:

$$l_1 = \frac{317}{2129} = 0,149 \text{ м}/\text{м}^2.$$

Общая длина проекции оконного откоса, образованного кирпичной кладкой, утепленной слоем минераловатной плиты, определяется по экспликации оконных проемов и равна:  $L_2 = (2,4 + 2 \cdot 2,0) \cdot 80 + (1,2 + 2 \cdot 2,0) \cdot 80 + (1,2 + 2 \cdot 2,0) \cdot 24 = 1014$  м. Длина проекции этих откосов, приходящаяся на 1 м<sup>2</sup> площади фрагмента, равна:

$$l_2 = \frac{1014}{2129} = 0,476 \text{ м}/\text{м}^2.$$

Общее количество тарельчатых дюбелей на железобетонном ригеле и торце перекрытия равно 3944 шт. Количество таких дюбелей, приходящихся на 1 м<sup>2</sup> фрагмента, равно:

$$n_1 = \frac{3944}{2129} = 1,85 \text{ 1}/\text{м}^2.$$

Общее количество тарельчатых дюбелей на кирпичной кладке равно 13088 шт. Количество таких дюбелей, приходящихся на 1 м<sup>2</sup> фрагмента, равно:

$$n_2 = \frac{13088}{2129} = 6,15 \text{ 1}/\text{м}^2.$$

Таким образом, определены все геометрические характеристики элементов в рассматриваемом фрагменте ограждающей конструкции.

3. *Определение удельных потоков теплоты, обусловленных элементами.*

Для плоского элемента в виде железобетонного ригеля с участком перекрытия, утепленного слоем минераловатной плиты, удельные потери теплоты определяют по формуле (13):

$$R_{o,1}^{уст} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,25}{2,04} + \frac{0,15}{0,045} + \frac{1}{23} = 3,64 \text{ м}^2 \cdot \text{°С}/\text{Вт};$$

Таблица 2

Элемент фрагмента	Размерность проекции элемента на поверхность фрагмента	Потоки теплоты через участок однородной стены	Потоки теплоты через неоднородный участок	Удельные потоки теплоты	Удельный геометрический показатель
Оконный откос, образованный железобетонным ригелем, утепленным слоем минераловатной плиты, закрытой тонким слоем штукатурки (рис. 3)	Линейная	$Q_{1,1} = 7 \text{ Вт}/\text{м}$	$Q_1^L = 12 \text{ Вт}/\text{м}$	$\psi_1 = 0,104 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°С})$	$l_1 = 0,149 \text{ м}/\text{м}^2$
Оконный откос, образованный кирпичной кладкой, утепленной слоем минераловатной плиты, закрытой тонким слоем штукатурки (рис. 4)		$Q_{2,1} = 6,7 \text{ Вт}/\text{м}$	$Q_2^L = 11,2 \text{ Вт}/\text{м}$	$\psi_2 = 0,094 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°С})$	$l_2 = 0,476 \text{ м}/\text{м}^2$
Дюбель со стальным сердечником, прикрепляющий слой минераловатной плиты к железобетонному ригелю (рис. 5)	Точечная	$\tilde{Q}_1 = 1,65 \text{ Вт}$	$Q_1 = 1,9 \text{ Вт}$	$K_1 = 0,0052 \text{ Вт}/\text{°С}$	$n_1 = 1,85 \text{ 1}/\text{м}^2$
Дюбель со стальным сердечником, прикрепляющий слой минераловатной плиты к кирпичной кладке (рис. 6)		$\tilde{Q}_2 = 1,57 \text{ Вт}$	$Q_2 = 1,8 \text{ Вт}$	$K_2 = 0,0048 \text{ Вт}/\text{°С}$	$n_2 = 6,15 \text{ 1}/\text{м}^2$

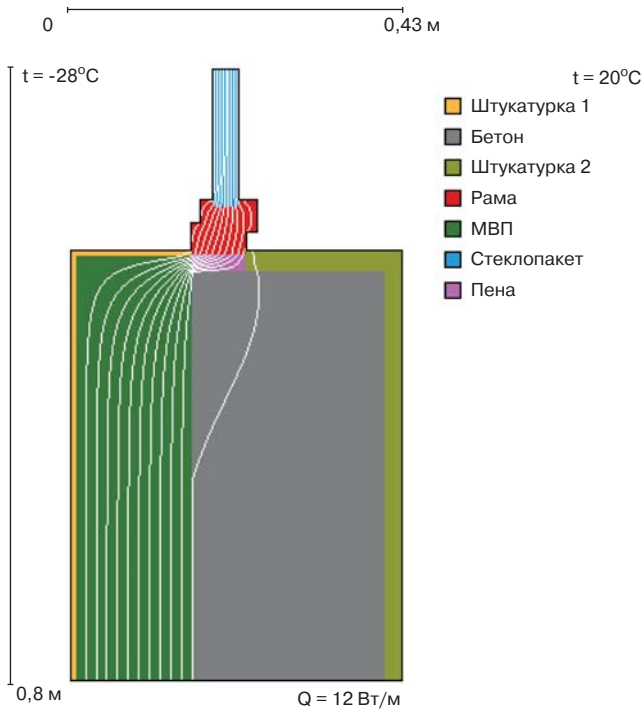


Рис. 3. Температурное поле в зоне оконного откоса по железобетонному ригелю

$$U_1 = \frac{1}{R_{o,1}^{усл}} = \frac{1}{3,64} = 0,275 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

Для плоского элемента в виде кирпичной кладки, утепленной слоем минераловатной плиты, удельный поток теплоты определяется по формуле (13):

$$R_{o,2}^{усл} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,25}{0,81} + \frac{0,15}{0,045} + \frac{1}{23} = 3,82 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$$

$$U_2 = \frac{1}{R_{o,1}^{усл}} = \frac{1}{3,82} = 0,262 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

Для линейного элемента в виде оконного откоса, образованного железобетонным ригелем, определяется величина  $Q_{f,1}^l$ , Вт/м, – поток теплоты через участок фрагмента с данным линейным элементом, приходящийся на 1 п. м, являющийся результатом расчета двумерного температурного поля (рис. 3).

Расчетный участок имеет размеры 426×800 мм. Площадь стены, вошедшей в расчетный участок,  $S_{f,1} = 0,532 \text{ м}^2$ .

Поток теплоты через стену с оконным откосом, вошедшую в участок, по результатам расчета температурного поля равны  $Q_{f,1}^l = 12 \text{ Вт}/\text{м}$ .

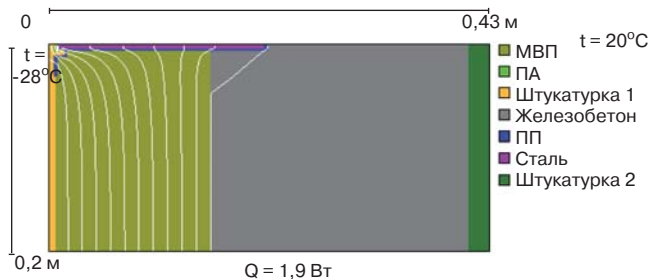


Рис. 5. Температурное поле в зоне расположения дюбеля, закрепленного в железобетонном ригеле

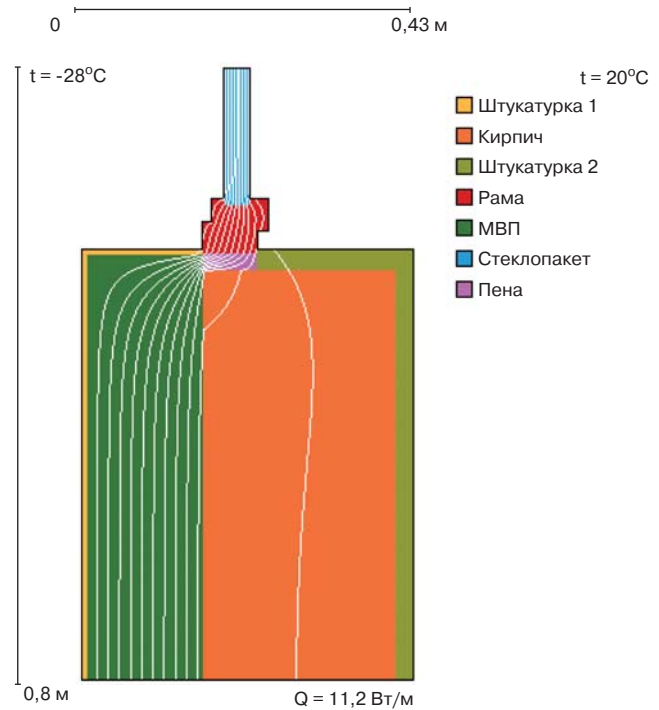


Рис. 4. Температурное поле в зоне оконного откоса по стене из кирпичной кладки

Поток теплоты через участок однородной стены той же площади определяется по формуле (16):

$$Q_{f,1} = \frac{20 - (-28)}{3,64} \cdot 0,532 = 7 \text{ Вт}/\text{м}.$$

Дополнительный поток теплоты через верхний откос определяется по формуле (15):

$$\Delta Q_{f,1}^l = 12 - 7 = 5 \text{ Вт}/\text{м}.$$

Удельный линейный поток теплоты через верхний откос определяется по формуле (14):

$$\Psi_1 = \frac{5}{20 - (-28)} = 0,104 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C}).$$

Расчеты удельных характеристик других элементов проводятся аналогично и сведены в табл. 2.

Таким образом, определены все удельные потоки теплоты, обусловленные всеми элементами в рассматриваемом фрагменте ограждающей конструкции.

#### 4. Определение приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции.

Определенные в предыдущих пунктах удельные геометрические показатели и удельные потоки теплоты, обусловленные элементами фрагмента ограждающей конструкции, сведены в табл. 3.

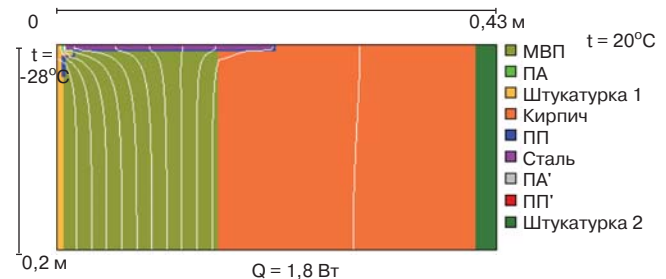


Рис. 6. Температурное поле в зоне расположения дюбеля, закрепленного в кирпичной кладке

Таблица 3

Элемент фрагмента	Размерность проекции элемента на поверхность фрагмента	Удельный геометрический показатель	Удельные потоки теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля от общего потока теплоты через фрагмент, %
Железобетонный ригель с участком перекрытия, утепленный слоем минераловатной плиты, закрытой тонким слоем штукатурки	Плоская	$s_1 = 0,232 \text{ м}^2/\text{м}^2$	$U_1 = 0,275 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	$U_1 s_1 = 0,0638 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	17,5
Кирпичная кладка, утепленная слоем минераловатной плиты, закрытой тонким слоем штукатурки		$s_2 = 0,768 \text{ м}^2/\text{м}^2$	$U_2 = 0,262 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	$U_2 s_2 = 0,201 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	55,2
Оконный откос, образованный железобетонным ригелем, утепленным слоем минераловатной плиты, закрытой тонким слоем штукатурки	Линейная	$l_1 = 0,149 \text{ м}/\text{м}^2$	$\psi_1 = 0,104 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$	$\psi_1 l_1 = 0,0155 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	4,26
Оконный откос, образованный кирпичной кладкой, утепленной слоем минераловатной плиты, закрытой тонким слоем штукатурки		$l_2 = 0,476 \text{ м}/\text{м}^2$	$\psi_2 = 0,094 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$	$\psi_2 l_2 = 0,0447 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	12,3
Дюбель со стальным сердечником, прикрепляющий слой минераловатной плиты к железобетонному ригелю	Точечная	$n_1 = 1,85 \text{ 1}/\text{м}^2$	$K_1 = 0,0052 \text{ Вт}/^\circ\text{C}$	$K_1 n_1 = 0,00962 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	2,64
Дюбель со стальным сердечником, прикрепляющий слой минераловатной плиты к кирпичной кладке		$n_2 = 6,15 \text{ 1}/\text{м}^2$	$K_2 = 0,0048 \text{ Вт}/^\circ\text{C}$	$K_2 n_2 = 0,0295 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	8,1

Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции определяется по формуле (7):

$$R_o^{np} = \frac{1}{0,0638 + 0,201 + 0,0155 + 0,0447 + 0,00962 + 0,0295} = \frac{1}{0,364} = 2,75 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Коэффициент теплотехнической однородности, определенный по формуле (11), равен:

$$r_{io} = \frac{0,201 + 0,0638}{0,364} = 0,73.$$

Оставляя в стороне анализ полученного значения  $R_o^{np}$ , можно отметить простоту определения этого значения. Потребовался расчет всего четырех температурных полей. Данные табл. 3 позволяют провести анализ и наметить пути повышения теплозащиты ограждающей конструкции.

#### Закключение

Таким образом, сформулировано определение (дефиниция) понятия приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции. Рассмотрены два подхода к определению значения этой величины. Первый подход, который назван *фрагментным*, в большинстве случаев непригоден для адекватных расчетов  $R_o^{np}$ . Другой подход, названный *элементным*, является очень удобным именно для проведения расчетов значений  $R_o^{np}$  фрагментов ограждающих конструкций, которые требуются для расчетов энергопотребления зданий. Изложена методика соответствующего расчета, которая проиллюстрирована примером. Элементный подход является хорошей основой для разработки инженерных методик расчета  $R_o^{np}$ , которые сможет использовать рядовой проектировщик. Примеры подобных расчетов для некоторых конструкций приведены в [7, 8]. Элементный подход представляется также удобным с точки зрения проверки результатов расчета при экспертизе раздела проекта «Энергоэффективность».

*Замена в нормативных документах методик расчета фрагментного подхода на методики элементного подхода послужит реальным действием, направленным на повышение теплозащиты ограждающих конструкций проектируемых зданий без повышения требуемых значений сопротивления теплопередаче и без увеличения стоимости строительства.*

**Ключевые слова:** *приведенное сопротивление теплопередаче; теплотехническая неоднородность; удельный поток теплоты; элементный подход; линейный элемент; точечный элемент; плоский элемент; фрагмент ограждающей конструкции.*

#### Список литературы

1. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий». М., 2004.
2. СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий». М., 2004.
3. Татаринов В.А. О необходимости изменений и дополнений в СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий» // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 423–427.
4. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Крышов С.И., Пономарев О.И. Теплозащита наружных стен зданий с облицовкой из кирпичной кладки // Журнал АВОК. 2009. Ч. 1. № 5. С. 48–56. Ч. 2. № 6. С. 48–55.
5. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. М.-Л.: ОНТИ, гл. ред. стр. лит., 1937. 251 с.
6. ГОСТ 26254-84 «Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций».
7. Козлов В.В. Исследование теплотехнических свойств теплоизоляционного фасада с тонким штукатурным слоем в зоне расположения дюбеля // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 346–355.
8. Гагарин В.Г. Теплофизические проблемы современных стеновых ограждающих конструкций многоэтажных зданий // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 297–305.

О.А. ИВАНОВА, начальник ПТО, В.А. КЛЕВАКИН, главный инженер,  
ОАО «Ревдинский кирпичный завод» (г. Ревда Свердловской обл.)

## Минералогический анализ как основа качества керамического кирпича

В течение последних 10 лет отрасль производства керамического кирпича в России получила значительное развитие. Номенклатура готовой продукции многих кирпичных заводов исчисляется десятками видов. Основные из них: рядовой кирпич, лицевой кирпич, цветной кирпич различных оттенков от черного до белого, крупноформатные керамические камни, заменяющие от 2 до 15 кирпичей НФ, клинкерный кирпич, применяемый в агрессивных средах, фасонный кирпич различных форм, торкретированный и глазурированный кирпич.

Технологии изготовления всех вышеперечисленных видов продукции общеизвестны производителям по всему миру, но продукция каждого предприятия уникальна, так как напрямую зависит от свойств исходного сырья. Именно на изучении свойств исходного сырья, его химического и минерального состава основывается возможность прогнозирования конечных свойств готовой продукции, и в данной статье описан опыт такого исследования, внедренный на ОАО «Ревдинский кирпичный завод» (ОАО «РКЗ»).

Любой производитель керамического кирпича сталкивался с таким явлением, как необходимость выпуска идентичных партий продукции. Факторы идентичности бывают разные, но в основном это цвет черепка и физико-механические характеристики.

Специалисты ОАО «РКЗ» с начала освоения выпуска цветного кирпича работали в направлении унификации готовой продукции. Но их попытки практически никогда не давали результата: каждая партия отличалась от предыдущей. Это, естественно, вызывало нарекания со стороны потребителя.

В 2007 г. предприятием был приобретен лазерный анализатор элементного состава LEAS-500, позволяющий выполнять химический анализ любого сырьевого компонента по стандартным образцам. Введение опре-

деления химического состава завозимой шихты в карту технологического контроля производственного процесса цветного кирпича позволило решить ряд значительных проблем в направлении выпуска идентичных партий продукции. Химический анализ шихты позволяет корректировать состав в момент завозки ее в шихтозapasник цеха, а также гарантирует определенный оттенок готовой продукции. Но проведение химического анализа сырья не могло спрогнозировать физико-механические характеристики готовой продукции. Именно с этой целью ОАО «РКЗ» был приобретен электронный микроскоп Leica с возможностью 1000-кратного увеличения.

Результаты работы в области микроструктуры и минералогии черепков керамического кирпича ОАО «РКЗ» представлены ниже.

Приобретение микроскопа ОАО «РКЗ» преследовало следующие цели:

1. Определение минералогического состава сырья. Данная цель поставлена в связи с тем, что опытным путем подтверждено: постоянство химического состава определенных групп оксидов не гарантирует идентичного минерального состава сырья, что в итоге сказывается на качестве готовой продукции.

2. Разработка методики расчета минерального состава по результатам химического анализа.

3. Прогнозирование физико-механических характеристик готовой продукции по минералогическому составу компонентов шихты.

В статье представлены результаты исследования четырех видов строительного кирпича, выпускаемого ОАО «Ревдинский кирпичный завод».

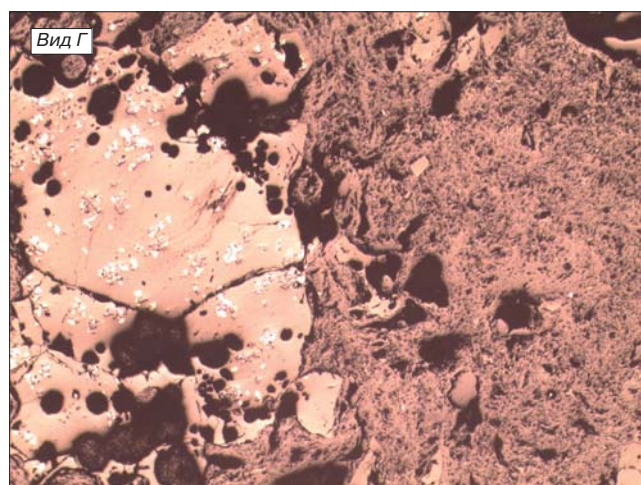
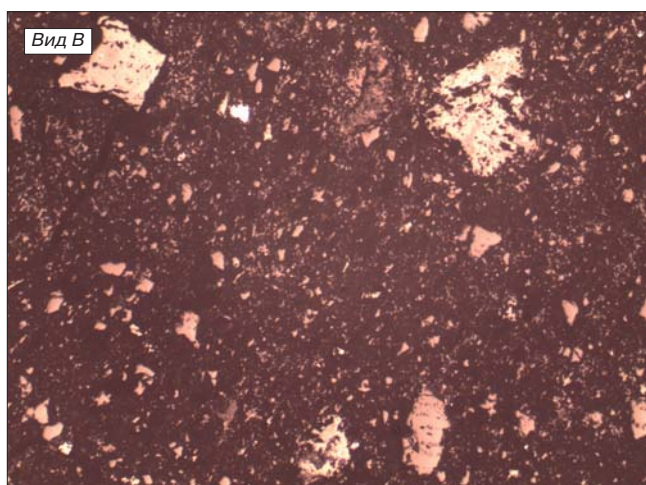
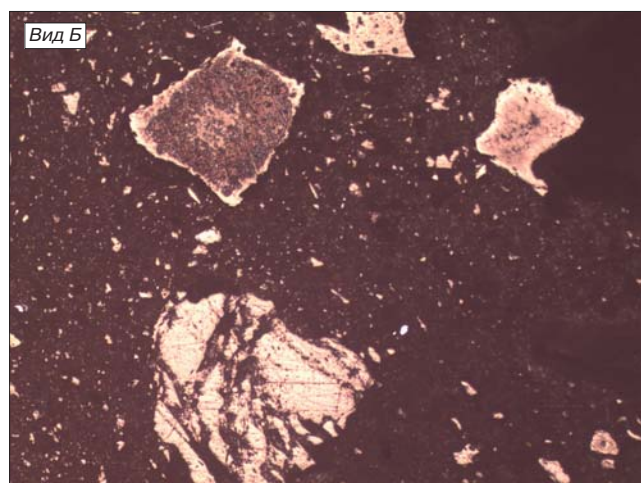
С определенным допущением можно считать, что химической основой строительного керамического кирпича является четырехкомпонентная система

Таблица 1

Название минерала	Цвет (макро)	Среднее значение коэффициента преломления, $N_{cp}$	Среднее значение коэффициента отражения $R$ , %	Относительная микротвердость (по Моосу), $H_m$	Травление НФ	Особые свойства
Кварц	Бесцветный, белый	1,547	4,5	7	+	Твердость
Анортит	Белый	1,53	5,2	6	++	–
Диопсид	Бурый, белый	1,763	7,6–8,5	5,5	–	–
Стеклофаза*	Переменный	1,5–1,65	4,5–6	5–5,5	+++	Аморфность
Шпинель	Бесцветный, белый	1,718	7,2	8	–	Форма кристалла
Клиноэнстатит	Белый	1,66	6,5	5,5	–	
Магнетит	Черный	3	21	5,5	–	Сильномагнитен
Гематит	Красный	3	26,5	6	–	Слабомагнитен
Железо (металлическое)	Черный	–	56	4,5	–	Сильномагнитно

**Примечание.** Травление НФ: + – медленное, ++ – быстрое, +++ – очень быстрое (5 с).

\* Свойства стеклофазы ( $N_{cp}$  и  $R$ ) определяются содержанием в ней  $Fe_2O_3$ ,  $MnO$ ,  $TiO_2$ ,  $Cr_2O_3$  и  $V_2O_5$ .



Микротекстура кирпича

оксидов  $\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2$  с основностью  $(\text{CaO}/\text{SiO}_2) < 1$ . Однако в связи с наличием щелочных оксидов  $\text{TiO}_2$  и  $\text{MgO}$  фазовый (минеральный) состав будет определяться фактически 8-компонентной оксидной системой:



В результате детальной микроскопии отраженного и проходящего света установлено, что все образцы имеют неоднородную макро- и микроструктуру (рисунок), обусловленную наличием относительно крупных

(0,3–1,8 мм), плотных и пористых включений (зерен), находящихся в мелкозернистой спеченной основной массе (матрице) кирпича.

Для диагностики минерального состава зерен и матрицы использовали оптические и другие свойства минералов (табл. 1).

При этом главным диагностическим свойством являются коэффициенты отражения  $R$  и преломления  $N$ , значения которых варьируют соответственно в пределах 4,5–56% и 1,53–3. Дополнительно образцы подвергли химическому травлению плавиковой кислотой.

Таблица 2

Минералы		Содержание минералов, мас. %			
Название	Химическая формула	А	Б	В	Г
Гематит	$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$	7–8/7,5	3–4/3,5	4–6/5	4–5/4,5
Кварц	$\beta\text{-SiO}_2$	15–20/17,5	30–35/32,5	25–30/27,5	15–20/17,5
Стеклофаза	$\text{R}_2\text{O} \cdot \text{R}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2$	41–45/43	46–50/48	42–46/44	46–50/48
Анортит	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	20–22/21	6–8/7	10–15/12,5	5–7/6
Диопсид	$\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$	10–12/11	8–10/9	10–12/11	10–12/11
Шпинель	$\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	–	–	–	2–3/2,5
Клиноэнстатит	$\alpha\text{-MgO} \cdot \text{SiO}_2$	–	–	–	1–2/1,5
Магнетит	$\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	–	≤0,5	≤0,3	≤0,3
Железо (металлическое)	$\alpha\text{-Fe}$	–	≤0,3	≤0,2	≤0,1



Таблица 3

Минералы		Содержание минерала, мас. %			
Название	Химическая формула	А	Б	В	Г
Анортит	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	10,57	25,04	22,81	16,14
Диопсид	$\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$	14,51	7,58	5,41	9,53
Тиалит	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiO}_2$	1,27	3,09	2,91	2,18
Муллит	$3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	12,78	14,91	12,36	20,88
Альбит	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	27,25	0,17	9,43	5,76
Микроклин	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	9,42	5,54	4,43	7,2
Кварц	$\beta\text{-SiO}_2$	14,04	39,06	34,32	32,28
Гематит	$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$	9	4,2	5,1	4,5
Σ		98,84	99,59	96,77	98,47

Таблица 4

Минералы	Физико-механическая характеристика	Химическая формула минерала	Содержание минерала, мас. %			
			А	Б	В	Г
Гематит	Интенсивность красного цвета	$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$	От 7	От 7	От 7	От 7
Кварц	Повышенная марочность	$\beta\text{-SiO}_2$	От 30	От 30	От 30	От 30
Стеклофаза	Повышенная марочность	$\text{R}_2\text{O} \cdot \text{R}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2$	От 46	От 46	От 46	От 46
Анортит	Минимальный объемный вес	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	5–8	5–8	5–8	5–8
Диопсид	Высокая морозостойкость	$\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$	От 10	От 10	От 10	От 10
Шпинель	Желтый цвет черепка	$\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	От 2	От 2	От 2	От 2
Клиноэнстатит	Желтый цвет черепка	$\alpha\text{-MgO} \cdot \text{SiO}_2$	От 2	От 2	От 2	От 2
Магнетит	Персиковый цвет черепка	$\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	≤0,3	≤0,3	≤0,3	≤0,3
Железо (металлическое)	Персиковый цвет черепка	$\alpha\text{-Fe}$	≤0,2	≤0,2	≤0,2	≤0,2

В результате исследований микроструктуры выявлены индивидуальные особенности кирпича, различный минеральный состав зерен (включений), минералогия и строение матрицы. Однако имеются также общие характерные черты. Белые включения представлены в основном кварцем, коричневые (рыжие) зерна – железосодержащей полуразложившейся (выветренной) горной породой переменного состава.

Черные и серые зерна в образцах светлой окраски имеют принципиально иной состав. Они представлены в основном железосодержащими металлургическими гранулированными шлаками, состоящими из силикатной стеклофазы с включениями магнетита, шпинели и металлического железа.

На основании химического состава и частных двух-, трех- и четырехкомпонентных диаграмм состояния оксидных подсистем восьмикомпонентной системы  $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{TiO}_2-\text{SiO}_2$  рассчитан равновесный фазовый (минеральный) состав всех разновидностей кирпича (табл. 2).

При расчете теоретического фазового состава  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  остался в свободном состоянии, а  $\text{TiO}_2$  вошел в состав тиалита  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiO}_2$ . Щелочные оксиды совместно с  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{SiO}_2$  образовали два полевых шпата – альбит  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$  и микроклин  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ . Весь  $\text{MgO}$  израсходован на диопсид  $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ , а оставшийся кальций совместно с остальным  $\text{Al}_2\text{O}_3$  затрачен на анортит  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ . После расчета указанных двойных и тройных соединений во всех образцах оказался свободный кремнезем (кварц) в количестве 14–39% (табл. 3).

После определения теоретического минерального состава реальный качественный фазовый состав уточнен рентгенофазовым анализом. При этом выявлено, что все образцы содержат в значительном количестве кварц  $\text{SiO}_2$  и гематит  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ . Однако каждый кирпич

имеет специфические особенности минералогии. Так, в образце А установлен дополнительно анортит, в образце Б – диопсид, в кирпиче В – анортит и диопсид, в изделии Г – три силиката: диопсид, анортит и клиноэнстатит  $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ . Муллит, тиалит и полевые шпаты отсутствуют.

Существенным недостатком рентгенофазового анализа является невозможность фиксации количества кристаллических фаз и наличия стеклофазы, если последние (кристаллофазы) находятся при содержании менее 3–5 мас. %. Поэтому более точный фактический минеральный состав определен петрографическим методом (табл. 2) осуществляемым посредством электронного микроскопа. Реальный минеральный состав кирпича представлен преимущественно стеклофазой 41–50 мас. %; кварцем 15–35 мас. %; анортитом 5–22 мас. % и диопсидом 8–12 мас. %.

Именно варьирование содержания минералогических фаз в готовой продукции посредством введения различных добавок в состав шихты позволило специалистам ОАО «РКЗ» добиться возможности прогнозировать заданные физико-механические параметры готовой продукции (табл. 4).

Таким образом, проведенные исследования дают возможность при разработке состава шихты и подготовке лабораторных образцов прогнозировать свойства готовой продукции, что значительно снижает первоначальные затраты на отработку новых ее видов. Авторы выражают благодарность доктору геолого-минералогических наук В.А. Перепелицыну за помощь в разработке методики исследования.

**Ключевые слова:** керамический кирпич, унификация готовой продукции, лазерный анализатор, минералогическая фаза, микроструктура.

УДК 691.33

А.М. САЛАХОВ, канд. техн. наук., Казанский государственный технологический университет; Р.Р. КАБИРОВ, генеральный директор ОАО «Алексеевская керамика»; Р.А. САЛАХОВА, инженер (renata.salakhova@gmail.com), Всероссийский научно-исследовательский институт строительных материалов и конструкций им. П.П. Будникова (Московская обл.); Е.С. НЕФЕДЬЕВ, д-р хим. наук, Казанский государственный технологический университет; О.М. ИЛЬЧЕВА, младший научный сотрудник, АТСИЦ ФГУП ЦНИИГеолнеруд

## ОАО «Алексеевская керамика» на инновационном пути создания высокотехнологического производства

Принятая Правительством России программа существенного увеличения объемов жилищного строительства ставит задачу правильного выбора строительных материалов, сочетающих в себе высокие функциональные характеристики с требованиями экономичности. Благодаря уникальным сочетаниям эксплуатационных характеристик объемы производства изделий строительной керамики неуклонно растут [1, 2].

Сегодня в Татарстане методично развивают и претворяют традиции производства керамики. Ежегодно в республике вводятся в действие новые цеха и даже целые заводы по производству современной строительной керамики.

В целях организации масштабного производства лицевого кирпича объемного окрашивания на заводе ОАО «Алексеевская керамика» была поставлена задача модифицировать малопластичные суглинки, которые являются наиболее распространенным сырьем Поволжского региона.

После длительных исследований в качестве модификатора была выбрана глина Салмановского месторождения Тетюшского района Республики Татарстан. Отличительной чертой этой глины является то, что ее карбонатные составляющие представлены высокодисперсными органомными включениями. Благодаря форме их назвали «пуговичками» (рис. 1).

Химический состав глины Салмановского месторождения:  $\text{SiO}_2$  – 37,14%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 13,42%;  $\text{TiO}_2$  – 0,62%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 4,46%;  $\text{MnO}$  – 0,05%;  $\text{CaO}$  – 19,86%;  $\text{MgO}$  – 1,66%;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 0,29%;  $\text{K}_2\text{O}$  – 2,10%; ППП – 20,11%.

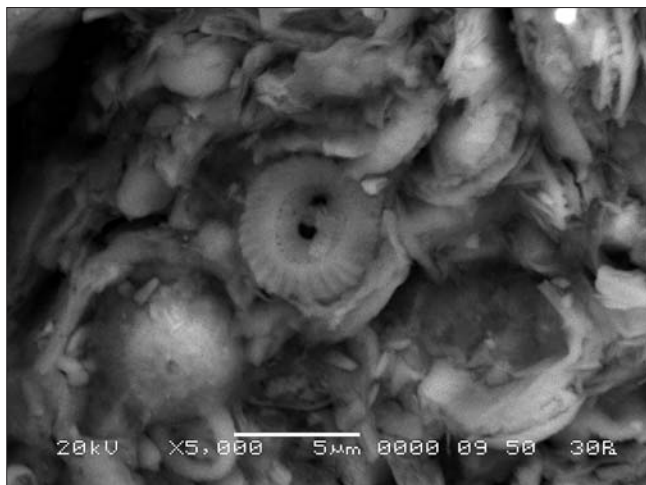


Рис. 1. РЭМ-фото глины Салмановского месторождения, увеличение 5000. Размеры карбонатных включений не превышают 3 мкм

В многочисленных работах отечественных и зарубежных авторов показана значительная роль модификаторов для изменения технологических и эксплуатационных характеристик изделий. Однако влияние модификаторов на структуру керамических материалов на мезоуровне недостаточно изучено. В то же время многие свойства изделий строительной керамики определяются структурой именно на мезоуровне. Кристаллические новообразования, формирующиеся в процессе обжига, как правило, имеют размеры нанометрового диапазона, т. е. относятся к микроуровню.

Авторы полагают, что минеральный состав новообразований играет существенную роль, однако в силу стохастичности структуры и практически неизбежного наличия микротрещин особенности структуры именно на мезоуровне определяют прочностные характеристики изделий.

Практическая реализация теоретических исследований была осуществлена на кирпичном заводе ОАО «Алексеевская керамика». С этой целью в технологический режим предприятия были внесены серьезные изменения, направленные на решение трех задач:

- 1) повышение степени гомогенизации шихты;
- 2) совершенствование режима сушки;
- 3) изменение режима обжига.

Для решения первой задачи в отделение глиноподготовки в дополнение к двухвальным смесителям и вальцам грубого помола были установлены вальцы тонкого помола с зазором между валками 1 мм и глиносмеситель с фильтрующей головкой, а к бегунам мокрого помола



Рис. 2. Широколопастные реверсивные вентиляторы

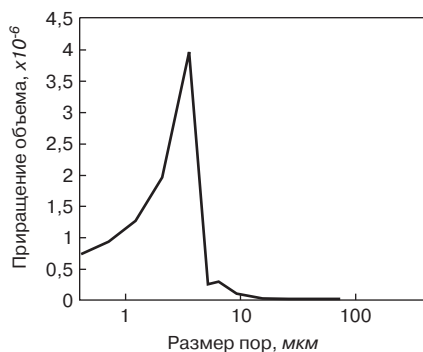


Рис. 3. Распределение пор по размерам в керамике из алексеевской глины

был подведен паропрогрев. Указанные мероприятия позволили обеспечить высокую степень равномерного смешивания исходных суглинков.

Для решения второй задачи были построены новые сушилки с широколопастными вентиляторами реверсивного действия (рис. 2). Режим сушки контролируется системой автоматики, регулирующей влажность и температуру с высокой точностью (до 0,1°C). Влажность изделий после сушки составляет 1–2%.

В результате исследований была спроектирована диаграмма обжига с максимальной температурой 1027°C. Для практической реализации такого обжига были приобретены итальянские печи периодического действия с точной регулировкой температуры.

Указанная модификация сырья позволила изменять цветовую гамму керамического черепка (от розового до светло-желтого) и увеличивать прочностные характеристики изделий, т. е. повышать их марочность.

Рентгенографический анализ изделий показал следующий минеральный состав:

- 1) реликтовые минералы (кварц, полевые шпаты);
- 2) новообразованные минералы: гематит  $Fe_2O_3$ ; волластонит  $CaSiO_3$ , мелилит  $(Ca, Na)_2(Al, Mg, Fe)[(Si, Al)_2O_7]$  и пироксен, близкий к геденбергиту состава  $CaFe[Si_2O_6]$ ; аморфная силикатная, вероятно, алюмосиликатная, фаза.

Ни в одном из изученных образцов кирпича продуктов термической диссоциации присутствующего в сырье кальцита не обнаружено; не обнаружено также и продукта гидратации извести  $CaO$  – портландита  $Ca(OH)_2$ .

Полученные данные указывают, что наблюдается четкая связь минерального состава образцов керамики с их цветовыми оттенками и физико-механическими свойствами:

- примесь гематита, обуславливающая красный цвет керамических образцов, фиксируется на дифракто-

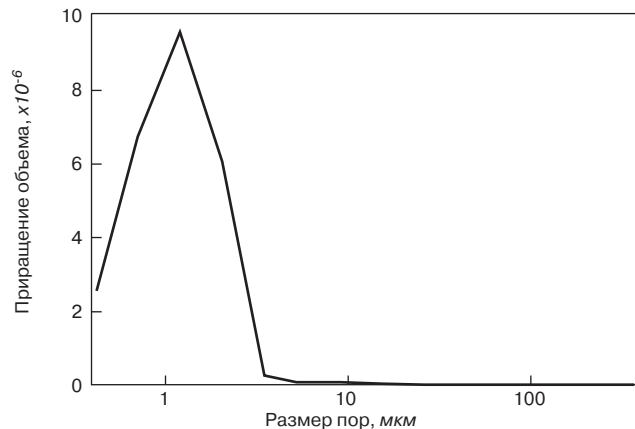


Рис. 5. Распределение пор по размерам в керамике из композиции алексеевской и салмановской глин

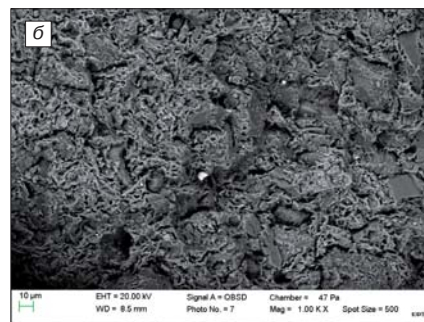
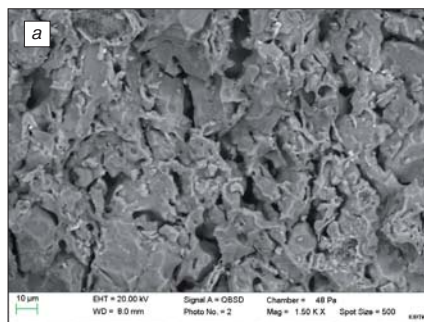


Рис. 4. Изменение структуры керамического материала. РЭМ-фото: а – керамика из алексеевской глины; б – керамика из композиции алексеевской и салмановской глин

граммах тех образцов, в составе шихты которых присутствует менее 20% карбонатов;

- наблюдается прямая зависимость содержания в образцах новообразованного волластонита и их прочности.

Проведенные электронно-микроскопические исследования показали, что поры в изделиях строительной керамики представлены крайне нерегулярными формами, тем не менее пик на диаграмме, соответствующий наиболее часто встречающемуся размеру пор (рис. 3), в первом приближении можно трактовать как средний диаметр пор.

В результате исследований, проведенных в Казанском физико-техническом институте и Новосибирском институте катализа РАН, показано, что в результате добавки к базисному сырью глины Салмановского месторождения при обжиге в результате диссоциации карбонатов формируются округлые поры (рис. 4).

Средний диаметр пор сокращается с 2537 до 1321 нм (рис. 3 и 5), при этом удельная поверхность пор возрастает в два с половиной раза. Это означает, что преимущественные размеры пор, вызванные диссоциацией высокодисперсных карбонатов, не превышают 1 мкм. Поры такого размера снижают плотность, несколько увеличивают водопоглощение, но не снижают прочностных свойств; важно, что морозостойкость изделий составляет не менее 50 циклов.

В результате такой модификации сырья и соответствующей модернизации производства было организовано изготовление высококачественного лицевого кирпича, который успешно реализуется, несмотря на кризисные ситуации. Такие изделия широко используются при строительстве объектов Универсиады 2013 г. Изделия сочетают в себе высокие эстетические качества широкой цветовой гаммы, прочностные и теплофизические свойства. Наибольшим успехом пользуется кирпич цвета слоновая кость с прочностью на сжатие 15 МПа, коэффициентом теплопроводности 0,284 Вт/м·К, марка

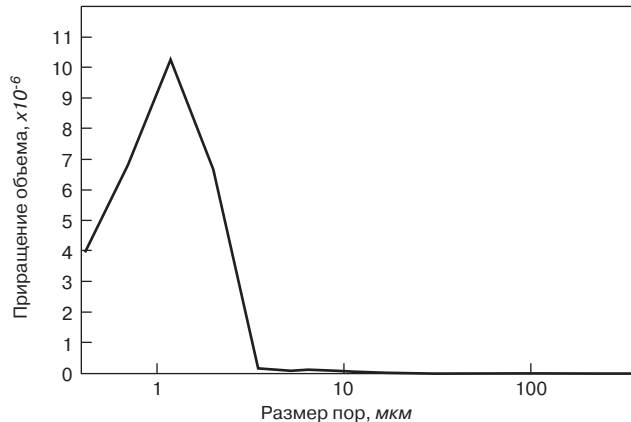
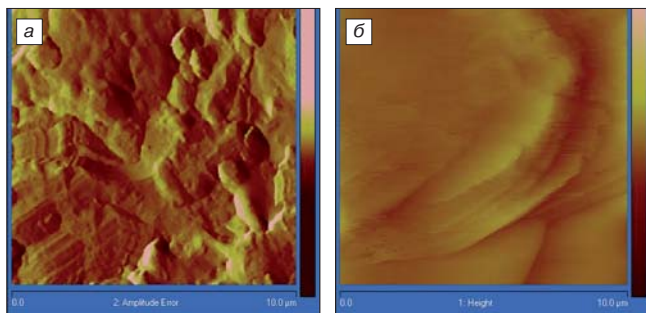


Рис. 6. Распределение пор по размерам в керамике из композиции глины с диатомитом



**Рис. 7.** Изображение поверхности, полученное сканирующим зондовым микроскопом MultiMode V фирмы Veeco: а – температура обжига 1000°C; б – температура обжига 1150°C

кирпича по морозостойкости F50. Такие результаты получены при среднем радиусе пор 1321 нм, удельной поверхности пор 0,530 м<sup>2</sup>/г. По итогам 2009 г. было произведено и реализовано 10 млн шт. такой продукции.

Новые времена поставили новые задачи.

Современные ограждающие конструкции претерпевают серьезные изменения. Основной причиной, вызвавшей изменение ограждающих конструкций, стало введение повышенных требований к теплозащите с целью снижения затрат на отопление зданий, что вызвало применение многослойных конструкций фасадных систем.

В материалах II Всероссийской научно-технической конференции «Строительная теплофизика и энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций зданий» [3] отмечается, что в многослойных фасадных системах облицовочный слой отделен плитным утеплителем от конструктивной части стены, что ухудшает его температурный режим и повышает число циклов замораживания и оттаивания. Пар, диффундирующий из помещения, встречая на пути низкое сопротивление паропрооницанию утеплителя, перемещается к более холодному облицовочному слою и конденсируется на нем. Поглощенная кирпичом влага при заморозках переходит в твердое состояние (лед), что часто вызывает разрушение. Аналогичны причины разрушения и лицевого кирпича, расположенного на металлических уголках, на которых при потеплении после мороза образуется иней.

Столь серьезное качественное изменение физических процессов в наружных ограждающих конструкциях должно обеспечиваться изменением требований к физическим свойствам материалов.

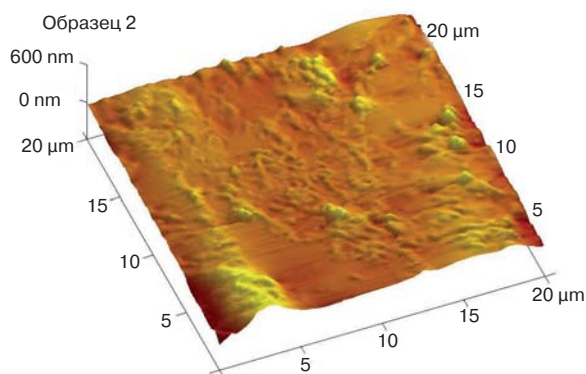
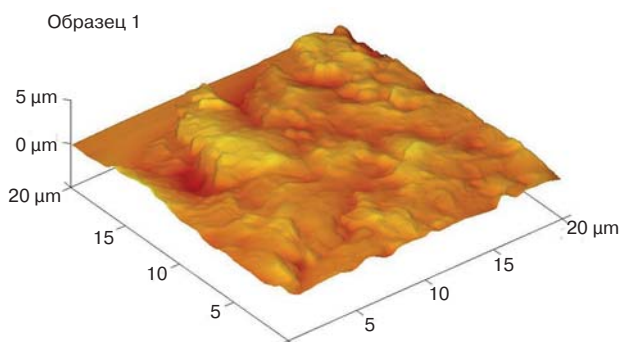
Для решения этой проблемы в ряде зарубежных стран, а в последние годы и в России стали применять лицевой кирпич с повышенными прочностными характеристиками, а именно клинкер. Фасадный клинкер хорошо зарекомендовал себя в эксплуатации, однако объемы его производства в России совершенно незначительны. На строительных рынках крупных городов (Москва, Санкт-Петербург, Казань, Самара) реализуется клинкер немецкого производства, однако цена его достигает 2 евро за штуку.

Традиционно считалось, что для производства клинкера могут использоваться лишь тугоплавкие глины, которые достаточно редко встречаются в регионе Поволжья. Нами предложен новый подход к решению данной задачи.

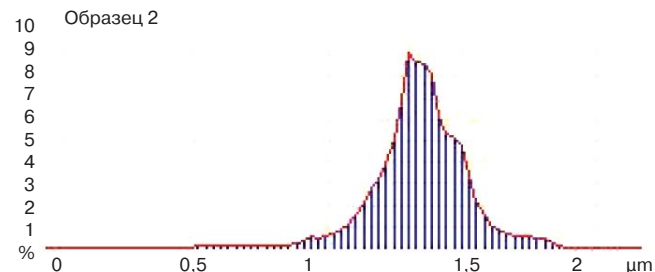
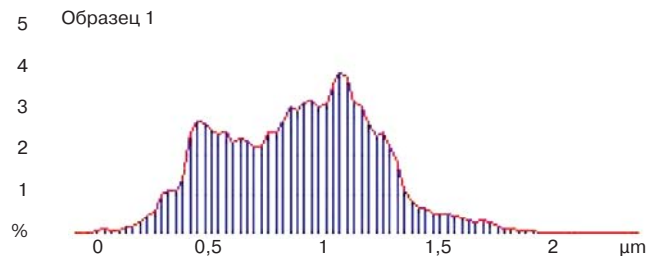
В качестве одного из вариантов была предложена модификация суглинков диатомитом. Диатомиты – это легкие тонкопористые породы, сложенные в основной массе мельчайшими опаловыми створками (или их обломками) диатомовых водорослей – диатомей.

Выбор в качестве модификатора диатомита объясняется тем, что он достаточно распространен в России. В работе был использован диатомит Инзенского месторождения Ульяновской области. В зависимости от содержания органических примесей и оксидов железа встречается окраска диатомитов серая, буровато-серая, реже белая. Характерный химический состав диатомитов Инзенского месторождения: SiO<sub>2</sub> – 78,23%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 5,62%; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 2,64; TiO<sub>2</sub> – 0,27%; CaO+MgO – 1,21%; N<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O – 1,34%; ППП – 19,66%. Минеральный состав используемого диатомита следующий: монтмориллонит – 25%; гидрослюда – 5%; кварц – 5%; аморфная фаза – 64%.

Как известно, диатомиты, опоки, трепелы, спонголиты, радиоляриты входят в группу осадочных кремнистых пород, сложенных преимущественно опалом и кристобалитом. Их характерной особенностью является, с одной стороны, наличие аморфной активной крем-



**Рис. 8.** 3d-изображение образцов



**Рис. 9.** Распределение поверхности по высоте образцов

некислоты, а с другой – тонкопористая структура. Совокупность указанных свойств обуславливает их высокую химическую активность, что делает их весьма важным потенциальным компонентом керамического производства. Задача заключается в том, чтобы раскрыть этот потенциал.

Как было установлено, для подобных изделий характерным является наличие многоуровневой иерархической структуры, где каждый масштабный уровень представляет собой многокомпонентное образование.

Было зафиксировано существенное отличие поровой фазы керамического образца, изготовленного из полиминеральной глины (рис. 4), и керамического образца, изготовленного из композиции глины с диатомитом (рис. 6), обожженных при идентичной температуре.

Предполагается, что влиянию удельной поверхности пор на технологические характеристики изделий строительной керамики ранее не уделялось должного внимания. Исследования, проведенные в Институте исследования кирпича (Institut für Ziegelforschung Essen) [4], показали существенное влияние удельной поверхности пор на прочностные характеристики сырца.

Немецкие специалисты делают вывод, что удельную поверхность пор целесообразно рассматривать как важнейший технологический параметр, поскольку прочностные характеристики сырца чрезвычайно важны, особенно при производстве крупноразмерных изделий. Высушенные до 1–1,5% влажности изделия обладают достаточно высокими прочностными свойствами, что позволяет без проблем их перемещать и укладывать друг на друга для последующего обжига.

Было установлено, что изменение температуры обжига композиции глины с диатомитом с 1000°C (образец № 1) до 1150°C (образец № 2) сильно изменяет характер поверхности, дисперсность составляющих ее частиц и приводит к значительным отличиям в свойствах (образец № 2 в два раза прочнее). Сопоставление структуры пор образцов № 1 и 2 показывает, что она существенно изменяется при изменении температуры обжига. Средний диаметр пор уменьшается с 247 до 37 нм, а удельная поверхность пор возрастает в полтора раза. С ростом температуры обжига меняется и фрактальная размерность с 2,99 до 2,86, что, по мнению профессора А.В. Белякова, является типичным для керамики.

Изменение структуры отмечается и при исследовании методом прерывисто-контактной атомно-силовой микроскопии (рис. 7–9).

При исследовании различных участков образца № 2 установлено, что его поверхность значительно более гладкая. На различных участках отклонения от плоскости составляют лишь 600–200 нм. На некоторых особо гладких участках отклонения составляют лишь 130 нм, что свидетельствует о снижении фрактальной размерности.

Термический анализ, выполненный на приборе SDT Q 600, свидетельствует о том, что при изменении температуры от 1000 до 1150°C изменений массы не зафиксировано, однако в интервале температуры 1020–1070°C наблюдается незначительный эндотермический эффект, что можно связать с рекристаллизацией образца. Это подтверждают данные рентгенофазового анализа.

По данным рентгеновской дифракции минеральный состав образцов описывается ассоциацией следующих фаз: тригональный SiO<sub>2</sub> (кварц), каркасный алюмосиликат (плагиоклаз), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (гематит) и кубический SiO<sub>2</sub> (кristобалит). Повышение профиля дифрактометрической кривой над уровнем фона указывает на присутствие рентгеноаморфной фазы.

Как видно из рентгенограмм, относительное содержание минералов в образцах изменяется в зависимости от температуры обжига. Динамика этих изменений показана на рис. 10, где построены графики зависимости

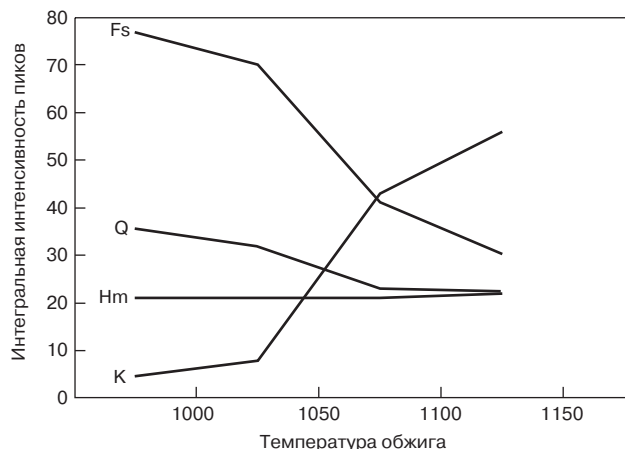


Рис. 10. Изменение интенсивностей дифракционных отражений кристаллических фаз от температуры обжига: Fs – полевой шпат; Q – кварц; Hm – гематит; K – кристобалит

интегральных интенсивностей дифракционных рефлексов присутствующих кристаллических фаз от температуры обжига:

- для кварца (Q) измерялась интенсивность рефлекса с  $d = 4,26 \text{ \AA}$ ;
- для кристобалита (K) – с  $d = 4,10 \text{ \AA}$ ;
- для гематита (Hm) – с  $d = 2,69 \text{ \AA}$ ;
- для полевого шпата (Fs) – суммарная интенсивность трудноразрешаемого дуплета рефлексов с  $d = 3,19$  и  $3,22 \text{ \AA}$ .

Учитывая, что цвет образцов существенно меняется с оранжевого до темно-коричневого, а содержание гематита остается неизменным, можно предположить, что химические реакции с участием атомов железа происходят на границе зерен в аморфной фазе, содержание которой с повышением температуры обжига тоже увеличивается.

Результаты работы завода ОАО «Алексеевская керамика» и последующих исследований показали, что изделия, полученные в результате обжига полиминеральных глин, модифицированных кремнистыми породами и глинами с высоким содержанием высокодисперсных карбонатов, отличаются высокими прочностными и эстетическими свойствами, что раскрывает самые широкие возможности для их массового производства и применения.

**Ключевые слова:** высококачественная керамика, физико-механические свойства, структура, клинкер.

#### Список литературы

1. Лыгина Т.З., Садыков Р.К., Корнилов А.В., Сенаторов П.П. Состояние производства стеновых керамических материалов в Российской Федерации // Строит. материалы. 2009. № 4. С. 10–11.
2. Перспективы развития инвестиционно-строительного комплекса Республики Татарстан / Под ред. И.Э. Файзуллина. Казань: Центр инновационных технологий, 2008. 376 с.
3. Лобов О.И., Ананьев А.И., Абарыков В.П., Синютин А.Е. Теплозащитные свойства и долговечность фасадных систем современных зданий // Сб. трудов Второй Всероссийской научно-технической конференции «Строительная теплофизика и энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций зданий». СПб., 2009.
4. Karsten Junge, Anne Tretau. Influens of the inner surface of drying green ceramic products on their moisture-dependent tensile strength // Annual 2010 for the Brick and Tile, Structural Ceramic and Clay Pipe Industries. 2010. Bauverlag ISBN 978-3-7625-3638-3.

Б.В. ТАЛПА, канд. геол.-мин. наук, Южный федеральный университет (ЮФУ, Ростов-на-Дону); В.Д. КОТЛЯР, канд. техн. наук, Ю.В. ТЕРЕХИНА, инженер, Ростовский государственный строительный университет (РГСУ)

## **Оценка кремнистых опоковидных пород для производства керамического кирпича**

Расширение сырьевой базы отрасли стеновых керамических материалов является важным фактором ее развития. Исследования, проводимые на протяжении последних лет в Южном федеральном и Ростовском государственном строительном университетах, показали, что кремнистые опал-кристаллитовые породы — опоки могут служить для многих регионов России определяющей сырьевой базой для производства высококачественного керамического кирпича с улучшенными теплоизоляционными и эстетическими характеристиками [1]. Сырьевая база их обширна и в настоящее время мало используется. Наиболее значительные ресурсы этих пород находятся в пределах Южного, Северо-Кавказского, Приволжского, Уральского, Центрального и других федеральных округов.

Одним из сдерживающих факторов широкого использования опоковидных пород в качестве сырья для производства стеновой керамики является отсутствие критериев их предварительной оценки исходя из вещественного состава и структурных особенностей. Разработка методики оценки позволит переосценить многие существующие разведанные для других целей месторождения и оценить ресурсы перспективных прогнозных площадей.

В настоящее время не существует четко обозначенных требований к опокам как к сырью для производства изделий стеновой керамики. В методических рекомендациях по применению классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (кремниевые породы) указывается, что для производства легковесного кирпича могут использоваться опоки с содержанием опаловой составляющей более 30%, глинистой составляющей более 20%, песчаных примесей менее 25%, карбонатов менее 10%. При этом общее содержание  $\text{SiO}_2$  не должно превышать 85%,  $\text{CaO}$  не более 7%, содержание глинозема должно находиться в пределах 3–15%. Средняя плотность при этом должна составлять 0,9–1,2 г/см<sup>3</sup> [2]. По нашему мнению, данные требования не вполне отвечают существующим реалиям и дезориентируют геологов-поисковиков. Одним из отличительных признаков, по которым опоки отличаются от трепелов, является объемная масса, которая у трепелов достигает 1,1–1,2 г/см<sup>3</sup>, а у опок она составляет 1,1–1,8 г/см<sup>3</sup>. Кроме того, в настоящее время нормативными документами не предусмотрено такое понятие как легковесный кирпич. ГОСТ 648 на данное изделие давно отменен и не действует, а ГОСТ 530–2007 опоки не предусмотрены в качестве сырья для стеновой керамики, в отличие от диатомитов и трепелов. Одной из причин этого является то, что опоки в отличие от диатомитов и трепелов, являются малопластичными не размокаемыми или трудно размокаемыми в воде породами. На наш взгляд для производства изделий стеновой керамики пригодны большинство литологических разновидностей опоковидных пород, за исключением окремнелых разновидностей. При этом они могут использоваться как в чистом виде, так и с корректиру-

ющими добавками. Необходимо иметь в виду, что для опоковидных пород, как и для глинистых, сложность заключается в трудности установления строгой зависимости между свойствами сырья и свойствами готовой продукции. Пригодность сырья необходимо устанавливать по качеству готовых изделий и возможности получения стандартной продукции.

Разработанные нами основные требования при оценке опоковидных пород как сырья для производства стеновой керамики сводятся к следующему:

1. Содержание химических составляющих, мас. %, должно соответствовать приведенному ниже:

– диоксид кремния ( $\text{SiO}_2$ ) — не более 85, в том числе свободного кварца не более 25;

– сумма оксидов алюминия и титана ( $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ ) — не менее 5;

– сумма оксидов кальция ( $\text{CaO}$ ) и магния ( $\text{MgO}$ ) — не более 20;

– сумма соединений серы в пересчете на  $\text{SO}_3$  — не более 2, в том числе сульфидной серы не более 0,3. При наличии  $\text{SO}_3$  более 0,5%, в том числе сульфидной более 0,3%, в процессе испытаний должны определяться способы устранения высолов и выцветов на обожженных изделиях путем перевода растворимых солей в нерастворимые;

– сумма оксидов железа ( $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) — не более 10;

– сумма оксидов калия и натрия ( $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) — не более 6.

2. Показателями технологических свойств опоковидной породы, определяемыми при оценке ее качества, являются: естественная влажность, плотность в куске, пористость, минеральный состав, предел прочности при сжатии отпрессованных образцов, огневая усадка, водопоглощение, плотность и прочность обожженных образцов. Необходимо учитывать, что технологические свойства и свойства обожженных образцов во многом зависят от степени измельчения и температуры обжига. Рекомендуемая степень измельчения при испытаниях менее 2,5 мм. При этом содержание фракции мельче 1 мм должно составлять не менее 70%.

2.1. Естественную влажность проб, отобранных на месторождении, не регламентируют.

2.2. Предел прочности при сжатии отпрессованных при оптимальных параметрах образцов без дефектов прессования должен быть не менее 1,5 МПа. При лабораторно-технологических испытаниях определяются оптимальные параметры прессования.

2.3. Огневая усадка, характеризующаяся линейным сокращением образцов, не должна превышать 6%.

2.4. Водопоглощение обожженного черепка (без признаков пережога) должно быть не менее 6 и не более 28%.

2.5. Среднюю плотность образцов, которая для данного сырья обычно составляет 1,2–1,7 г/см<sup>3</sup>, определяют, но не регламентируют.

2.6. Окончательно все виды кремнистого опоковидного сырья оценивают по результатам заводских испытаний.

При испытаниях надо ориентироваться на кирпич со сквозными пустотами. Это дополнительно снижает среднюю плотность и повышает морозостойкость. Максимальная температура обжига в зависимости от исходного состава сырья может составлять 950–1100°C.

Предложенные нами критерии оценки опокovidных пород требуют детального обсуждения специалистами – технологами и геологами, что позволит создать общепринятую методику испытаний данного сырья.

Актуальной для внедрения опокovidных пород в производство стеновой керамики является разработка и апробация технологических схем производства.

Результаты лабораторных и опытно-промышленных испытаний показали, что для опокovidного сырья наиболее приемлемым является полусухой способ прессования изделий и полусухой способ подготовки пресс-порошка. Нами разработано несколько вариантов технологических схем, подтвержденных патентами на полезные модели. На рис. 1 показан один из вариантов технологической схемы, представленной без вспомогательного оборудования и операций, разработанный с учетом технико-экономических факторов. Данный вариант внедрен на одном из кирпичных заводов Ростовской области в процессе реконструкции. Сырьевой базой завода являются разведанное для производства кирпича Журавское месторождение карбонатных опок. Их химический состав, мас. %: П.П.П. – 12,24; SiO<sub>2</sub> – 61,33; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 6,35; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 3,36; CaO – 12,22; MgO – 2,08; SO<sub>3</sub> – 0,35; K<sub>2</sub>O – 1; Na<sub>2</sub>O – 0,84; сумма – 99,77. Минеральный состав представлен опалом, опал-кристобалитом различной степени структурного совершенства, тонкодисперсным равномерно рассеянным кальцитом и глинистыми гидрослюдистыми минералами, находящимися в прочном контакте с опаловым кремнеземом. В небольшом количестве присутствует тонкодисперсный кремнезем в виде халцедона. Рентгенограмма карбонатной опоки Журавского месторождения представлена на рис. 2. Средняя плотность исходного сырья 1,45–1,5 г/см<sup>3</sup>. Предел прочности при сжатии 7–11 МПа. Карьерная влажность составляет 17–22%.

Разработка сырья на месторождении осуществляется бульдозером и экскаватором. Крупные куски породы раз-

Показатель	Значения	
	11	28
Пустотность, %	11	28
Марка по прочности	M125–175	M125–M150
Морозостойкость, циклы	25	35–50
Водопоглощение, %	16–22	16–22
Класс по средней плотности	1,4	1,0
Теплопроводность, Вт/(м·°C)	0,42–0,48	0,34–0,4

бивают бульдозером до крупности не более 210 мм и направляют на установленную в карьере щековую дробилку СМД-116. После дробления на щековой дробилке размер кусков породы составляет менее 50 мм. После чего подготовленное сырье автотранспортом доставляют на завод и хранят на складе сырья. Склад сырья хорошо проветривается, так как одной из его задач является естественная подсушка сырья. Опоки в силу их микропористости достаточно быстро подсыхают. Запас сырья в запаснике составляет на период работы завода в летнее время не менее 10 суток. Запас на зимнее время увеличивается до 3 месяцев. Со склада сырье погрузчиком подают в приемный бункер дозатора и далее в сушильный барабан типа СМЦ-440. Вокруг сушильного барабана установлен обводной конвейер, так как опыт показал, что в теплый период года подсушка сырья не требуется. При добыче, транспортировке, хранении происходит интенсивная подсушка сырья. При этом в жаркий период сырье даже пересыхает. Отсутствие необходимости подсушки сырья является важным фактором, способствующим снижению себестоимости кирпича. Дальнейшее измельчение осуществляют на двух последовательно установленных молотковых дробилках СМД-112А. Каскад дробилок позволяет с помощью регулировки расстояний между билами и регулировки отверстий колосниковой решетки осуществлять измельчение до заданного фракционного состава менее 2,5 мм. После этого измельченное сырье попадает на вибрационный грохот с размерами отверстий решетки 2,5–3 мм. Через сито проходит примерно 75–85% порошка. Крупные фракции возвращают на доизмельчение. Влажность сырья при измельчении на молотковых дробилках стараются поддерживать в интервале 12–17%. При этой влажности сырье хорошо измельчается, и пыление сведено к минимуму. Поэтому пересушка сырья недопустима. Молотковые дробилки хорошо измельчают опокovidные породы при влажности до 20%. Далее порошок по конвейеру подается в двухвальную смеситель, где происходит частичная грануляция пресс-порошка и при необходимости доувлажнение и ввод добавок. Однако в настоящее время добавки не используются. Оптимальная влажность пресс-порошка на основе опоки Журавского месторождения составляет 14–16%, при этом возможны

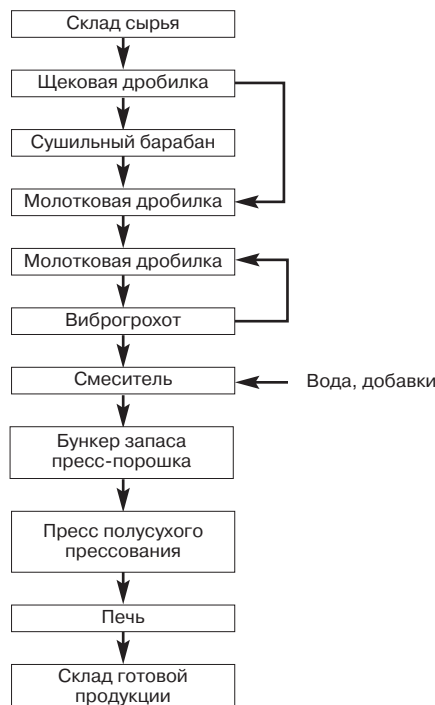


Рис. 1. Технологическая схема производства керамического кирпича на основе опокovidных пород

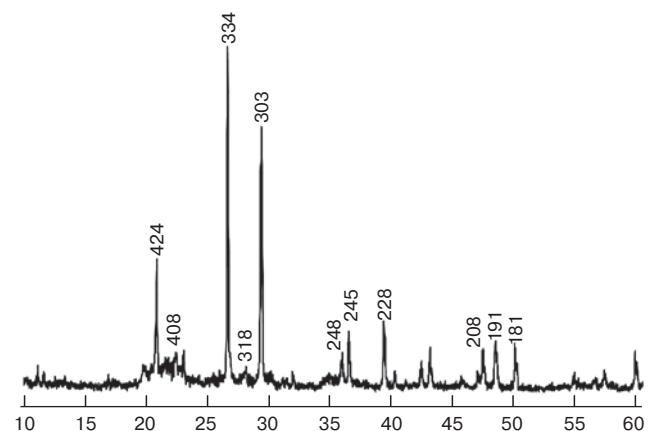


Рис. 2. Рентгенограмма опоки Журавского месторождения

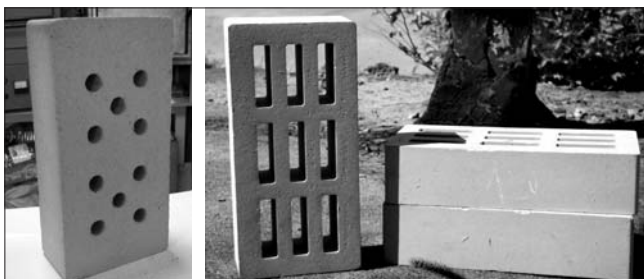


Рис. 3. Керамический кирпич на основе опоковидных пород

отклонения до 2–3% как в сторону снижения, так и в сторону повышения влажности. Подготовленный пресс-порошок хранится в бункере запаса (происходит выравнивание влажности), объем которого обеспечивает работу прессов на одну смену. На заводе параллельно установлены механические коленно-рычажные (СМ-1085) и гидравлические (А300–С2) прессы. На первых осуществляют прессование кирпича стандартных размеров со сквозными пустотами и пустотностью 8–11%, на вторых – с пустотностью 28–30% при давлении 20–25 МПа. Прессы А300–С2 позволяют прессовать кирпич с плавным приложением нагрузки, за счет чего дефекты прессования практически отсутствуют. Ход засыпной каретки может осуществляться до 10 раз, что способствует равномерной засыпке пресс-порошка в форму.

Отпрессованный кирпич выдерживают в пакетах в течение суток в помещении цеха обжига. За счет микропористости сырья происходит его интенсивная подсушка. Но даже если кирпич подают в печь сразу после прессования, за счет малой чувствительности к сушке сырья дефекты сушки отсутствуют. Обжиг отпрессованного кирпича осуществляют при температуре 1000–1080°C. Характерной особенностью для данного сырья является прямая зависимость: выше температура – выше прочность кирпича. Огневая усадка составляет 2–5%. В таблице представлены характеристики выпускаемой продукции. Цвет кирпича желтый, светло-желтый, оранжево-желтый. На рис. 3 представлены фотографии выпускаемого кирпича.

Опоковидное сырье является достаточно технологичным. В зависимости от степени измельчения, влажности пресс-порошка, параметров прессования и температуры обжига из одного и того же сырья возможно получение изделий с различной прочностью. Взаимосвязь технологических факторов позволяет определить оптимальные параметры в каждом конкретном случае.

Результаты проведенных нами исследований позволяют говорить, что промышленность стеновой керамики, находящаяся во многих районах России в состоянии стагнации в связи с выработкой утвержденных запасов глинистого сырья, может иметь высокие перспективы развития при переориентировке своей минерально-сырьевой базы на кремнистые опал-кристаллитовые породы. Коэффициент прироста запасов, т. е. соотношение их прироста в результате геолого-разведки и убыли вследствие добычи в настоящее время для промышленности стеновой керамики крайне низок (0,1–0,2), и именно кремнистые породы с их огромными разведанными запасами могут исправить ситуацию в лучшую сторону.

**Ключевые слова:** опока, кирпич, керамическое сырье, технология.

### Список литературы

1. Котляр В.Д., Талпа Б.В. Опоки – перспективное сырье для стеновой керамики // Строит. материалы. 2007. № 2. С. 31–33.
2. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Кремниевые породы. М., 2007. Разработаны Федеральным государственным учреждением «Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых» (ФГУ ГКЗ) по заказу Министерства природных ресурсов Российской Федерации. Утверждены распоряжением МПР России от 05.06.2007. № 37-р.
3. Котляр В.Д. Классификация кремнистых опоковидных пород как сырья для производства стеновой керамики // Строит. материалы. 2009. № 3. С. 24–27.



## Центр коллективного пользования «СТРОИТЕЛЬНЫЕ ИННОВАЦИИ» Южного федерального университета

Реклама

Центр оснащен современным научным и испытательным оборудованием, укомплектован высококвалифицированными кадрами.

### Центр предлагает оказание следующих услуг:

- научные исследования, сертификация, разработка научно-технической и нормативной документации в области минерального сырья, строительных материалов и конструкций;
- освоение пенобетонной технологии изготовления несъемной опалубки и монолитного строительства ограждающих конструкций зданий;
- освоение технологий керамического и гиперпрессованного облицовочного кирпича на основе местного сырья и отходов промышленности.

Контакт: 344090, Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 40, оф. 230  
Тел./факс (863) 222-57-01

**Пылаев Александр Яковлевич**  
pilaev@post.ru, тел. моб. 89888984462

**Талпа Борис Васильевич**  
talpabv@gmail.com, тел. моб. 89281884141



Н.Н. УМАРОВА, Р.Г. РОМАНОВА, кандидаты химических наук,  
А.Г. МИНДЕЕВА, магистр (alsu-mindeeva@rambler.ru),  
Казанский государственный технологический университет

## Практика применения метода SPC для анализа процесса производства керамического кирпича

Повышение качества готовых изделий — одна из самых актуальных задач для кирпичных заводов. Ключевые факторы, которые определяют возможные пути повышения качества керамического кирпича, следующие: качество глинистого сырья, уровень геологических и технологических исследований сырья, технический уровень и состояние технологической линии, технологическая дисциплина и организация производства. Однако в публикациях, посвященных повышению качества продукции кирпичных заводов, незаслуженно мало внимания уделяется таким инструментам анализа и регулирования технологии, как статистические методы.

Необходимо отметить, что если на предприятии идет внедрение системы менеджмента качества на основе международных стандартов ИСО серии 9000, то без применения статистических средств и методов управления практически невозможно совершенствовать систему качества, повышать ее результативность. В помощь организациям разработан ГОСТ Р ИСО/ТО 10017—2005 «Руководство по применению статистических методов в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001» [1], в котором можно найти краткое описание сущности и областей применения основных статистических методов управления качеством. Некоторыми инструментами, которые рассмотрены в этом документе, можно пользоваться на качественном уровне, не опасаясь недостаточности математической подготовки.

Едва ли не самыми популярными инструментами управления качеством являются карты статистического управления и анализ возможностей процесса, которые вместе составляют метод SPC (Statistic Process Control) — статистическое управление процессами [2]. Цель данной работы — продемонстрировать применение метода SPC для анализа процесса производства керамического кирпича.

Метод SPC основан на теории вариабельности, которая заключается в том, что все виды продукции и услуг, а также все процессы, в которых они создаются или преобразуются, подвержены вариациям — отклонениям от заданных значений. Причины вариаций могут быть разделены на две группы.

Первая — это *обычные причины* случайного характера, связанные с производственной системой (оборудование, здания, сырье, персонал); такую вариабельность нельзя изменить без изменения системы. Вмешательство в систему почти всегда требует действий со стороны руководства — высшего менеджмента; действия рядовых исполнителей скорее всего только ухудшат положение.

Вторая группа — *особые причины* неслучайного характера, связанные с ошибками оператора, сбоями настройки, нарушениями технологического режима, плохим сырьем. Такие причины должны быть изучены и

могут быть устранены при настройке процесса, что и обеспечит его стабильность. Промышленный опыт показывает, что изменчивость процесса, вызванная особыми причинами, составляет небольшую долю (около 15%) и устранима локально людьми, непосредственно связанными с ним.

Процесс, в котором присутствуют только обычные причины изменчивости, называется процессом «в статистически управляемом состоянии»; выход процесса стабилен во времени и предсказуем. Если же на процесс действуют особые причины и они не идентифицированы и не устранены, то они будут влиять на выход процесса непредсказуемым образом. Тогда говорят, что процесс вышел из-под контроля или же статистически неуправляем.

Для того чтобы различать управляемые и неуправляемые вариации процесса, было создано простое, но

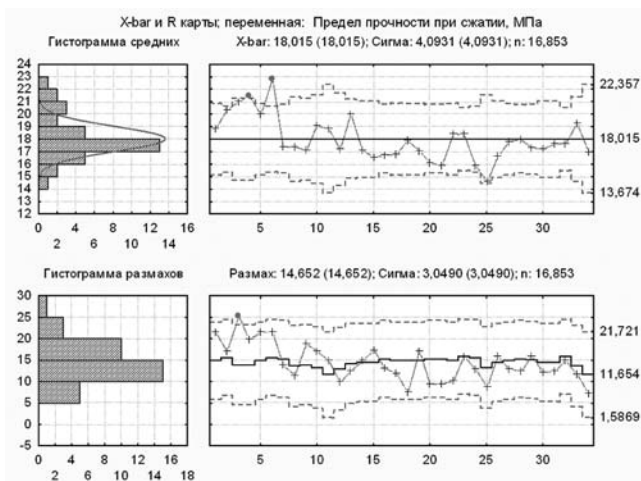


Рис. 1.  $\bar{X}$ - и R-контрольные карты

Зоны A/B/C: 3,000/2,000/1,000 * Сигма Критерии против альтернатив спец вида	Предел прочности при сжатии, МПа ; X-bar карта Центр: 18,015183 Сигма: 0,997049	
	от выборки	до выборки
9 точек по одну сторону от центра	24	32
6 точек в возр./уменьш. ряду	ОК	ОК
14 точек в "шахматном порядке"	ОК	ОК
2 из 3 точек в зоне А или вне ее	1	3
	4	6
	19	21
	23	25
4 из 5 точек в зоне В или вне ее	1	5
15 точек в зоне С	ОК	ОК
8 точек вне зоны С	ОК	ОК

Рис. 2. Проверка  $\bar{X}$ - карты на наличие неслучайных структур точек

мощное средство – контрольная карта. Карты статистического управления процессом впервые были предложены молодым физиком У. Шухартом в 1924 г. Процедуры построения карт подробно описаны в стандартах серии ГОСТ Р 50779 [3–6]. Они являются графическим отображением данных, полученных из выборок, которые периодически отбирают из процесса и последовательно наносят на график. На этом графике по оси абсцисс откладываются номера выборок или время их отбора, по оси ординат – контролируемый показатель качества. Контрольные карты имеют центральную линию, соответствующую эталонному значению контролируемой характеристики, а также две контрольные границы, которые находятся на расстоянии  $\pm 3\sigma$  (сигма) от центральной линии (здесь  $\sigma$  – выборочное стандартное отклонение измеренной характеристики). При нормальном ходе процесса в этих границах должно находиться 99,73 % всех измеренных значений.

Для удобства и быстроты при построении контрольных карт был использован модуль «Карты контроля качества» программного продукта STATISTICA. При этом были взяты результаты реальных 573 испытаний 34 партий керамического кирпича на прочность при сжатии, объем выборки переменный. На рис. 1 представлены карта среднего арифметического ( $\bar{X}$ -карта) и карта размахов ( $R$ -карта), а также соответствующие им гистограммы.

Проанализируем контрольные карты (рис. 1). О статистической неустойчивости процесса в первую очередь свидетельствует выход точек за контрольные границы: две точки на карте средних, и одна точка на карте размахов.

Дополнительным признаком того, что процесс производства керамического кирпича вышел из статисти-

чески управляемого состояния является наличие на контрольных картах неслучайных структур точек, для обнаружения которых в соответствии с [3] установлено восемь дополнительных критериев неустойчивости. На рис. 2 в качестве примера приведен результат проверки с помощью программы STATISTICA карты среднего арифметического. Об отсутствии причин для беспокойства свидетельствует надпись «ОК», когда соответствующий критерий не выполняется, а красным цветом высвечиваются номера выборок, составляющих неслучайную структуру. Как видно из рис. 2, таких неслучайных структур в изучаемом процессе обнаружено достаточно много.

На следующем этапе работы с картой необходимо установить особые причины такого поведения процесса. При идентификации особых причин полезно пользоваться методом 5М (по первым буквам английских наименований), т. е. определить причины, связанные с человеческим фактором (man), оборудованием (machines), материалами (materials), технологией работы и организацией процессов (methods), методиками и средствами измерения (measurements).

Анализ работы процесса выявил увеличение разброса распределения данных внутри первых шести партий. По методу 5М удалось установить, что появление выбросов на контрольных картах связано с переналадкой технологического процесса с выпуска кирпича цвета красный на кирпич цвета розовый.

Работа с картой продолжается после исключения всех точек неуправляемого состояния (первых шести партий) и пересчета контрольных границ. В результате коррекции все точки данных на картах указывают на управляемость в новых границах (рис. 3). Качество процесса можно дополнительно оценить визуально по форме гистограммы – ее симметричности относительно центра распределения данных. Тест на наличие неслучайных структур точек также свидетельствует о стабильности процесса (рис. 4).

После идентификации особых причин и приведения процесса в статистически управляемое состояние контрольные карты продолжают вестись для мониторинга дальнейших изменений. С их помощью всегда можно отследить улучшения или отсутствие какой-либо динамики процесса. Как видно из поясняющих надписей рис. 1 и 3, после приведения процесса в статистически управляемое состояние, среднее значение (17,4 МПа) и стандартное отклонение  $\sigma$  (3,7 МПа) стали несколько меньше, чем в исходном случае (18 МПа и 4,1 МПа соответственно).

Если процесс статистически управляем, то остается вопрос, способен ли процесс устойчиво удовлетворять требованиям к качеству продукции, регламентированным нормативным документом. Для этого необходимо оценить воспроизводимость процесса [6], применив модуль «Анализ процессов» программы STATISTICA. Количественную оценку возможностей стабильного процесса можно проводить на основе нескольких индексов воспроизводимости, наиболее важные из которых  $C_p$  и  $C_{pk}$ . Индекс воспроизводимости процесса  $C_p$  определяется без учета настроенности процесса на центр поля допуска:

$$C_p = \frac{\text{допуск}}{\text{разброс процесса}} = \frac{\text{ВГД} - \text{НГД}}{6\sigma}, \quad (1)$$

где ВГД, НГД – верхняя и нижняя граница допуска соответственно;  $\sigma$  – стандартное отклонение.

Индекс воспроизводимости  $C_{pk}$  учитывает настроенность процесса на центр поля допуска и отражает зависимость между средним и ближайшим пределом поля допуска с половиной собственной изменчивости процесса:

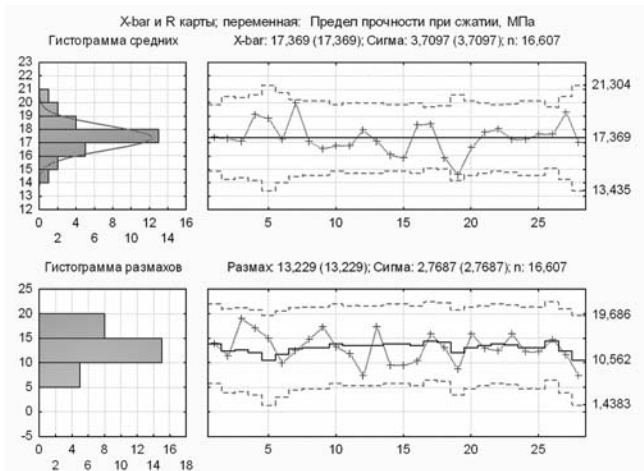


Рис. 3.  $\bar{X}$ - и  $R$ -контрольные карты после пересчета контрольных границ

Зоны A/B/C: 3,000/2,000/1,000 * Сигма Критерии против альтернатив спец. вида	Предел прочности при сжатии, МПа $\bar{X}$ -bar карта Центр: 17,369247 Сигма: 0,910315	
	от выборки	до выборки
9 точек по одну сторону от центра	ОК	ОК
6 точек в возр./уменьш. ряду	ОК	ОК
14 точек в "шахматном порядке"	ОК	ОК
2 из 3 точек в зоне А или вне ее	ОК	ОК
4 из 5 точек в зоне В или вне ее	ОК	ОК
15 точек в зоне С	ОК	ОК
8 точек вне зоны С	ОК	ОК

Рис. 4. Проверка  $\bar{X}$ -карты на наличие неслучайных структур точек после пересчета контрольных границ

Индекс пригодности	Перемен.: Предел прочности при сжатии, МПа
Внутривыб. сигма=R/d2	-3,000 *Сигма=6,24013 +3,000 *Сигма=28,4984
<b>Нижняя граница допуска</b>	<b>Значен.</b>
Номинал (план. специф.)	15,00000
Верхняя граница допуска	30,00000
СР (потенциальная пригодность)	0,67391
СR (отношение пригодности)	1,48388
СРК (подтвержденное качество)	0,21289
СРL (нижн. индекс пригодности)	0,21289
СРU (верх. индекс пригодности)	1,13493
К (нецентрирующая поправка)	0,68410
СРМ (потенц. пригодность II)	0,66373

Рис. 5. Индексы пригодности, рассчитанные для процесса производства кирпича марки М175

Индекс пригодности	Перемен.: Предел прочности при сжатии, МПа
Внутривыб. сигма=R/d2	-3,000 *Сигма=7,48858 +3,000 *Сигма=27,2499
<b>Нижняя граница допуска</b>	<b>Значен.</b>
Номинал (план. специф.)	10,00000
Верхняя граница допуска	30,00000
СР (потенциальная пригодность)	1,13859
СR (отношение пригодности)	0,87828
СРК (подтвержденное качество)	0,99884
СРL (нижн. индекс пригодности)	0,99884
СРU (верх. индекс пригодности)	1,27833
К (нецентрирующая поправка)	0,12273
СРМ (потенц. пригодность II)	0,45278

Рис. 6. Индексы пригодности, рассчитанные для процесса производства кирпича марки М100

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{ВГД - \bar{X}}{3\sigma}; \frac{\bar{X} - НГД}{3\sigma} \right\}, \quad (2)$$

где  $\bar{X}$  – среднее средних арифметических для выборок. Физический смысл индексов: при  $C_p (C_{pk}) < 1$  возможности процесса неприемлемы; при  $C_p (C_{pk}) = 1$  процесс находится на грани требуемых возможностей. На практике в качестве минимально приемлемого значения берется  $C_p (C_{pk}) = 1,33$ , чтобы обеспечить небольшой запас по вариации.

Поскольку по ГОСТ 530–2007 границы допуска по пределу прочности при сжатии являются односторонними, целесообразно ориентироваться на индекс  $C_{pk}$ , который иногда называют показателем подтвержденного качества.

Для расчета индексов воспроизводимости попробуем задать границы допуска из  $\bar{X}$ -карты: номинал – 17,5 МПа; нижняя – 15 МПа, что по требованиям ГОСТ 530–2007 на 2,5 МПа ниже номинала; верхняя – 30 МПа. Результаты оценки индексов по программе STATISTICA представлены на рис. 5, из которого следует, что подтвержденное качество  $C_{pk}$  будет составлять всего 0,21. Сделав пересчет на ожидаемый уровень несоответствий [6], получим, что 75% продукции будет выходить за установленную нижнюю границу допуска или, по-другому, иметь более низкую марку по прочности.

Чтобы получить значения индекса  $C_{pk}$  на уровне приемлемого, т. е. близкого к единице, нужно понемногу уменьшать номинал и соответственно нижнюю границу допуска. Последовательная процедура понижения приведет к тому, что в результате вместо марки продукции М175 получим марку М100 (рис. 6). Это происходит исключительно по причине чрезвычайно высокой собственной изменчивости процесса ( $\sigma = 3,7$  МПа). Как было показано в [7], значение  $\sigma$  должно быть на уровне 1,1–1,2 МПа.

Таким образом, применение метода SPC наглядно продемонстрировало, что для изучаемого стабильного процесса характерна чрезвычайно большая вариация прочности при сжатии. Несмотря на то что среднее значение предела прочности при сжатии для процесса до-

статочно велико, производитель вынужден снижать марку готового изделия. Следовательно, чтобы выпускать продукцию, устойчиво удовлетворяющую требованиям стандарта и ожиданиям потребителя, производители керамического кирпича должны не только обеспечить стабильность процесса производства, но и снизить его естественную вариацию.

**Ключевые слова:** керамический кирпич, качество, статистическое управление процессами.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО ТО 10017–2005 Статистические методы. Руководство по применению в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001. М.: Изд-во стандартов, 2005. 20 с.
2. Статистическое управление процессами. SPC / Перевод с англ. Н.Новгород: Приоритет, 2004. 181 с.
3. ГОСТ Р 50779.42–99 (ИСО 8258–91) Статистические методы. Контрольные карты Шухарта. М.: Издательство стандартов, 2004. 32 с.
4. ГОСТ Р 50779.40–96 (ИСО 7870–93). Статистические методы. Контрольные карты. Общее руководство и ведение. М.: Изд-во стандартов, 2006. 13 с.
5. ГОСТ Р 50779.41–96 (ИСО 7873–93). Статистические методы. Контрольные карты для арифметического среднего с предупреждающими границами. М.: Изд-во стандартов, 2004. 12 с.
6. ГОСТ Р 50779.44–2001 Статистические методы. Показатели возможностей процессов. Основные методы расчета. М.: Изд-во стандартов, 2001. 16 с.
7. Умарова Н.Н., Романова Р.Г., Миндеева А.Г. Статистический приемочный контроль керамического кирпича // Строит. материалы. 2010. № 4. С. 21–23.

**Российская академия естественных наук**  
**Новосибирский государственный аграрный университет**  
**Томский государственный архитектурно-строительный университет**  
**Выставочный центр «Сибирская ярмарка»**

**Международная научно-техническая конференция**  
**«СТРОИТЕЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ: состояние, тенденции и перспективы развития»**

---

**2–3 февраля 2011 г. Новосибирск**

---

**Темы конференции:**

1. Теоретические и методологические вопросы развития науки о строительных материалах.
2. Физико-химические процессы получения материалов и изделий.
3. Ресурсосберегающие технологии в использовании отходов и местного сырья.
4. Проблемы получения экологически чистых материалов.
5. Новые конструктивные и технологические решения в применении материалов и изделий.
6. Экономико-организационные вопросы эффективного внедрения новых строительных материалов в строительстве.

---

**Оргкомитет:**  
**Телефон/факс: (383) 267-12-45, e-mail: GMU@nsau.edu.ru**  
**630099 г. Новосибирск, 99, Главпочтамт, а/я № 257**



# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ КИРПИЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**SABO S.A.**

Vassiliko - Halkida - Evia - GREECE  
Tel. +30 22210 51805/9 - Fax +30 22210 54073  
e-mail: sb\_info@sabo.gr

[www.sabo.gr](http://www.sabo.gr)



С 1984 года мы производим высококачественное и надёжное оборудование для кирпичной и черепичной промышленности, которое точно выполняет специфические требования заказчика в наилучшем из возможных вариантов.

Наши преимущества:

- наши принципы
- всё для клиента
- качество услуг
- профессионализм
- коллективная работа
- огромный опыт в технологии и быстрое сервисное обслуживание на протяжении 24 лет.

Наши производственно-сервисные поставки включают:

- поставки полностью спроектированных заводов «под ключ» и отдельного оборудования
- широкий ассортимент продукции и предложений
- эффективный монтаж и ввод в действие полного завода или отдельного оборудования
- опыт в реконструкции
- модернизация
- 100% выполнение заказов
- техническая поддержка.



## Строительство нового современного завода в Италии «GRAL» – INDUSTRIA LATERIZI INNOVATI

Компания «SABO S.A.» более 26 лет является надежным и компетентным партнером предприятий кирпичной промышленности. Ее высококачественное оборудование приобрело мировую известность благодаря индивидуальному подходу квалифицированных специалистов к каждому из построенных проектов. Это касается как строительства комплексов линий, так и поставок отдельного оборудования и узлов.

Важным проектом для компании стало участие в строительстве нового завода в Италии, что еще раз подтвердило знание и опыт специалистов SABO, а также их высококвалифицированный подход к проектам любого масштаба.

В 2008 г. в г. Фило д'Аржента (провинция Феррара) фирмой GRAL (группа производителей строительной керамики Равенны) совместно с фирмой SACMI (Имола) был введен в эксплуатацию новый мощный кирпичный завод.

Завод имеет мощность 1300 т/сут. различных типов продукции, в частности: поризованные блоки; модульные блоки; блоки для перегородок; различные блоки для перекрытий; полнотельный, пустотельный тяжелый и пустотельный облегченный кирпич.

Компания SABO выступала как проектировщик и главный застройщик всех автоматизированных линий, включая линию резки.

Основной характеристикой завода помимо высокой производительности являются две линии резки, на каждой из которых работает один экструдер.

Каждая линия резки состоит из двух станков-резчиков для разных типов продукции. Один – для производства кирпича и крупноформатных блоков, другой – для производства малоформатного кирпича типа 1NF и 2NF.

Для некоторых из вышеуказанных продуктов достаточно использование только одной линии, в то время как для некоторых других типов продукции необходимо использование обеих линий одновременно.

### Линия резки и усадки продукции на сушильные рамки

Оборудование для выравнивания и перегруппировки изделий на линии резки было сконструировано и разработано согласно новым технологиям с целью обеспечения тщательной и деликатной обработки мокрой продукции, что имеет важное значение для производства высококачественного кирпича.

Все системы транспортировки мокрого материала сконструированы с ремнями типа PVC и специальными цепными транспортерами с большой поверхностью для укладки материала таким образом, чтобы избежать деформации изделий.

Линия транспортировки для передвижения рамок в сушилку является общей для двух линий резки, начиная и заканчивая системой загрузки/разгрузки вагонеток сушилки с электромеханическими передаточными платформами. После их выхода из сушилки рамки снимаются с сушильных вагонеток и отправляются в зону разгрузочной системы.

Пустые рамки передаются сначала в зону двойной системы загрузки мокрого материала, а затем в зону складирования, которая необходима для того, чтобы комплектовать сушильные вагонетки различным количеством рамок по высоте.

Высушенный сырец направляется на специальный автоматизированный транспортер, где формируются ряды и слои изделий для садки на печные вагонетки.

Сгруппированные ряды захватываются специальной установкой-захватом, состоящей из 12 (6+6) клешней-захватов с пневматической противовесовой системой для предотвращения любого неправильного обращения во время усадки изделий на печные вагонетки.

### Разгрузка-транспортировка обожженного продукта с печных вагонеток

После обжига разгрузка материала осуществляется традиционными разгрузчиками-захватчиками, которые захватывают продукт с печных вагонеток и слой за слоем выкладывают на двойной автоматизированный стол, который формирует и распределяет ряды для транспортного пакета.

Готовые ряды передаются к другому захватчику, который укладывает их на деревянные паллеты.

Завод также оборудован автоматической системой, которая выгружает пакеты прямо из печных вагонеток.

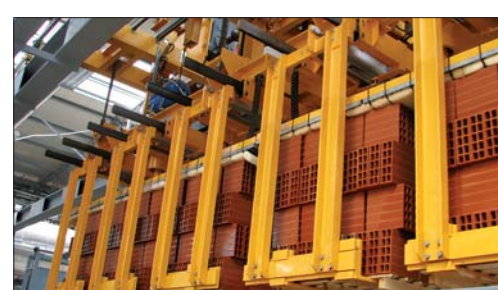
Эта система используется для продукта, не имеющего необходимости выгрузки в один ряд, т. е. пакет, который загружается на вагонетки печи, образует одновременно и транспортный пакет, готовый к упаковке.

Распределение пустых поддонов осуществляется автоматически, для того чтобы поддоны подавались прямо к системе разгрузки.

Пакеты, которые формируются на поддонах, пропускаются через поливной бак, в который пакет опускается полностью и только после этого по цепному транспортеру поддоны с пакетированным кирпичом проходят на участок автоматической упаковки в термоусадочную пленку.

После этого пакетированный продукт перевозят на складскую площадку, расположенную за пределами производственного здания.

**SABO HELLAS S.A., 34002 VASILIKO CHALKIS EVIA GREECE**  
TEL: +302221054805 FAX: +302221054073  
sales@sabo.gr www.sabo.gr



А.Е. БУРУЧЕНКО, д-р техн. наук, С.И. МУШАРАПОВА, инженер (fizikagasa@rambler.ru), Сибирский федеральный университет (Красноярск)

## Строительная керамика с использованием суглинков и отходов алюминиевого производства

Производство строительных материалов связано со значительными расходами природных ресурсов. В настоящее время в связи с сокращением запасов природного керамического сырья все актуальнее становится использование промышленных отходов [1, 2], которые в ряде случаев представляют собой сырье, не требующее дополнительной обработки.

При обжиге керамических изделий основной задачей является обеспечение формирования фазового состава и структуры керамического черепка, предопределяющее прочностные характеристики и усадку. Наиболее полное прохождение физико-химических процессов достигается при достаточно широком интервале спекания. Для расширения и интенсификации процесса спекания используют соответствующие компоненты масс, плавни и эффективные добавки [3, 4].

Перспективным направлением является использование отходов алюминиевого производства, которые имеют ряд положительных свойств, таких как содержание оксида алюминия  $Al_2O_3$ , от количества которого существенно зависят прочностные характеристики керамики, наличие щелочных соединений, способствующих образованию жидкой фазы и ускорению твердофазных реакций, и содержание горючего компонента — углерода.

Фторуглеродистые отходы алюминиевого производства используются в качестве добавки при получении цемента, применяются в агломерационном производстве [5]. Однако более широкое применение отходов по другим направлениям сдерживается недостаточной изученностью их физико-химических и технологических свойств.

В работе исследована возможность использования шлама газоочистки алюминиевого производства ОАО «Русал» (Красноярск) для изготовления керамических изделий, в том числе плитки. Количество шлама в хвостохранилище превышает 0,5 млн т. Для оценки возможности использования шлама в керамическом производстве проведено исследование по поведению его минералов в процессе обжига и оценка их влияния на процесс спекания керамических масс.

Изучение физико-химических процессов, проходящих в шламе при термической обработке, производилось с помощью ДСК, ТГ, ДТГ на приборе NETZSCH STA 449F1 и рентгенофазового анализа на дифрактометре Advance D8 фирмы Bruker.

По данным рентгенофазового анализа, шлам газоочистки представляется оксидом алюминия  $Al_2O_3$  (~ 22,6%), углеродом С (21,46%), криолитом  $Na_3AlF_6$  (~ 21,4%), эльпазолитом  $K_2NaAlF_6$  (~ 3,56%) и аморфной составля-

ющей (графит +  $\gamma-Al_2O_3$  ~ 23,5%). От 3 до 6% содержится сульфата натрия и в еще меньшем количестве присутствуют фторид калия, натрия, кальция, магния и оксид железа. Крупность частиц шлама колеблется в пределах 7–20 мкм, влажность составляет 15–18%.

На кривой дифференциально-термического анализа отмечаются три эндотермических эффекта. Первый эндотермический эффект с максимумом при 120°C обусловлен выходом адсорбционной и гигроскопической воды, второй с максимумом при 270°C — полиморфным превращением сульфата натрия  $Na_2SO_4$ , третий при 900°C обусловлен термической диссоциацией сульфата натрия и гидрооксида алюминия. Широкий экзотермический эффект в интервале 500–950°C связан с выгоранием углерода, и небольшой экзотермический эффект с максимумом при 970°C обусловлен, по-видимому, рекристаллизацией различных соединений и переходом  $\gamma-Al_2O_3$  в  $\alpha$ -глинозем [6].

Как видно из рис. 1, интенсивность линий криолита заметно уменьшается с 600°C. Наиболее быстро процесс разупорядочения его структуры идет в интервале 650–850°C. С 950°C до 1150°C отмечается их незначительное увеличение, а с 1150°C до 1350°C — вновь медленное снижение. Разрушение структуры эльпазолита начинается с 400°C и завершается при 800°C. После разрушения кристаллической решетки эльпазолита и разупорядочения структуры криолита происходит быстрое увеличение рентгенографических рефлексов  $Al_2O_3$ , которое продолжается до 1000°C. После 1000°C происходит их снижение, что указывает на участие оксида алюминия в формировании новых кристаллических фаз.

В качестве глинистой составляющей для получения строительной керамики были взяты местные суглинки Кубековского месторождения. Рентгенофазовый анализ показал, что основным глинообразующим минералом является гидромусковит (10,6%), в значительно меньшем количестве содержится монтмориллонит. Из неглинистых минералов отмечается присутствие кварца (31,9%), альбита (19,35%) и амфибола (3,67%). Аморфная фаза составляет 10%. Химический состав суглинка приведен в табл. 1.

По гранулометрическому составу суглинок относится к классу низкодисперсного сырья, по пластичности — к умереннопластичному.

Анализ поведения минералов суглинка путем непрерывного фиксирования их линий интенсивности в процессе нагревания образцов до 1200°C показал, что структура гидромусковита в основном разрушается в интервале 500–700°C. Однако слабые рентгенографические рефлексы продолжают фиксироваться до 1050°C. Это можно

Таблица 1

Сырье	Массовое содержание оксидов, %									
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	ППП
Суглинок Кубековского месторождения	56,4	13,8	5,78	0,2	7,18	2,3	1,9	1,5	0,25	10,68

Таблица 2

Формовочная масса	Массовое содержание в составе, %			
	Состав № 1	Состав № 2	Состав № 3	Состав № 4
Суглинок Кубековского месторождения	100	95	90	85
Шлам газоочистки ОАО «Русал»	–	5	10	15

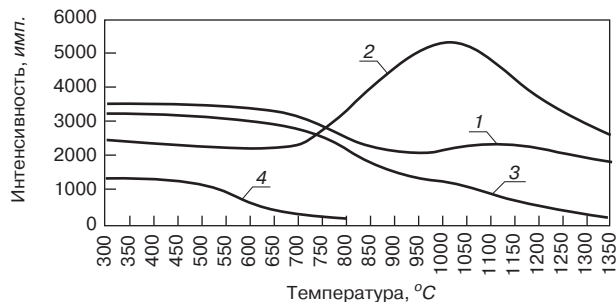


Рис. 1. График изменения линий интенсивности минералов шлама газоочистки в зависимости от температуры обжига: 1 – криолит  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ; 2 – оксид алюминия  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 3 – углерод C; 4 – эльпазолит  $\text{K}_2\text{NaAlF}_6$

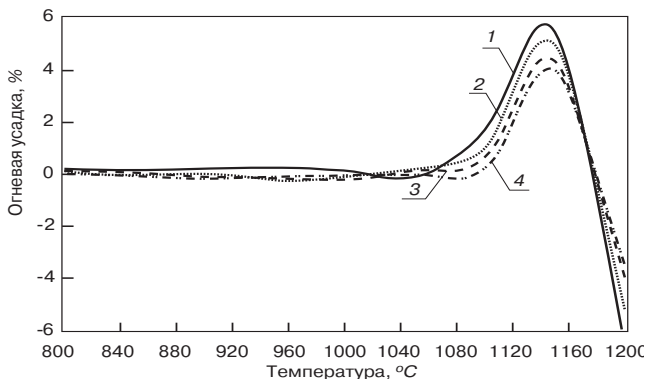


Рис. 2. График изменения огневой усадки образцов в зависимости от температуры обжига: 1 – состав 1; 2 – состав 2; 3 – состав 3; 4 – состав 4

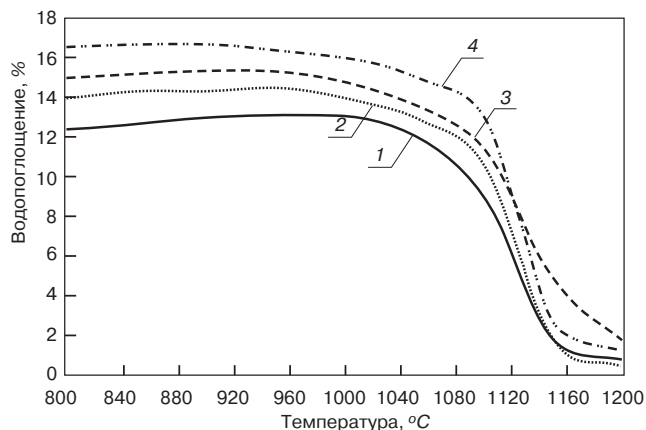


Рис. 3. График изменения водопоглощения образцов в зависимости от температуры обжига: 1 – состав 1; 2 – состав 2; 3 – состав 3; 4 – состав 4

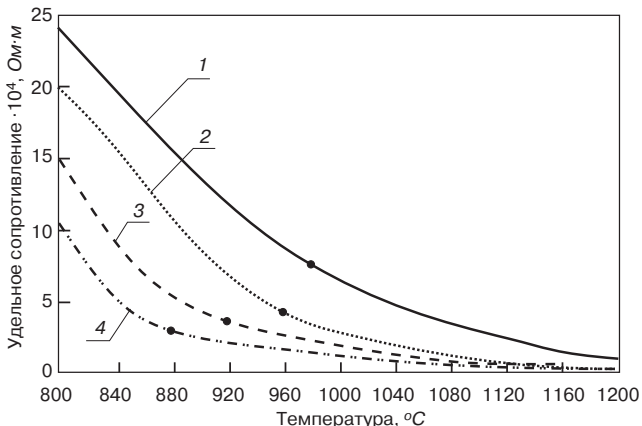


Рис. 4. График изменения удельного сопротивления образцов в зависимости от температуры обжига: 1 – состав 1; 2 – состав 2; 3 – состав 3; 4 – состав 4

объяснить тем, что фаза, образовавшаяся при дегидратации гидромусковита, имеет не полностью нарушенную структуру. В ней остаются определенные участки первичной структуры, главным образом базальные плоскости, которые еще сохраняют положение в решетке и тем самым обуславливают дифракцию рентгеновских лучей.

Начало плавления альбита отмечается при  $900^\circ\text{C}$  и заканчивается при  $1150^\circ\text{C}$ , что выражено в уменьшении его линий интенсивности в данном интервале температур. Образующаяся жидкая фаза способствует росту кристаллов анортита, появление линий интенсивности которого фиксируется при  $700^\circ\text{C}$ . Рост линий интенсивности кварца отмечается в интервале  $900\text{--}1100^\circ\text{C}$ . После  $1100^\circ\text{C}$  идет их уменьшение, что обусловлено процессом растворения кварца в образовавшейся жидкой фазе.

Для изучения возможности использования шлама газоочистки при производстве строительной керамики были исследованы составы, приведенные в табл. 2.

Компоненты составов предварительно сушили до постоянной массы, затем измельчали в фарфоровой мельнице до остатка на сите с размером ячеек  $0,05\text{ мм}$  не более 5%. Из полученной массы формовали плитки и цилиндрические образцы. Затем их высушивали в сушильном шкафу при  $110^\circ\text{C}$  в течение суток. После сушки их обжигали в силитовой печи с автоматическим регулированием температуры при  $850\text{--}1200^\circ\text{C}$  с интервалом  $50^\circ\text{C}$  и выдержкой при конечной температуре 20 мин. После обжига определяли огневую усадку, водопоглощение, прочность на сжатие и проводили рентгенофазовый анализ. Также в процессе обжига через каждые  $20^\circ\text{C}$  определяли удельное сопротивление посредством измерения напряжения на электродах, вводимых в образец.

Из анализа полученных данных видно, что с введением в суглинок шлама газоочистки физико-механические характеристики образцов меняются в зависимости от количества введенного шлама и температуры обжига.

С увеличением в составах масс содержания шлама до 15% и обжиге до  $1150^\circ\text{C}$  наблюдается снижение огневой усадки, расширение интервала спекания и возрастание интенсивности процесса спекания. В особенности отмечается возрастание интенсивности спекания в интервале  $1100\text{--}1150^\circ\text{C}$ , что видно на кривых зависимости изменения огневой усадки и водопоглощения от температуры обжига (рис. 2, 3). При обжиге до  $1100^\circ\text{C}$  огневая усадка образцов из суглинка не превышает 2%, а с содержанием 15% шлама составляет 0,3%. При этом водопоглощение равно соответственно 9 и 13%. Усадка образцов из суглинка, обожженных при  $1150^\circ\text{C}$ , – 5,8%, водопоглощение – 1,9%, а с содержанием 15% шлама усадка составляет 4% и водопоглощение 3–5%. Из анализа изменения огневой усадки и водопоглощения видно, что начало спекания смещается с  $980^\circ\text{C}$  до  $900^\circ\text{C}$ , а интервал процесса спекания расширяется со  $100^\circ\text{C}$  до  $180^\circ\text{C}$ .

В начале процесса спекания проходят твердофазные реакции, а затем реакции идут в присутствии жидкой фазы. Анализ изменения линий интенсивности кварца, гидромусковита, альбита, анортита и гематита в керамических массах при обжиге образцов показал, что жидкая фаза образуется в основном за счет плавления альбита ( $d=3,21; 2,9$ ), линии интенсивности которого начинают уменьшаться с  $850^\circ\text{C}$ . Наряду с плавлением альбита идет

формирование кристаллов анортита ( $d=4,05;3,2$ ). Данный процесс идет с нарастающей эффективностью по мере увеличения содержания шлама в керамических массах. Это указывает на то, что продукты распада фтористых солей (фториды Na, K, Ca) способствуют образованию жидкой фазы и кристаллизации анортита, т. е. процесс спекания протекает более интенсивно, а интервал процесса спекания при этом расширяется.

Из анализа кривых зависимости удельного сопротивления от температуры (рис. 4) видно, что температурой начала образования жидкой фазы является для образцов из чистого суглинка  $980^{\circ}\text{C}$ , со шламом в количестве 5% —  $960^{\circ}\text{C}$ , со шламом в количестве 10% —  $920^{\circ}\text{C}$ , со шламом в количестве 15% —  $880^{\circ}\text{C}$ . С появлением жидкой фазы удельное сопротивление перестает существенно изменяться. Это можно объяснить тем, что одновременно с ее образованием идет формирование структуры анортита.

Увеличение содержания анортита благоприятно сказывается на физико-механических свойствах образцов, так как он, обладая высокой механической прочностью, дает возможность использовать его в качестве кристаллической связки в керамических массах. Рентгенофазовый анализ образцов с различным содержанием шлама показал, что наибольшее его количество сформировано в составе № 4 при температуре  $1100^{\circ}\text{C}$ .

У образцов из разных составов, обожженных при температуре  $1050^{\circ}\text{C}$  и  $1100^{\circ}\text{C}$ , прочность при сжатии существенно не отличается и в зависимости от количественного соотношения жидкой фазы, растворенного кварца и образовавшегося анортита находится в пределах 18–26 МПа.

Из составов № 3 и № 4 были изготовлены плитки методом полусухого прессования размером  $100\times 100\times 6$  мм. После их обжига в производственной печи при температуре  $1050^{\circ}\text{C}$  они соответствовали требованиям ГОСТ 6141–91 для облицовочной плитки.

Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что отходы в виде шлама газоочистки алюминиевого производства в керамических массах при обжиге снижают огневую усадку, способствуют образованию жидкой фазы, формированию кристаллических фаз, обеспечивая тем самым изделиям необходимые физико-механические свойства. Шлам газоочистки может быть использован при производстве различных композиционных керамических строительных материалов, в том числе облицовочной плитки. Оптимальное его количество, вносимое в суглинок для получения керамических изделий, составляет 10–15%.

**Ключевые слова:** керамика, отходы алюминиевого производства, обжиг, керамическая плитка

### Список литературы

1. Артиков Г.А., Мухамеджанова М.Т. Отходы промышленности для получения керамических плиток // Строит. материалы. 2003. № 2. С. 52–53.
2. Свидерский В.А., Страшненко С.В., Черняк Л.П. Керамика на основе попутных продуктов горнодобычи и отходов глиноземного производства // Стекло и керамика. 2007. № 2. С. 17–20.
3. Августиник А.И. Керамика. М.: Стройиздат, 1975. 529 с.
4. Масленникова Г.Н., Платов Ю.Г. Процесс образования фарфора в присутствии добавок // Стекло и керамика. 1998. № 2. С. 19–24.
5. Дячок Н.Г., Волынкина Е.П. и др. К вопросу утилизации отходов алюминиевого производства при агломерации // Известия вузов. Черная металлургия. 1996. № 6. С. 1–7.
6. Будников П.П., Гинстлинг А.М. Реакции в смесях твердых веществ. М.: Изд-во лит-ры по строительству, 1971. 488 с.



# СТРОЙТЕХ

Международная внеочередная конференция ММК:  
«Больше ЛМК в Москве», Россия — 2011

Организатор:  
**ММК**  
Международные выставки  
(495) 995-05-95  
**8 800 100 777 0**  
www.mvk.ru

**14–17 февраля 2011 г.**  
ЭЦ «Сокольники», 4 павильон



## 19-я Международная неделя капитального строительства

- Технологии строительства
- Металлоконструкции и полнокомплектные стальные здания

- Строительное оборудование и материалы
- Строительная и подъемно-транспортная техника

**ВРЕМЯ РАБОТЫ ВЫСТАВКИ:**  
14.02.2011 — 16.02.2011 10.00 — 18.00  
17.02.2011 10.00 — 16.00

**ДЕЙСТВИТЕЛЕН НА ОДНО ЛИЦО — НЕ ДЛЯ ПРОДАЖИ — ОБЯЗАТЕЛЬНАЯ РЕГИСТРАЦИЯ**

## ПРИГЛАСИТЕЛЬНЫЙ БИЛЕТ





# CERAMICS CHINA 2011

Guangzhou Pazhou

May • 2011

[www.ceramicschina.net](http://www.ceramicschina.net)

## CCPIT Building Materials Sub-council

Phone: 86-10-88375093 Fax: 86-10-68362773

E-mail: [info@ceramicschina.net](mailto:info@ceramicschina.net) [mark@ccpitbm.org](mailto:mark@ccpitbm.org)

Official Magazine: Asian Ceramics



**СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО**  
**СКБ СТРОЙПРИБОР**  
**ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ**



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

**ИЗМЕРИТЕЛИ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА, КИРПИЧА**

<p><b>ИПС-МГ4.01 / ИПС-МГ4.03</b> ударно-импульсный</p> <p>автоматическая обработка измерений</p>  <p>диапазон 3...100 МПа</p>	<p><b>УКС-МГ4 / УКС-МГ4 С</b> ультразвуковой</p> <p>поверхностное и сквозное прозвучивание</p>  <p>частота 60...70 кГц диапазон 10...2000 мкс</p>	<p><b>ПОС-50МГ4 / ПОС-50МГ4 Д / ПОС-50МГ4 "Скол"</b></p> <p>отрыв со скалыванием и скалывание ребра</p>  <p>предельное усилие 60 кН диапазон 5...100 МПа</p>
<p><b>ПОС-2МГ4 П</b></p> <p>испытание прочности ячеистых бетонов</p>  <p>предельное усилие вырыва 2,5 кН</p>	<p><b>Прессы испытательные малогабаритные</b></p> <p><b>ПГМ-100МГ4 / ПГМ-500МГ4 / ПГМ-1000МГ4</b> с гидравлическим приводом для испытания бетона, асфальтобетона, кирпича</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ предельная нагрузка 100 / 500 / 1000 кН</li> <li>■ масса 70 / 120 / 180 кг</li> </ul>	<p><b>ПСО-10МГ4 КЛ</b></p> <p>испытание прочности сцепления в каменной кладке</p>  <p>предельное усилие отрыва 15 кН</p>
<p><b>ПЛОТНОМЕРЫ ГРУНТОВ ДИНАМИЧЕСКИЕ</b></p> <p><b>ПДУ-МГ4 "Удар" и ПДУ-МГ4 "Импульс"</b></p> <p>определение динамического модуля упругости грунтов и оснований дорог методом штампа</p> <p>диапазон: 5...370 МН/м<sup>2</sup> ("Удар") 5...300 МН/м<sup>2</sup> ("Импульс")</p>	<p><b>ПМ-1МГ4 / ПМ-2МГ4 / ПМ-3МГ4 / ПМ-5МГ4 / ПМ-10МГ4</b> с ручным / электрическим приводом для испытания утеплителей на изгиб и сжатие при 10% линейной деформации</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ предельная нагрузка 1 / 2 / 3 / 5 / 10 кН</li> <li>■ масса 20 / 25 кг</li> </ul>	<p><b>АДГЕЗИМЕТРЫ</b></p> <p><b>ПСО-МГ4</b></p> <p>испытание прочности сцепления покрытия с основанием</p>  <p>предельная нагрузка 1 / 2,5 / 5 / 10 кН</p>
<p><b>ИЗМЕРИТЕЛИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ</b></p> <p><b>ИТП-МГ4 "100" / "250" / "Зонд"</b></p> <p>стационарный и зондовый режимы</p>  <p>диапазон 0,02...1,5 Вт/м·К</p>	<p><b>АНЕМОМЕТРЫ, ГИГРОМЕТРЫ</b></p> <p><b>ИСП-МГ4 / ИСП-МГ4.01</b> анемометр-термометр</p> <p>диапазон 0,1...20 (1...30) м/с -30...+100 °С</p> <p><b>ТГЦ-МГ4 / ТГЦ-МГ4.01</b> термогигрометр</p> <p>диапазон 0...99,9 % / -30...+85 °С</p>	<p><b>ИЗМЕРИТЕЛИ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ</b></p> <p><b>ИТП-МГ4.03 "Поток"</b></p> <p>3...5, 10 и 100-канальные регистраторы</p>  <p>диапазон 10...999 Вт/м<sup>2</sup> -40...+70 °С</p>
<p><b>ИЗМЕРИТЕЛИ ВЛАЖНОСТИ</b></p> <p><b>ВЛАГОМЕР-МГ4</b></p> <p>для измерения влажности бетона, сыпучих, древесины</p> <p>диапазон 1...45 %</p> 	<p><b>ТЕРМОМЕТРЫ</b></p> <p><b>ТМР-МГ4 / ТЦЗ-МГ4 / ТЦЗ-МГ4.01</b></p> <p>модульные регистрирующие для зимнего бетонирования и пропарочных камер (до 20 модулей в комплекте)</p> <p>зондовые / контактные 1...2-канальные</p> <p>диапазон -40...+100 / 250 °С</p> 	<p><b>ИЗМЕРИТЕЛИ СИЛЫ НАТЯЖЕНИЯ АРМАТУРЫ</b></p> <p><b>ДО-40 / 60 / 80МГ4</b> метод поперечной оттяжки</p> <p>диапазон контролируемых усилий 2...120 кН</p>  <p>диаметр арматуры 3...12 мм</p>
<p><b>ИЗМЕРИТЕЛИ ТОЛЩИНЫ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА</b></p> <p><b>ИПА-МГ4</b></p> <p>диаметр контролируемой арматуры 3...40 мм диапазон измерения защитного слоя 3...140 мм</p> 	<p><b>ДИНАМОМЕТРЫ</b></p> <p><b>ДМС-МГ4 / ДМР-МГ4</b> эталонные</p> <p>сжатия / растяжения предельная нагрузка 1...1000 кН</p> 	<p><b>ИЗМЕРИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЙ В АРМАТУРЕ</b></p> <p><b>ЭИН-МГ4</b> частотный метод</p> <p>диаметр арматуры 3...32 мм диапазон 100...1800 МПа</p> 
<p><b>ПРОИЗВОДИМ: ИЗМЕРИТЕЛИ ВИБРАЦИИ, МОРОЗОСТОЙКОСТИ, ТОЛЩИНОМЕРЫ, ГИДРОСТАТИЧЕСКИЕ ВЕСЫ И ДР.</b></p>		

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ**

журнал  
«Строительные материалы»®



**ИНФОКОМ**  
www.yarinfo.com

Выставочная компания  
«Инфоком»

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«РАЗВИТИЕ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ»

# КЕРАМТЭКС

**1-3 июня 2011 г.**  
**РОССИЯ, ЯРОСЛАВЛЬ**  
**ГКВК «СТАРЫЙ ГОРОД»**

**NEW**

**I специализированная тематическая выставка  
«ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КЕРАМИКЕ»**



**ПОСЕЩЕНИЕ ПЕРЕДОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ РОССИИ –  
ЗАО «НОРСКИЙ КЕРАМИЧЕСКИЙ ЗАВОД»**

**Спонсоры конференции:**



Кирпичное объединение «Победа ЛСР»



Норский керамический завод

Руководитель проекта – Юмашева Елена Ивановна

Менеджер проекта – Лескова Елена Львовна

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

[www.rifsm.ru](http://www.rifsm.ru)

[mail@rifsm.ru](mailto:mail@rifsm.ru)

[www.keramtex.ru](http://www.keramtex.ru)

# TECNARGILLA 2010

27 сентября – 1 октября 2010 г. в итальянском Римини состоялась 22-я Международная выставка технологии и оборудования для керамической и кирпичной промышленности. Это комплексное выставочное мероприятие, включающее собственно выставку, обширную деловую программу, а также конкурс дизайнерских работ в области применения керамических материалов, является крупнейшим событием в первую очередь в области тонкой и санитарно-технической керамики.

Одним из важнейших мероприятий Tecnargilla является и в международном проекте КЕРАМТЭКС журнала «Строительные материалы»®. В деловых поездках, организуемых журналом, органично сочетаются работа на выставке, знакомство с машиностроительными компаниями и посещение заводов по производству керамических стеновых материалов.



В этом году к выставке Tecnargilla было приковано внимание практически всех керамиков мира как к индикатору реальной ситуации в керамической отрасли. Неудивительно поэтому, что Tecnargilla продемонстрировала не только рост посетителей по отношению к предыдущей выставке (31,6 тыс. человек, что на 0,5% больше, чем в 2008 г.), но и существенное увеличение доли зарубежных посетителей, число которых увеличилось на 18,6%, или 14,6 тыс., что составляет 46% от общего числа посетителей.

Экспозиция была разделена на четыре самостоятельных тематических раздела: собственно выставка **Tecnargilla** (технология и оборудование для тонкой и санитарно-технической керамики), **Claytech** (технология и оборудование для строительной керамики или для кирпичной промышленности), **Kromatech** (производство пигментов, деколей, глазурей, смальт, технология окрашивания и декорирования керамических изделий), **Kermat** – инновационные разработки в области керамики, техническая керамика.

Самым интригующим разделом выставки уже несколько лет является Ceramic workshop, демонстрирующий самые передовые разработки в области дизайна, а также новые области применения керамических материалов.

Локомотивом продвижения продукции итальянских производителей оборудования для керамической промышленности уже много лет является национальная отраслевая ассоциация ACIMAC. Во многом благодаря ее усилиям даже на фоне развивающегося экономического кризиса Tecnargilla продолжает наращивать число посетителей, в первую очередь иностранных, то есть потенциальных клиентов итальянских машиностроителей. Однако экономика отрасли, видимо, соответствует состоянию экономики в целом, так как на официальных мероприятиях руководители ACIMAC и Rimini Fiera предпочитали говорить о технических достижениях и дизайнерских новациях, нежели о статистических показателях.

Несмотря на неполную загрузку выставочного комплекса (экспозиция заняла 14 павильонов из 16), был представлен весь спектр керамической технологии от добычи и исследования сырья до комплектного оборудования, а также запасных частей и сопутствующей продукции. Традиционно целый павильон занимали гиганты керамической индустрии Италии – фирмы SYSTEM и группа компаний SACMI. Среди иностранных участников выделялся стенд китайского машиностроительного холдинга KEDA Industrial.

*«В условиях кризиса как никогда важно привлечь внимание клиентов технологическими и техническими новинками, дизайнерскими разработками, новыми направлениями применения керамических материалов и, конечно же, достижениями в области автоматизации и энергосбережения, – отметил на пресс-конференции директор ACIMAC Паоло Гамбули (Paolo Gambuli). Цикличность развития экономики показывает, что за спадом неизменно следует подъем, и к этому времени в отрасли должен быть накоплен потенциал дальнейшего инновационного развития».*



С 2006 г. журнал «Строительные материалы»<sup>®</sup> является полноправным участником выставки, единственным российским специализированным изданием. Наш стенд не только знакомит зарубежных специалистов с тематическими номерами, дайджестами, книгами, выпускаемыми издательством «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», но и стал местом встреч, переговоров и отдыха для руководителей и специалистов керамических предприятий из России и стран СНГ.

В рамках тематики журнала наибольший интерес представляла экспозиция Claytech, которая организуется в рамках Tescnargilla с 2006 г. На ней было представлено более 70 фирм, среди которых преобладали итальянские производители оборудования для кирпичной промышленности. Традиционно представительными являются разделы производства фильер и глиноперерабатывающего оборудования.

Впервые на выставке Tescnargilla 2010 в экспозиции Claytech был представлен стенд фирмы SACMI, известной своими достижениями в области тонкой и санитарно-технической керамики. Посетители могли ознакомиться с предложениями фирмы для кирпичной промышленности. В России и странах СНГ официальным представителем фирмы является компания «Инкерам», которую возглавляет известный специалист, много лет проработавший в России, Жак Теста.



Семейное предприятие из Германии **A.Haessler GmbH** специализируется на разработке и внедрении инновационных технологий, ориентированных на энерго- и ресурсосбережение. Например, туннельные печи, в которых реализован международный патент фирмы на горелочную систему Haessler-RVE, могут работать на различных видах топлива и потреблять его на 20–25% меньше, чем аналогичные печи такой же производительности. Бункеры-питатели со специальной системой перемешивания позволяют добавлять и равномерно распределять в шихте углеотходы, что способствует повышению качества продукции, повышению производительности и энергосбережению. Такое оборудование уже установлено на некоторых российских заводах и показало высокую эффективность и надежность в эксплуатации. На стенде основатель Андреас (слева) и продолжатель семейного дела Кристиан Хаслер.

Итальянская компания **CIMMA Ing. Morandotti S.p.A** более 60 лет разрабатывает и производит оборудование для дробления, сушки, классификации и смешивания. Главными областями применения этого оборудования является керамическая, горная и химическая промышленность. В последние годы разработки фирмы актуальны для индустрии переработки твердых бытовых отходов. Руководство компании высоко оценивает потенциал российского рынка во всех этих направлениях и весьма заинтересовано в сотрудничестве с российскими компаниями.



Итальянская компания **KESER DIVA DESIGN SRL** удивила даже избалованных керамическими диковинами посетителей, казалось бы, незатейливыми изделиями – «цельнокроеными» ступенями, в том числе с противоскользящим и различными декоративными эффектами, наличниками, отливами, элементами внутренних и внешних углов. Технология Keser позволяет формировать L-образные элементы непосредственно в печи. На задней стороне плитки традиционным способом формируются специальные желобки. Прямые изделия подаются в печь на формах-шаблонах, где при определенной температуре сгибаются, принимают форму шаблона, а затем спекаются. Полученные заготовки далее обрабатывают как керамическую плитку.



В этом году партнером журнала по организации деловой части поездки группы российских специалистов и руководителей керамических предприятий России стала фирма «Инкерам» и ее итальянские коллеги компании Bongioanni macchine и SACMI.

Провинция Пьемонт на севере Италии является родиной не только изысканных итальянских вин, вермутов чинзано и мартини, самого дорого в мире гриба – белого трюфеля, но и известной машиностроительной компании **Bongioanni machine**, расположенной в местечке Фоссано (Fossano) недалеко от г. Асти.

Генеральный менеджер компании Джанни Барукко (Gianni Barusso) кратко познакомил российских коллег с историей компании, которая берет начало в 1907 г. Также он представил продукцию, на которой в настоящее время специализируется фирма. В первую очередь это глиноперерабатывающие машины: многоковшовые экскаваторы для глинозапасников, питатели различных конструкций, глинорыхлители, камневыделительные и дезинтеграторные вальцы, бегуны, смесители, растиратели, транспортные устройства, прессы для кирпича и черепицы.



На заводе российские гости осмотрели все передель производства, убедились в высоком уровне качества всего оборудования, обсудили со специалистами особенности различных машин. Особое внимание российских коллег привлекли вальцы и прессы, так как качественного глинистого сырья в России не так много, а от его переработки качество продукции зависит в первую очередь.



Конечно, мы не упустили случая познакомиться с достопримечательностями г. Асти, которые в большинстве своем являются примерами кирпичной архитектуры разных времен. Своим процветанием г. Асти обязан развитой торговле и мастерам банковского дела, активно ведущим бизнес в Средние века. Богатые семьи, стараясь выделиться на фоне не менее богатых соседей, стали строить рядом со своими дворцами высокие башни. В XVII в. их насчитывалось 125, из которых до наших дней сохранилось около десяти (справа).



Готическая церковь Сан-Секундо возведена на месте захоронения святого покровителя города, в честь которого она и названа. Церковь строилась постепенно: склеп датируется VIII в., колокольня – XIII в., а отделка фасада была произведена в XV в. Несмотря на пятисотлетний возраст, фигурные украшения фасада находятся в прекрасном состоянии.



Компания **SACMI** до недавнего времени была знакома российским специалистам-керамиком как производитель оборудования для производства плитки, черепицы и санитарно-технических изделий. Однако фирме есть что предложить и производителям стеновых керамических материалов. Официальное знакомство нашей группы с фирмой SACMI началось с посещения штаб-квартиры фирмы в г. Имола. Здесь региональный менеджер Ванни Трантини (Vanni Trantini) в первую очередь познакомил российских специалистов с историей фирмы. Он отметил, что SACMI образована 2 декабря 1919 г. во время экономического кризиса после Первой мировой войны. Девять механиков и кузнецов под руководством Ромео Галли (Romeo Galli) и Джулио Мичети (Giulio Miceti) организовали кооператив.

Первую машину под своей торговой маркой SACMI выпустила в 1930 г. Во время Второй мировой войны кооператив SACMI не переставал работать. Однако в 1944 г. Имола сильно пострадала от бомбардировок. В послевоенный период начался новый этап развития компании: были разработаны прессы для выпуска черепицы, линии для производства посуды, появилось оборудование по переработке пластмасс, сельскохозяйственной продукции, продуктов питания и др. В 1990-х гг. SACMI прочно занимает позицию лидера в производстве оборудования для тонкой керамики, формально оставшись при этом кооперативом.



Основатели SACMI и первый логотип компании



В. Трантини проводит экскурсию по музею



Музей в штаб-квартире SACMI

В настоящее время SACMI представляет большой исследовательско-производственный комплекс, лабораторией сотрудники называют огромный цех, где имеется кроме испытательного и все оборудование для выпуска различных керамических изделий. Машиностроительные цеха оборудованы по последнему слову техники.



Большой интерес участников группы вызвало посещение подразделения фирмы **Sacmi Forni**, специализирующееся на разработке печей для керамического производства.



Штаб-квартира SACMI и ряда подразделений компании расположены недалеко от древней столицы Византийской империи Равенны, признанной столицей мозаики. Базилика Сан-Аполлинаре Нуово (справа) была построена королем варваров-остготов Теодорихом в начале VI в. Колокольня построена примерно в X в. В 1996 г. включены в состав Всемирного наследия ЮНЕСКО.

Собор Сан-Спирито (Святого Духа) – кафедральный собор Равенны, построенный в 1749 г. на месте обветшавшей Урсановой базилики V в., восьмиугольный баптистерий православных сохранился с V в., цилиндрическая кампанила – с X в. **И все это – из керамического кирпича...**





Чтобы продемонстрировать достижения в области строительства предприятий по выпуску керамического кирпича и блоков, для нашей группы была организована поездка на кирпичный завод «ГРАЛЬ» (GRAL). Проектирование и изготовление полного комплекта оборудования было поручено компании SACMI Heavy Clay Division. Кирпичный завод «ГРАЛЬ» является самым мощным предприятием в Италии (1300 т/сут), на одной линии он может выпускать поризованные блоки с пустотностью 45, 50–55 и 60%; модульные блоки; блоки для перегородок, изготавливаемые в положении «на тычке» (толщина 250 мм); блоки для перегородок, изготавливаемые в положении «на ложке» (толщина 500 мм); различные блоки для перекрытий шириной 400, 450 и 500 мм; полнотелый, пустотелый тяжелый и пустотелый облегченный кирпич.



В 2007 г. издательством «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ» был учрежден памятный знак-символ, девиз которого «Объединение профессионалов гарантирует успех». Он вручается партнерам журнала в знак благодарности за сотрудничество и содействие в развитии российской промышленности строительных материалов. Этот памятный знак признательности и благодарности был вручен фирме *Bongioanni macchiné* (генеральный менеджер Джанни Барукко (Gianpi Barusso)) во время посещения предприятия, а также фирме SACMI – в торжественной обстановке выставки (руководитель дивизиона строительной керамики Стефано Ланцони (Stefano Lanzoni)).



В рамках поездки на выставку Tecnargilla наша группа посетила также кирпичный завод Topetti, где познакомилась с одной из последних разработок давнего партнера журнала фирмы CISMAC – установкой для выпуска комбинированных керамических блоков со слоем теплоизоляционного материала (пенополистирола или натуральной пробки). Памятный знак-символ «Объединение профессионалов гарантирует успех» был вручен коммерческому директору фирмы CISMAC Клаудио Ферри (Claudio Ferri).

Редакция журнала «Строительные материалы»® и все участники поездки выражают благодарность нашим зарубежным коллегам за организацию экскурсий на предприятия и деловых встреч. Слова особой благодарности нашему туристическому партнеру – компании UTS.

## LINGL создает сервисный центр в России



В декабре 2010 г. фирма ЛИНГЛ открывает новую дочернюю компанию ООО «ЛИНГЛ Сервис» в Санкт-Петербурге. Это будет уже четвертый сервисный центр в мире, который будет обслуживать клиентов, используя многочисленные предложения из сервисного портфеля ЛИНГЛ. Наряду со снабжением запасными и быстроизнашивающимися частями ЛИНГЛ предлагает услуги по инспектированию предприятий, техническому обслуживанию и пусконаладочные работы. Основными задачами центра является также контроль состояния оборудования с использованием таких услуг, как: термография, диагностика колебаний температуры, определение мест утечки сжатого воздуха, информационная система менеджера и телесервис. Мероприятия по реконструкции, модернизации и оптимизации существующего оборудования с целью повышения экономичности являются составной частью предложения по сервисным услугам компании ЛИНГЛ.

Существенное конкурентное преимущество новой дочерней компании ООО «ЛИНГЛ Сервис» заключается в простом и быстром снабжении российских заказчиков запасными и быстроизнашива-

ющимися частями для поставленного ранее оборудования. Российские клиенты получают дальнейшее преимущество – оптимизированное и малозатратное выполнение заказа. Теперь приобретение запасных частей будет внутренним делом – обширные импортные договоры и приобретение валюты останутся в прошлом. Отпадет и таможенное оформление с большими затратами времени и средств на таможенную, таможенных брокеров, и экспедиторов и т.д. Оплата заказов будет производиться в российских рублях, а обслуживание клиентов будет осуществляться опытными российскими сотрудниками ЛИНГЛ в Санкт-Петербурге.

ООО «ЛИНГЛ Сервис» будет обслуживать клиентов компании на месте с помощью российских техников по сервисному обслуживанию. Значительно сократятся сроки оформления визы и высокие командировочные расходы для техников по сервисному обслуживанию из Германии.

С образованием ООО «ЛИНГЛ Сервис» фирма ЛИНГЛ сделала следующий шаг для обеспечения всеобъемлющего и профессионального сервисного обслуживания клиентов на местах.

**ЛИНГЛ Сервис 24 часа +49 (0) 700 - 82 82 82 50**

**Сервисный центр в России:**

**ООО «ЛИНГЛ Сервис»  
196 247 Санкт-Петербург, Ленинский проспект, 160,  
Офис 305 Россия  
Тел.: +7 812 703 4199, Факс: +7 812 703 4199  
lingl.russia@gmail.com**

**Hans-Lingl Anlagenbau und Verfahrenstechnik GmbH & Co. KG**

**Нордштрассе 2  
D-86381 Крумбах  
Контактное лицо: г-н Бернд Браун  
Телефон +49 (0)82 82/825-746  
Факс +49 (0)82 82/825-749  
b.braun@lingl.com www.lingl.com**

Реклама



**Впервые в России,  
на линии Unimorando  
освоен выпуск керамических  
крупноформатных камней  
с размерами до 14,3 НФ!**

**г. Ревда, Кирзавод, д.4  
623285, Свердловская обл.,  
Тел/факс: (34397) 27-117,  
info@revkz.ru  
www.revkz.ru**

С.М. УСОВ, инженер-электрофизик, ООО «Стройкерамика» (Новосибирск)

## Методика расчета теплообмена в зоне обжига объемной печи

Эффективность термообработки керамических изделий определяется как их термическими свойствами, так и теплотехническими свойствами печей. Возможности улучшения эффективности многорядных туннельных печей исчерпаны вследствие неудовлетворительных условий теплообмена. Условия однорядного обжига керамических изделий исследованы на рольганговых печах и показали возможность многократного уменьшения времени термообработки изделий [1, 2]. Однако для производства кирпича такие печи обладают малой производительностью.

Ниже приводится расчетный анализ теплообмена в зоне обжига объемной печи, предложенной в [3].

Цель работы – расчет конфигурации зоны обжига печи, обеспечивающей оптимальные режимы обжига, вычисления температуры изделий, возвращающихся из зоны обжига в зону сушки, а также создание компьютерной программы для отладки и оперативного управления технологическим процессом.

Расчитываемая печь представляет собой объем, заполненный встречными потоками изделий, обменивающихся тепловой энергией. При этом происходит сушка и обжиг кирпича-сырца, а также остывание обожженного кирпича.

Транспортеры печи выполнены в виде каркасов под изделия, соединенных между собой в замкнутую цепь, свисающую вниз. Загрузка и выгрузка производятся в верхних каркасах транспортеров замещением обожженного кирпича сырцом. После загрузки или одновременно с загрузкой всех верхних каркасов происходит перемещение каркасов на один шаг. Таким образом, сырец проходит через зону сушки и с влажностью 0,6% поступает в зону обжига.

Динамика теплообмена в зоне обжига определяется взаимосвязанными процессами лучистого теплообмена между поверхностями тел и процессами их внутреннего теплообмена посредством теплопроводности. Аналитические решения задач внутреннего и внешнего теплообмена имеют решения для ограниченного числа конфигураций.

Таблица 1

№ п/п	Номера изотермических зон	Наименование изотермических зон
1	1–47, 51	Поверхностные зоны с изделиями
2	48, 49, 63, 72	Поверхности нагревателя
3	52	Поверхности нагреваемого воздуховода
4	53, 54, 55, 58, 61, 62	Поверхности экранов
5	50, 56, 57, 59, 60	Поверхности теплоизоляции
6	64–71	Поверхности тепловых сопротивлений
7	101–147, 151–197	Газовые объемы

<sup>1</sup> Зона обжига, как и составляющие ее зоны нагрева-охлаждения и спекания, не является изотермической.

Однако современная вычислительная техника позволяет применить для рассматриваемой сложной системы зональные методы. Суть зональных методов состоит в разбиении конфигурации на изотермические зоны, в пределах которых температура усредняется с достаточной для инженерного расчета точностью. Для внешнего теплообмена такими зонами являются поверхности тел и газовые объемы. Для внутреннего теплообмена такими зонами являются изотермические слои твердых тел. Понятие изотермического слоя тела введено в расчет как следствие усреднения температуры его поверхности. Изотермический слой тела – это часть его определяющего размера. Определяющий размер является усредненной характеристикой тела и равен отношению объема тела к площади его обтягивающей поверхности, участвующей в теплообмене. Обтягивающая поверхность – поверхность, совпадающая с поверхностью невогнутых участков зоны и натянутая на вогнутых участках. Определяющий размер позволяет рассчитать общий ход графиков термообработки.

Разбиение на слои производится по методу элементарных балансов [4], в данном расчете на 7 слоев, причем поверхностный слой в 2 раза тоньше каждого из внутренних.

В связи с идентичностью рядов транспортеров печи расчетную конфигурацию зоны обжига можно представить как решетку из повторяющейся конфигурации (рис. 1). Согласно зональному методу зона лучистого теп-

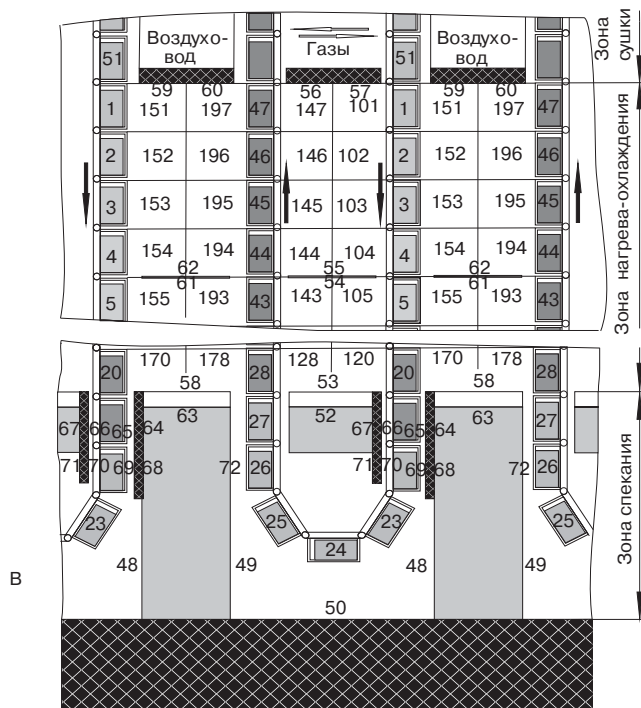


Рис. 1. Схема нумерации изотермических зон печи для расчета лучистого теплообмена в зоне обжига<sup>1</sup>

лообмена печи разбита на поверхностные и объемные изотермические зоны (табл. 1).

Алгоритм расчета теплообмена в рассматриваемой системе состоит в нахождении внешних тепловых потоков из температур поверхностных и объемных изотермических зон с последующим вычислением приращения температуры изотермических слоев твердых тел за промежуток времени  $\Delta t$ .

В качестве внешних тепловых потоков, определяющих граничные условия задачи о нагреве изделий, используются плотности потоков результирующего излучения на поверхностях, образующих зону обжига [5]:

$$E_{рез,i} = \frac{\varepsilon_i}{1 - \varepsilon_i} (\sigma T_i^4 - E_{эфф,i}). \quad (1)$$

Эффективное излучение состоит из собственного и отраженного излучений:

$$E_{эфф,i} = \varepsilon_i \sigma_0 T_i^4 + r_i E_{пад,i}. \quad (2)$$

Соответственно эффективные лучистые потоки поверхностных изотермических зон твердых тел вычисляются из системы уравнений, описывающей теплообмен между поверхностями в поглощающей и излучающей газовых средах [6]:

$$E_{эфф,i} - r_i \sum_{j=1}^n E_{эфф,j} \psi(i, j) = \varepsilon_i \sigma_0 T_i^4 + r_i \sum_{q=1}^m E_{0q} \psi(i, q). \quad (3)$$

Здесь приняты следующие обозначения:  $\varepsilon_i$  – поглощательная способность поверхности  $i$ , которая по закону Кирхгофа равна ее излучательной способности (в расчете  $\varepsilon_i = 0,93$ );  $r_i = 1 - \varepsilon_i$  – отражательная способность поверхности зоны  $i$ ;  $T_i$  – температура поверхности зоны  $i$ ;  $\sigma_0$  – постоянная Стефана–Больцмана;  $\psi(i, j)$  – угловой коэффициент с поверхности  $i$  на поверхность  $j$ ;  $\psi(i, q)$  – угловой коэффициент с поверхности  $i$  на объем  $q$ ;  $E_{эфф,i}$  – эффективное излучение поверхности  $i$ , Вт/м<sup>2</sup>;  $E_{0q} = \sigma_0 T_{4q}$  – плотность потока равновесного излучения поверхности объема  $q$  при температуре  $T_q$ , Вт/м<sup>2</sup>;  $E_{пад,i}$  – плотность потока излучения, падающего на зону  $i$ , Вт/м<sup>2</sup>;  $n$  – количество поверхностных зон;  $m$  – количество объемных зон.

Для вычисления коэффициентов самооблучения зон с изделиями, имеющими вогнутости, используют условие замыкаемости системы и свойство обтягивающей поверхности [7], из которых следует:

$$\psi(i, i) = 1 - \frac{F_{0i}}{F_i}, \quad (4)$$

где  $F_{0i}$  – площадь обтягивающей поверхности зоны с изделиями;  $F_i$  – суммарная площадь изделий зоны, участвующая в теплообмене, включая поверхности вогнутых участков.

Для вычисления угловых коэффициентов между зонами для данной системы уравнений аналитические формулы, приведенные в [8], представляются в виде интегральных сумм. Алгоритм их вычисления вытекает из следующих далее соображений.

Изотермические поверхности  $F_{0i}$  разбиты на плоские участки  $\Delta F_{li}$ , которыми являются плоские грани кирпича. Изотермические газовые зоны также разбиты на элементарные газовые объемы  $\Delta V_q$ .

Угловые коэффициенты  $\psi(i, j)$ , вычисляются как сумма коэффициентов взаимного теплообмена между  $\Delta F_{li}$  и  $\Delta F_{lj}$ , отнесенная к площади зоны  $F_i$ . Коэффициенты взаимного теплообмена между  $\Delta F_{li}$  и  $\Delta F_{lj}$  вычисляются с учетом длин лучей между их центрами, углов между лучами и нормальными к  $\Delta F_{li}$  и  $\Delta F_{lj}$ , средней пропускательной способности газовой среды на пути лучей.

Угловые коэффициенты  $\psi(i, q)$  вычисляются как сумма коэффициентов взаимного теплообмена между

$\Delta F_{li}$  и  $\Delta V_q$ , отнесенная к площади зоны  $F_i$ . Коэффициенты взаимного теплообмена  $\Delta F_{li}$  и  $\Delta V_q$  вычисляются с учетом длин лучей между центрами  $\Delta F_{li}$  и  $\Delta V_q$ , углов между лучами и нормальными к  $\Delta F_{li}$ , средней пропускательной способности газовой среды на пути лучей, коэффициентов поглощения объемов  $\Delta V_q$ .

Угловые коэффициенты  $\psi(q, i)$  вычисляются как сумма коэффициентов взаимного теплообмена между  $\Delta F_{li}$  и  $\Delta V_q$ , отнесенная к площади поверхности объема  $F_q$ . Коэффициенты взаимного теплообмена  $\Delta F_{li}$  и  $\Delta V_q$  вычисляются с учетом длин лучей между центрами  $\Delta F_{li}$  и  $\Delta V_q$ , углов между лучами и нормальными к  $\Delta F_{li}$ , средней пропускательной способности газовой среды на пути лучей, коэффициентов поглощения объемов  $\Delta V_q$ .

Угловые коэффициенты между объемами  $\psi(q, p)$  вычисляются как сумма коэффициентов взаимного теплообмена между  $\Delta V_q$  и  $\Delta V_p$ , отнесенная к площади поверхности объема  $F_q$ . Коэффициенты взаимного теплообмена  $\Delta V_q$  и  $\Delta V_p$  вычисляются с учетом длин лучей между их центрами, средней пропускательной способности газовой среды на пути лучей и коэффициентов поглощения объемов  $\Delta V_q$ ,  $\Delta V_p$ .

Результирующее излучение объемов вычисляется как разность между поглощенным и собственным излучениями [9]:

$$E_{рез,q} = \varepsilon_q \sum_{i=1}^n E_{0i} \psi(q, i) + \varepsilon_q \sum_{p=1}^m E_{0p} \psi(q, p) - \varepsilon_q \sigma_0 T_q^4. \quad (5)$$

После этого, зная плотности и теплоемкости газов, вычисляются приращения температуры газовых объемов.

Для вычисления коэффициентов поглощения, поглощательной и пропускательной способности газовых объемов использована формула коэффициента ослабления для смеси углекислого газа и паров воды, рекомендованная в [7].

Приращения температуры для шести внутренних изотермических слоев твердых тел пропорциональны изменению их тепловой энергии за счет теплопроводности [4] и химических реакций:

$$\Delta \bar{S} cp(t_{ns, k\tau+1} - t_{ns, k\tau}) = -\lambda \left( \frac{t_{ns, k\tau} - t_{ns-1, k\tau}}{\Delta \bar{S}} \right) \Delta \tau - \lambda \left( \frac{t_{ns, k\tau} - t_{ns+1, k\tau}}{\Delta \bar{S}} \right) \Delta \tau + \frac{2}{13} E_{хим, ns, k\tau} \Delta \tau; ns=2...7. \quad (6)$$

Для поверхностного слоя:

$$\frac{\Delta \bar{S}}{2} cp(t_{1, k\tau+1} - t_{1, k\tau}) = E_{рез, 1} \Delta \tau - \lambda \left( \frac{t_{1, k\tau} - t_{2, k\tau}}{\Delta \bar{S}} \right) \Delta \tau + \frac{1}{13} E_{хим, 1, k\tau} \Delta \tau. \quad (7)$$

Здесь  $\Delta \bar{S}$  – толщина слоя тела по определяющему размеру, м;  $c$  – теплоемкость тела, Дж/(кг·°C);  $\rho$  – плотность тела, кг/м<sup>3</sup>;  $\lambda$  – теплопроводность тела, Вт/(м·°C);  $t_{ns, k\tau}$  – температура слоя  $ns$  в момент времени  $k\tau$ , °C;  $E_{рез, ns, k\tau}$  – результирующий лучистый поток поверхности, Вт/м<sup>2</sup>;  $E_{хим, ns, k\tau}$  – баланс эндотермических и экзотермических химических реакций слоя  $ns$  в момент времени  $k\tau$ , Вт/м<sup>2</sup>.

После истечения времени неподвижного положения изделий для имитации их пошагового перемещения<sup>2</sup> информация о температуре слоев каждого изделия передается на следующую позицию транспортера. Первые позиции транспортеров занимают изделия с начальным распределением температуры слоев изделий, входящих в зону обжига из зоны сушки.

Учет влияния эндотермических химических реакций на графики обжига изделий в данном расчете осуществляется из общей величины эндотермического эффекта, вычисляемого по процентному содержанию в глине оксида алюминия [10]. На основании экспериментальных графиков скорости уменьшения массы [11] вычисляется

<sup>2</sup> Перемещение изделий может быть непрерывным, но это усложняет расчет.

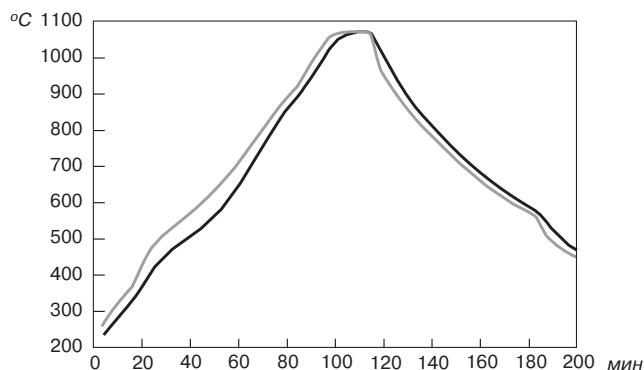


Рис. 2. Установившийся в ходе 100 шагов транспортера расчетный график изменения температур поверхностного (первого) и среднего (седьмого) слоев кирпича. Температура нагревателей 1070°C. Топливная добавка 0,5% условного топлива. Содержание  $Al_2O_3$  в глине 12,5%

Таблица 2

Интервал температур поверхности изделий, °C	Минимальное время прохождения интервалов температур, мин	Время прохождения интервалов температур, мин
200–400	16	18
400–500	8,6	10
500–600	10,5	16
600–800	1	24
800–1050	21,4	30
Выдержка 1050–1060	8	18
1050–800	13	24
800–600	6	35
600–500	6,6	15

величина эндотермического эффекта для каждого слоя изделия в каждый момент времени  $\Delta t$ . Однако для каждой глины зависимость эндотермического эффекта во времени должна быть получена в лаборатории в условиях, близких к условиям обжига.

Учет влияния выгорания топлива, запрессованного в сырец, в данном расчете осуществляется по величине теплового эффекта при его сгорании. На основании опытных данных о скорости выгорания [11] вычисляется величина теплового эффекта сгорания оксида углерода в поверхностном слое изделия в каждый момент времени  $\Delta t$ . Однако для разных глин и топливных добавок должны быть свои опытные данные, учитывающие специфику термообработки в разрабатываемой печи.

Тонкие экраны в расчете рассматриваются как реальные, изотермические по толщине тела, обладающие массой и теплоемкостью.

Тепловые сопротивления представляют собой тонкие пластины, разделенные материалом определенной толщины и теплопроводности.

Тепловые потери через теплоизоляцию стен зоны обжига на порядок меньше, чем, например, тепловые потоки на компенсацию эндотермических реакций. Однако влияние стен предстоит учесть, увеличив количество изотермических зон расчетной конфигурации.

Экспериментальной основой для расчета стал опытный график теплообмена между двумя полнотелыми кирпичами. Затем система уравнений была поэтапно расширена с учетом вышеприведенных позиций и учетных факторов, влияющие на график обжига.

В конфигурации зоны обжига, представленной на рис.1, экраны с поверхностями 54, 55, 61, 62, смягчают тепловое воздействие на сырец, входящий в зону обжига из зоны сушки, и снижают температуру кирпича, идущего вверх из зоны обжига в зону сушки. Экраны с поверх-

ностями 53, 58 влияют на ход графика обжига в интервале температур 400–900°C. Меняя положение, площадь поверхности, теплопроводность указанных экранов, можно существенно влиять на ход кривой обжига изделий.

Тепловые сопротивления с поверхностями 64–71 смягчают тепловое воздействие на изделия, входящие в зону спекания.

Расчетный график обжига изделий в этой конфигурации представлен на рис. 2.

В [1, 2] приведены методики расчета режимов обжига, основанные на данных опытов. В табл. 2 приведены минимально возможное время прохождения интервалов температур поверхности, определенные в работе [1] по предложенной расчетной методике, а также для сравнения время прохождения этих интервалов температур для внешнего слоя изделий, определенное из расчетного графика (рис. 2). Для обоих случаев в табл. 2 приведено изменение средней температуры поверхности для кирпича с наибольшим характерным размером 1,6 см. Характерный размер изделия в отличие от определяющего является локальной характеристикой, например, половина толщины самой толстой перегородки, и позволяет рассчитать значения термоупругих напряжений, возникающих в теле изделия при известной скорости изменения температуры его поверхности.

Как видно из таблицы, во всех интервалах изменения температур расчетная кривая (рис. 2) имеет меньшую, чем по расчетным данным, основанным на экспериментальных исследованиях в НИИСТРОЙКЕРАМИКА, скорость изменения температуры. Это положительно влияет на качество обжига.

Печь, в которой происходит сушка и обжиг, с внешними размерами корпуса 9×9×9 м рассчитана на производительность 30 млн шт. пустотелого кирпича в год.

**Ключевые слова:** сушильно-обжиговая печь, расчет, кирпич, кривая обжига.

Список литературы

1. Беренштейн П.И. Скоростной однорядный обжиг лицевого кирпича и керамических камней // Строит. материалы. 1970. № 10. С. 9–10.
2. Блох С.А. Термоупругие напряжения в изделиях стеновой керамики при их обжиге // Строит. материалы. 1976. № 2. С. 27–28.
3. Патент RU 2347167 С2 Усов С. М. Печь для обжига керамических изделий / С.М. Усов // Заявл. 08.02.2007. Опубл. 20.02.2009. БИ № 5. С. 1016.
4. Ваничев П.А. Приближенный метод решения задач теплопроводности в твердых телах. М.: Бюро новой техники, 1947. 63 с.
5. Зорин В.М., Григорьева В.А. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент. М.: Энергоиздат, 1982. 510 с.
6. Рубцов Н.А. Теплообмен излучением в сплошных средах. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1984. 277 с.
7. Кутателадзе С.С., Боришанский В.М. Справочник по теплопередаче. М.—Л.: Госэнергоиздат, 1959. 414 с.
8. Невский А.С. Лучистый теплообмен в печах и топках. М.: Металлургия, 1971. 439 с.
9. Блох А.Г., Журавлев Ю.А., Рысков Л.Н. Теплообмен излучением: Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1991. 431 с.
10. Справочник по производству строительной керамики. М.: Госстройиздат, 1961. Т. 1. 464 с.
11. Шильков А.В. Некоторые вопросы теории и практики производства пористо-пустотелых керамических стеновых материалов при вводе топлива в шихту. М.: Промстройиздат, 1957. 34 с.

Р.З. РАХИМОВ, д-р техн. наук, член-корр. РААСН,  
М.И. ХАЛИУЛЛИН, канд. техн. наук (khaliullin@ksaba.ru),  
ФГОУ ВПО Казанский государственный архитектурно-строительный университет

## **Состояние и тенденции развития промышленности гипсовых строительных материалов**

Принятие концепции устойчивого развития в рамках «Повестки дня на XXI век» в Рио-де-Жанейро на Всемирном саммите ООН по окружающей среде в 1992 г., ориентированной на ресурсо-, энергосбережение и повышение экологической безопасности земной цивилизации, привело к необходимости пересмотра дальнейшей стратегии развития энерго- и материалоемких отраслей промышленности, требований к некоторым широко применяемым материалам и технологиям [1]. Обеспечение устойчивого развития и повышения технико-экономической эффективности отечественного производства строительных материалов и жилищно-гражданского строительства связано с необходимостью разрешения ряда проблем [2], некоторые из них рассмотрены далее.

Одной из актуальных проблем отечественного жилищно-гражданского строительства является снижение материалоемкости возводимых зданий. Отечественные кирпичные и панельные дома имеют среднюю приведенную массу соответственно 2,5 и 2 т/м<sup>2</sup> общей площади, в то время как в мировой практике жилые и общественные здания имеют, как правило, этот показатель не выше 1 т/м<sup>2</sup> общей площади [3]. Проблемами являются и снижение цемента- и энергоемкости, экологической нагрузки на окружающую среду и повышение производительности труда в производстве строительных материалов и строительстве, пожаробезопасности и санитарно-гигиенической комфортности помещений.

Основным минеральным вяжущим в производстве строительных материалов является портландцемент, производство и применение которого составляет в нашей стране более 80% от общего объема минеральных вяжущих. Однако производство портландцемента связано с высокими капитальными вложениями, энергозатратами и выделением побочных продуктов в виде газов и пыли в окружающую среду. Высокими энергозатратами характеризуется и производство бетонных и железобетонных изделий на основе портландцемента. Цементоемкость одного квадратного метра отечественного жилья значительно превышает этот показатель других развитых стран.

Известен ряд направлений снижения цементаемкости строительной продукции.

Расширение производства и применения гипсовых материалов позволяет в определенной мере решать перечисленные проблемы в совокупности, так как они отличаются пониженной плотностью, тепло- и звукопроводностью, декоративностью, экологической безопасностью, огне- и пожаростойкостью и позволяют создавать благоприятный микроклимат помещений в течение короткого времени. Их производство отличается более низкими по сравнению с материалами и изделиями на основе других минеральных вяжущих расхода-

ми топлива и энергии (соответственно в 4 и 5 раз), низкими удельными капиталовложениями и металлоемкостью оборудования гипсовых предприятий по сравнению с цементными (соответственно в 2 и 3 раза) в 10–15 раз ускоряется обрабатываемость форм при производстве изделий.

По утверждению западных специалистов, расширенное производство и применение гипсовых материалов и изделий позволило их странам добиться революционных успехов в энергосбережении, охране окружающей среды и повышении производительности труда в отрасли строительных материалов и в строительстве.

В связи с этим в ряде ведущих технически развитых стран доля гипсовых вяжущих в последние десятилетия прошлого века стало достигать 20–27% от общего объема минеральных вяжущих. Стала чрезвычайно широкой и номенклатура гипсовых материалов, выпускаемых в мире: плиты, профильные и малые архитектурные изделия для внутренней отделки зданий, получаемые распиловкой и обработкой природного гипсового камня; гипсовые вяжущие – строительный, высокопрочный, формовочный, медицинский гипс, ангидритовый цемент и гипсоангидритовые вяжущие, гипсоцементно-пуццолановые, известково-гипсозольные, известково-гипсопуццолановые, известково-гипсошлаковые, многофазовые, композиционные, низкой водопотребности; стеновые и перегородочные камни и плиты, прессованный кирпич, панели гипсобетонные для перегородок, прокатные панели для пола размером на комнату, блоки и панели наружных стен, подоконные доски, санитарно-технические кабины, вентиляционные блоки, крупные элементы объемно-блочного домостроения, панели перекрытий и покрытий; отделочные, декоративные, акустические, огнезащитные материалы и изделия – листы гипсокартонные, гипсоволокнистые и гипсостружечные для внутренней отделки, мраморовидные плиты, плафоны, карнизы; сухие строительные смеси – штукатурные, шпаклевочные, монтажные, для устройства полов; теплоизоляционные плиты и изделия – пеногипсовый, пеногипсоволокнистый и пенополимер-гипсовый утеплитель; теплоизоляционные скорлупы для теплоизоляции трубопроводов в системах отопления, горячего водо- и пароснабжения жилых, культурно-бытовых и промышленных зданий; медицинские бинты [4].

Принимались государственные и отдельные региональные программы по развитию производства гипсовых строительных материалов и в бывшем СССР, которые, однако, в большинстве своем не были реализованы.

В конце 80-х гг. производство и применение гипсовых вяжущих в СССР составляло не более 5% от общего объема минеральных вяжущих, незначительны были объемы и номенклатура строительных материалов, производимых

на их основе. Например, по объемам производства гипсокартона страна уступала США в 35 раз.

С перестройкой экономических отношений, сопровождавшейся спадом производства во многих отраслях, объемы и номенклатура производства гипсовых материалов еще более снизились. Например, в Республике Татарстан снизились вдвое добыча гипсового камня и производство гипсовых плит перегородок, гипсокартона, санитарно-технических кабин на основе гипсоцементопуццоланового вяжущего. Стали высказываться мнения о том, что отечественная гипсовая промышленность на грани ошестования, но благодаря возникновению бизнес-сообщества и при содействии западных фирм гипсовая промышленность страны в последние два десятилетия стала возрождаться и получила значительное развитие.

Важную роль при этом сыграла и выполняет группа КНАУФ СНГ, которая оживила работу отдельных гипсовых рудников и организовала ряд предприятий по производству гипсовых материалов. Большой вклад в развитие гипсовой промышленности принадлежит ВНИИСтром и Российской гипсовой ассоциации.

В последние десятилетия рост гипсового производства превосходит экономический рост всех мировых рынков, в том числе российского. Практически на развитии производства гипсовых строительных материалов существенно не отразился и мировой промышленный кризис последних лет.

Рассмотрим для примера современное состояние и планируемое развитие производства гипсовых строительных материалов в отдельных регионах Приволжского федерального округа. Добыча гипсового камня в 2008 г. составила в тыс. т: в Пермском крае – 1400, Республике Татарстан – 500; Нижегородской области – 244. В стадии реализации планы по увеличению добычи на действующих и организации добычи гипсового камня на новых месторождениях в тыс. т: в Республике Татарстан – до 1200; Чувашской Республике – до 1000; Республике Башкортостан – до 550 – 680; Самарской области – до 200. Производство гипсовых вяжущих в 2008 г. составило в тыс. т: в Пермском крае – 485,2; Нижегородской области – 284,5; Самарской области – 187,6; Республике Татарстан – 100; Республике Башкортостан – 25,8.

Во всех субъектах Приволжского федерального округа разрабатываются и реализуются планы по увеличению производства гипсовых вяжущих дополнительно в общем объеме до 500–700 тыс. т.

В Пермском крае весь объем производимого строительного гипса используется для собственного производства гипсокартона, пазогребневых гипсовых плит и стеновых камней, сухих строительных смесей. Группа компаний «Юнис» планирует создать предприятие по выпуску сухих строительных смесей мощностью 1 млн т/г. В Нижегородской области производятся гипсоволокнистые листы, пазогребневые гипсовые плиты. ООО «Сен-Гобен Строительная продукция Рус» ведет работу по организации производства гипсокартона мощностью 30 млн м<sup>2</sup>/г. В Самарской области значительная часть производства гипсовых вяжущих приходится на высокопрочный гипс. Производятся сухие строительные смеси, пазогребневые гипсовые плиты, гипсобетонные стеновые блоки замковой конструкции. В Республике Башкортостан производятся сухие строительные смеси (мощность 30 тыс. т). ООО «Сен-Гобен Строительная продукция Рус» планирует создание предприятия по выпуску гипсокартона мощностью 30 млн м<sup>2</sup>/г. В Чувашской Республике планируется создание мощностей по производству гипсокартона, сухих строительных смесей и других гипсовых материалов. В

Республике Татарстан производится до 8 млн м<sup>2</sup>/г. гипсокартона, пазогребневые гипсовые плиты, около 30 тыс. т/г. сухих строительных смесей. Созданы и планируется создание новых предприятий по производству гипсокартона общей мощностью до 60 млн м<sup>2</sup>/г. и сухих строительных смесей до 200 тыс. т/г.

По приведенным сведениям по Приволжскому федеральному округу можно судить о достаточно динамичном развитии промышленности гипсовых строительных материалов в целом в России. Производство гипсокартона в стране уже составляет около 2 м<sup>2</sup>/г на душу населения. Производство гипсовых сухих строительных смесей, не производившихся в стране в 80-е гг. достигло более 15 кг на душу населения. Россия обладает половиной мировых запасов гипсового сырья, которые составляют по промышленным категориям (A+B+C<sub>1</sub>) 3275,9 млн т, распределенных по федеральным округам (соответственно в млн т [5]): Центральный – 1854,7; Приволжский – 851,8; Южный – 308,6; Сибирский – 163,4; Северо-Западный – 47,1; Уральский – 35,3; Дальневосточный – 19.

В связи с этим Россия может стать ведущей страной в мире по производству и применению гипсовых строительных материалов. На первом этапе должно быть преодолено хотя бы определенное отставание от других технически развитых стран как по объемам производства гипсовых материалов, так и по их номенклатуре.

Для решения этих задач представляется необходимой разработка федеральной или отраслевой программы дальнейшего развития производства и применения гипсовых строительных материалов, в которой целесообразно предусмотреть среди прочих следующие меры:

- Расширение номенклатуры гипсовых вяжущих и номенклатуры гипсовых материалов и изделий на их основе.
- Расширение применения гипсовых материалов при проектировании зданий и сооружений проектными организациями.
- Разработка схемы рационального размещения производственных сил.

– Обеспечение отечественного научного сопровождения разработок и развития производства эффективных гипсовых материалов и изделий с укреплением материальной базы и созданием региональных научно-технических центров.

В других странах в перечне гипсовых вяжущих, производимых в наибольших объемах, фигурируют наряду со строительным гипсом ангидритовые и гипсоангидритовые, применение которых позволяет расширить номенклатуру эффективных гипсовых вяжущих и материалов на их основе. В нашей стране по состоянию на 2009 г. на долю строительного гипса приходится свыше 97% производства и применения гипсовых вяжущих и материалов на их основе. Большая часть перечисленной выше производимой в мире номенклатуры гипсовых материалов и изделий разработана учеными и нашей страны.

В дальнейшем развитии производства гипсовых строительных материалов необходимо расширить использование отечественного потенциала результатов исследований и разработок эффективных гипсовых материалов и изделий с введением суперпластификаторов, полимерных, минеральных дисперсных и волокнистых наполнителей, органоминеральных химических добавок, наномодификаторов и легких заполнителей, выпущенных во ВНИИСтром, МГСУ, БГТУ им. В.Г. Шухова, Ижевском ГТУ и других вузах и научно-исследовательских институтах.

Отдельный интерес для внедрения представляют разработки кафедры «Строительные материалы» Казанского ГАСУ в части составов и технологии изготовления:

- многофазовых и композиционных гипсовых, гипсоангидритовых и ангидритовых вяжущих низкой водо-

потребности, обладающих повышенной прочностью (марки до 400–500) и водостойкостью, сухих строительных смесей и изделий на их основе;

– газо- и пеногипсовых конструкционно-теплоизоляционных и теплоизоляционных материалов.

Разработаны регламенты и технические условия на производство:

- композиционного ангидритового вяжущего;
- облицовочных плит на основе композиционного ангидритового вяжущего;
- модифицированного многофазового гипсового вяжущего.

Результаты разработок защищены патентами, среди которых патенты на различные составы гипсовых вяжущих и способы производства изделий на их основе [6–8]. По материалам исследований и разработок защищены докторская и три кандидатские диссертации.

Гипсовые материалы и изделия до недавнего времени были рекомендованы для применения внутри зданий с эксплуатацией при влажности не более 60%. Однако в результате модификации материалы на основе гипса все более активно занимают рынок отделочных и конструкционных материалов, в последнее время частично вытесняя традиционные составы на основе цемента.

Строительные изделия на основе гипсовых вяжущих при любой их модификации не смогут по несущей способности полностью заменить изделия и конструкции на основе портландцемента. Однако они могут существенно снизить цементоемкость строительства при возведении малоэтажных зданий [5], применении гипсовых строительных стеновых материалов в самонесущих ограждающих конструкциях многоэтажных каркасных зданий, в отделке зданий и сооружений. Расширение развития промышленности гипсовых материалов позволит внести весомый вклад в обеспечение устойчивого

развития строительной отрасли и решения проблем строительства доступного жилья.

**Ключевые слова:** гипсовая промышленность, гипсовые вяжущие, гипсовые строительные материалы

### Список литературы

1. Рахимов Р.З., Магдеев У.Х., Ярмаковский М.Н. Экология, научные достижения и инновации в производстве строительных материалов на основе и с применением техногенного сырья // Строит. материалы. 2009. № 12. С. 8–11.
2. Рахимов Р.З. Время серьезного анализа // Строительный эксперт. 2009. № 10. С. 7. №11, С. 6–7.
3. Граник Ю.Г. Применение гипсовых материалов и изделий в жилищно-гражданском строительстве // Гипс, его исследование и применение. Материалы международной научно-практической конференции. М.: Изд-во Реклама и продвижение, 2005. С. 30–31.
4. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение) / Под общей ред. А.В. Ферронской. М.: Издательство АСВ, 2004. 488 с.
5. Гипс в малоэтажном строительстве / Под общей ред. А.В. Ферронской. М.: АСВ, 2008. 240 с.
6. Алтыкис М.Г., Халиуллин М.И., Рахимов Р.З., Шен-тицкий С.П. Способ изготовления строительных изделий. Патент 2039021 РФ. Оpubл. 09.07.95. Б.И. №19.
7. Алтыкис М.Г., Халиуллин М.И., Рахимов Р.З., Шен-тицкий С.П. Добавка к гипсовому вяжущему. Патент 2074137 РФ. Оpubл. 27.02.97. Б.И. № 6.
8. Алтыкис М.Г., Халиуллин М.И., Рахимов Р.З., Шен-тицкий С.П. Ангидритовый цемент. Патент 2070170 РФ. Оpubл. 10.12.96. Б.И. № 34.



**Активатор**  
измельчение активация синтез

**Российские промышленные эллиптические шаровые мельницы "Активатор" интенсивного помола.**

	Activator-C100	Activator-C500	Activator-C1000	Activator-C5000
произв-сть	100 кг/ч	500 кг/ч	1000 кг/ч	5000 кг/ч
тонина помола	1-3 мкм	4-7 мкм	20-50 мкм	50-70 мкм
потребляемая мощность	5,5 кВт/ч	11 кВт/ч	30 кВт/ч	75 кВт/ч
габариты, мм	1020×570×1230	1122×750×1500	1710×925×1815	2850×1700×2950

**Результаты активации цемента и помола материалов - на нашем сайте.**

• Все мельницы проходят испытания на Вашем материале, а дисперсный состав помолотых порошков тестируется в лаборатории.

Мельницы "Активатор" производятся только по оригинальным чертежам разработчика и защищены Патентами РФ №18501, №33037 на полезные модели. Патентообладатель: ЗАО "Активатор".

[www.activator.ru](http://www.activator.ru) >>

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



подготовка шихты для керамической плитки      помол пигментов      активация цемента      смешение компонентов пенобетона

получение сухих смесей



А.П. СВИНЦОВ, д-р техн. наук, Ю.В. НИКОЛЕНКО, канд. техн. наук,  
К.В. КВАРТЕНКО, магистр техники и технологии (ppkvk@mail.ru),  
Российский университет дружбы народов (Москва)

## Легкий строительный материал на основе быстротвердеющих вяжущих

С каждым годом возрастает потребность в относительно недорогих, но эффективных строительных материалах, особенно в стеновых. Ограждающие конструкции зданий должны обладать заданными физико-механическими, тепло- и звукозащитными свойствами. Эффективным направлением повышения технико-экономических характеристик наружных ограждений считается создание различных многослойных конструкций. Однако пока не удалось создать простые и удобные для производства и применения конструкции.

Решением проблемы может стать разработка поризованных материалов на основе быстротвердеющих вяжущих, например гипса и смесей на его основе.

Целью настоящих исследований являлось устранение вышеперечисленных недостатков или сведение их влияния до минимального. В наименьшей степени недостатки проявляются в гипсоцементно-пуццолановых вяжущих (ГЦПВ). Содержание гипса в них составляет 50–80 мас. %.

Основная проблема композиции из гипсового вяжущего и портландцемента – установление закономерностей формирования устойчивости структур при их совместной твердении.

Авторами главенствующей концепции механизма твердения и деструкции гипсоцементных систем являются известные ученые А.В. Волженский, А.В. Ферронская и др. Согласно данной концепции разрушение гипсоцементно-пуццоланового (ГЦП) материала происходит в результате образования этtringита – трехсульфатной формы гидросульфата алюмината кальция ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 32\text{H}_2\text{O}$ ), чей объем значительно превосходит сумму объемов исходных соединений.

Введение гидравлической добавки (кроме интенсификации образования гидросиликатов кальция) приводит к снижению концентрации гидроксида кальция в твердеющей системе. Уровень снижения обеспечивает перевод высокоосновных гидроалюминатов кальция в низкоосновные и создает условия метастабильного существования этtringита. Благодаря этому в ГЦП-системах вместо этtringита образуется моносulfатная форма гидросульфата алюмината кальция ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaSO}_4\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ), а также другие новообразования, не создающие напряжения в полученной структуре.

По мнению Т.И. Розенберг и В.Б. Ратинова [1], разрушение ГЦП-систем обуславливается не наличием или количеством этtringита, а исключительно временем, местом и скоростью его выкристаллизовывания из раствора.

Результаты исследований, проведенных Ф.Ф. Алкснисом [2], показали, что разрушение гипсоцементных композиций происходит в зависимости от условий эксплуатации и вызывается не только этtringитом, но и таумаситом (гидросульфоканкарбосиликат кальция состава  $3\text{CaO}\cdot\text{SO}_3\cdot\text{SiO}_2\cdot 14,5\text{H}_2\text{O}$ ). При этом установлено, что оптимальные условия образования этtringита и таумасита являются взаимно невыгодными или взаимоисключающими. Так, воздействие  $\text{CO}_2$  интенсифицирует образование таумасита, однако способствует разложению этtringита и приводит к утрате возможности его восстановления из карбонизированных продуктов.

Для образования этtringита оптимальной температурой является  $40^\circ\text{C}$ , а для таумасита  $4^\circ\text{C}$ . При температуре выше  $25^\circ\text{C}$  образование таумасита не установлено.

Исследования Ф.Ф. Алксниса показали, что в гипсоцементных материалах определяющим элементом, приводящим к разрушению цементирующего камня, служит не столько гидросульфат алюмината, сколько гидросульфоканкарбосиликат кальция. Деструкция гипсоцементного камня вызывается не наличием таумасита в его составе, а условиями его образования.

Для борьбы с разрушением гипсоцементного материала А.В. Волженский предложил вводить в смесь пуццолановые добавки.

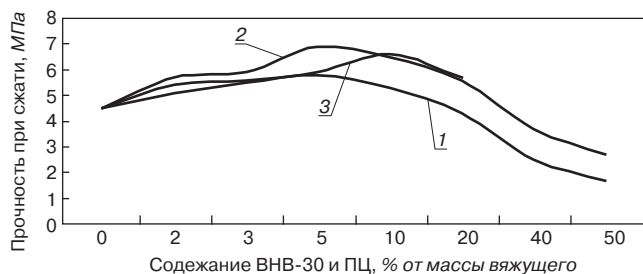
Более перспективным и менее сложным способом обеспечения долговечности гипсоцементного камня является применение релаксаторов, гасящих напряжения от образования таумасита. В качестве активных микронаполнителей-релаксаторов напряжений пригодны древесная мука, древесные опилки и другие измельченные органические продукты естественного происхождения. К релаксаторам напряжений могут быть отнесены пески вспученного перлита с объемной насыпной плотностью менее  $200\text{ кг/м}^3$  и просто воздушные поры, равномерно распределенные по всему объему гипсоцементного камня.

Однако применение органических волокнистых материалов (древесины, бумаги, шерсти животных и др.) имеет существенные недостатки: происходит их набухание под влиянием влаги и усадка при ее отдаче, что приводит к потере сцепления. Кроме того, эти волокнистые материалы неустойчивы к грибковым поражениям [3]. Тем не менее в результате исследований установлена принципиальная возможность получения долговечного материала на основе гипсоцементной композиции с использованием релаксаторов, гасящих напряжения.

Ф.Ф. Алкснис рекомендует для получения гипсоцементных смесей использовать химические добавки, обладающие свойствами ПАВ и способные диспергировать частицы твердой фазы и образовывать на их поверхности прочные сольватные оболочки, а также вовлекать воздух. В качестве добавок рекомендуется использовать ЛСТ (технические лигносульфонаты) в сочетании с добавкой СНВ (нейтрализованная воздухововлекающая смола) в количествах 1–2% и 0,02–0,1% к массе портландцемента (в расчете на сухие вещества).

Авторами выполнены исследования возможности замены цемента на вяжущее низкой водопотребности – ВНВ-30 в гипсоцементном вяжущем. У ВНВ-30 цементная часть составляет 30 мас. %, а остальное – тонкомолотый песок с удельной поверхностью, равной или большей удельной поверхности цемента.

Для сравнения эффективности замены провели испытания системы гипс – портландцемент. Количество вводимого в гипс цемента ограничивалось 10% от массы гипса. Прочность образцов при изгибе и сжатии через 2 ч затворения возросла на 52% по сравнению с контрольными (гипсовыми).



**Рис. 1.** Зависимость прочности при сжатии гипсовых образцов от количества ВНВ-30 и ПЦ через 2 ч: 1 – прочность образцов с ВНВ-30 при постоянном водовязущем отношении; 2 – прочность образцов с ВНВ-30 при постоянной подвижности смеси; 3 – прочность образцов через 2 ч с добавлением цемента

Аналогичные эксперименты провели с добавкой ВНВ-30. Результаты испытаний приведены на рис. 1.

Из рисунка видно, что у образцов с добавкой портландцемента максимум прочности на 9% ниже, чем у образцов с ВНВ-30, хотя клинкерной части в ВНВ в 3 раза меньше. Коэффициент водоразмягчения образцов, модифицированных как ПЦ, так и ВНВ-30, соответствовал 0,6, тогда как у контрольных составлял 0,35.

Рост прочности образцов с ВНВ-30 в возрасте 28 сут по сравнению с гипсовыми составил 1,9–2,7 раза при оптимальном количестве ВНВ в вяжущем, равном 3–30%. С уменьшением содержания гипса в вяжущем от 50 до 20% прочность образцов через 2 ч снижается, а в возрасте 28 сут соответственно увеличивается. Влияние количества гипсового вяжущего на характеристики гипсоцементного камня приведено на рис. 2.

Установлено, что при введении указанного количества гипса в ПЦ наблюдается резкое уменьшение кристаллической фазы в структуре камня с 50 до 35%. Основную часть кристаллической фазы составляет гидратированный цемент.

Необходимо отметить, что только изредка в структуре встречаются зерна гипса. Заполняющий материал частично теряет свою аморфную структуру и приобретает равномерное мелкозернистое строение, а ее кристаллическая фаза является рентгеноаморфной. Влияние добавок гипса на кинетику структурообразования водцементной пасты [2] представлено на рис. 3.

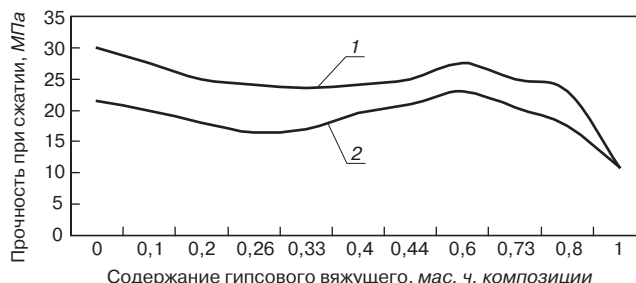
Из этого рисунка видно, что гипс явно проявляет свои свойства начиная с количества 20% от массы вяжущего. Полученный цементно-гипсовый камень обладает практически свойствами цементного. Проведенные исследования выявили возможность создания композиционного стенового материала, в котором содержание гипса может варьироваться в широких пределах в зависимости от заданных свойств.

Возможность получения ячеистых гипсобетонов известна давно. Поризация смесей на основе строительного гипса приводит к созданию материала, обладающего низкой прочностью и водостойкостью. Применение для этих целей гипсоцементных вяжущих устраняет эти недостатки. В настоящее время для поризации используют либо пенообразователи, либо газообразующие добавки.

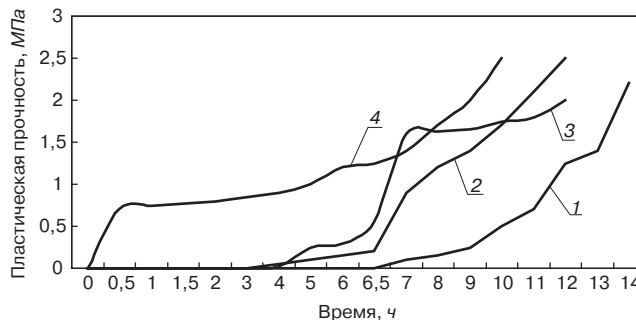
Авторами предложено другое решение – проводить поризацию смеси за счет расширения заземленного воздуха в специальной камере-форме.

Эксперименты показали, что не всякая смесь может равномерно поризоваться. На процесс порообразования влияет: гомогенность смеси, подвижность, время схватывания, время выдерживания в камере, пластическая прочность, высота подъема смеси.

Применение обычного кварцевого песка в качестве заполнителя приводит к расслоению смеси, особенно в процессе поризации. Расчетным путем установлено, что полное «зависание» частиц возможно только при усло-



**Рис. 2.** Влияние количества гипсового вяжущего на прочность гипсоцементного камня: 1 – прочность образцов из гипса с добавкой ВНВ-30; 2 – прочность образцов из гипса с добавкой ПЦ



**Рис. 3.** Влияние добавок гипсового вяжущего на кинетику структурообразования водцементной пасты: 1 – гипс без добавок; 2 – добавка гипса 5%; 3 – добавка гипса 10%; 4 – добавка гипса 25%

вию равенства плотностей теста из ГЦ вяжущего и заполнителя.

В результате проведения многочисленных экспериментов установлено, что наилучшим заполнителем является молотый песок.

Подвижность смеси определялась только опытным путем. Расплав гипсоцементной смеси по вискозиметру Сутгарда составил 25–30 см. Сроки схватывания гипса растягивались до 15–20 мин, так как быстрое твердение приводит к дефектам – продольным трещинам. Чем выше образец, тем более длительны сроки схватывания.

Достаточная пластическая прочность достигнута при минимальном содержании гипса, равном 0,2 мас. ч. к композиции.

В отличие от формования газо- и пенобетонов в предлагаемой технологии отпадает необходимость срезания верхней ослабленной части (горбушки), поскольку формование происходит в герметически закрытой форме-камере, в которой твердая фаза испытывает всестороннее обжатие.

В результате получается материал, по свойствам отвечающий стандартам на ячеистые бетоны, но значительно превосходящий их по водостойкости и морозостойкости, поскольку основой является гидравлическое вяжущее – портландцемент или ВНВ.

**Ключевые слова:** гипс, цемент, вяжущее, бетон.

**Список литературы**

1. Розенберг Т.Н., Кучеряева Г.Д., Смирнова И.А., Ратинов В.Б. Исследование механизма твердения гипсоцементно-пуццолановых вяжущих // Сб. трудов ВНИИЖелезобетона, 1964. Вып. 9. С. 160–169.
2. Алкснис Ф.Ф. Твердение и деструкция гипсоцементных композиционных материалов. Л.: Стройиздат, 1988. 103 с.
3. Брюкнер Х., Дейлер Е., Фитч Г. и др. Гипс: изготовление и применение гипсовых строительных материалов. М.: Стройиздат, 1981. 223 с.

**16-18 марта** Ярославль  
**2011** ГКБК «Старый Город»



открыт  
перспективы



седьмая международная  
специализированная  
выставка

# ЯРОСЛАВСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ

[www.yarstroyforum.ru](http://www.yarstroyforum.ru)

Оргкомитет: (4852) 73-31-81, 58-20-94 • E-mail: [ycf@yarinfo.com](mailto:ycf@yarinfo.com)

Организаторы



Информационные партнеры



XVI МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
**ВОЛГАСТРОЙЭКСПО**



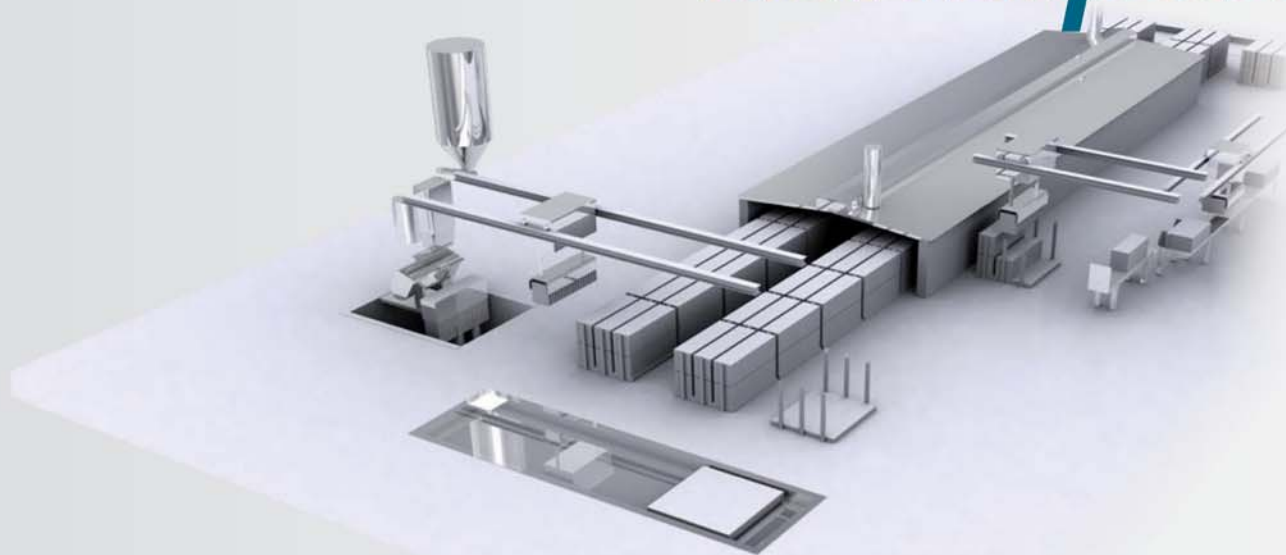
**26-29**  
**АПРЕЛЯ**  
**2011**  
**КАЗАНЬ**



Россия, 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, 8,  
Выставочный центр "Казанская ярмарка"  
тел./ факс: (843) 570-51-27, 570-51-11, e-mail: [d1@expokazan.ru](mailto:d1@expokazan.ru),  
[www.volgastroyexpo.ru](http://www.volgastroyexpo.ru), [www.expokazan.ru](http://www.expokazan.ru)



# Пазогребневые плиты под полным контролем



Подготовка смеси



Формовочная машина



- Проектирование
- Усовершенствование
- Изготовление
- Монтаж
- Обучение
- Пусконаладка

Автоматическое  
перемещение



Сушилка для ПГП



Палеттизация



Новый офис в Москве...

Наши координаты :

## МОСКВА

Москва, Даев пер., 20,  
Офис 433, бизнес-центр «Даев глаза»  
Офис 433  
тел. +7 495 604 81 86  
факс +7 495 604 81 73

## PARIS

Главной офис :

11, Boulevard Brune  
75682 PARIS Cedex 14  
FRANCE  
Tél. : +33 (0)1.53.90.22.40  
Fax : +33 (0)1.53.90.22.24

## ANGERS

Z.A Les Landes - BP 50159  
49481 S'YLVAIN D'ANJOU CEDEX  
FRANCE  
Tél. : +33 (0)2.41.21.19.40  
Fax : +33 (0)2.41.21.19.59

Новый вебсайт

[www.alphaplatre.ru](http://www.alphaplatre.ru)

email : [marianna.d@alphaplatre-france.com](mailto:marianna.d@alphaplatre-france.com)

настоящая  
**ХИМИЯ**  
будущего

**ЕвроХим-1** 



**ВСЕ ДОБАВКИ  
ДЛЯ СУХИХ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ  
ИЗ ОДНИХ РУК**

Mecellose® Melflux® Melment® Neolith® Starvis®

Plastretard® Esamid® Esapon® Agitan® Sitren®

Technocel® **FPAC®  
Ricem®  
Panacea®** Denka® Винная кислота  
Карбонат лития  
Формиат кальция **и многое  
другое**

**SAMSUNG**  
SAMSUNG FINE CHEMICAL



construction  
polymers



115432, г.Москва,  
ул.Трофимова, д.2а  
тел.: (495) 781-66-56  
факс: (495) 781-66-46  
e-mail: sss@eurohim.ru  
www.chem.eurohim.ru

Реклама

 **SIBELCO**  
RUSSIA

Производство и поставка обогащенных кварцевых песков и кварцевой муки **SilverBond®** различных фракций для производства высококачественных модифицированных сухих строительных смесей всех типов.

**Основные преимущества кварцевых наполнителей:**

- Высокая прочность
- Химическая инертность
- Высокий показатель белизны
- pH нейтральность

**Основные преимущества при работе с Sibelco:**

- Многолетний опыт в поставках наполнителей для производства ССС
- Стабильный химический и гранулометрический состав песка и кварцевой муки
- Организация оптимальной транспортной логистики автомобильным и железнодорожным транспортом
- Адаптация действующих рецептур и разработка новых рецептур с применением **SilverBond®**

140125, Московская обл., Раменский р-н, с.Еганово  
ООО «СИБЕЛКО РУС»  
Тел./факс (495)232-51-50  
E-mail: marketing-sibrus@sibelco.com

Реклама

Е.О. КУЗНЕЦОВ, менеджер отдела маркетинга и продажи наполнителей для ССС и строительства, ООО «СИБЕЛКО РУС»; А.П. ПУСТОВГАР, канд. техн. наук, С.В. НЕФЕДОВ, инженер, Московский государственный строительный университет

## Тонкомолотые наполнители Silverbond в гипсовых сухих строительных смесях

Выбирая материалы для внутренней отделки помещений, в последнее время все большее число потребителей отдает предпочтение сухим строительным смесям на основе гипсового вяжущего. Это связано с тем, что строительные материалы на основе гипса создают в помещении приятный микроклимат, обладают хорошими теплотехническими и звукоизолирующими показателями, а быстрый набор прочности гипсовых составов позволяет сократить сроки производства работ.

В 2009 г. компания Sibelco представила на российский рынок новую линейку тонкомолотых наполнителей Silverbond. Тонкомолотые наполнители Silverbond — это кварцевая мука из обогащенного кварцевого песка, полученная путем его помола в шаровой мельнице с последующей классификацией на марки различной дисперсности. Данная технология гарантирует стабильность химического состава и исключает увеличение содержания  $Fe_2O_3$  после помола. Стабильность гранулометрического состава обеспечивается воздушным классификатором.

Таблица 1

Показатель		Silverbond 20	Silverbond 15
Дисперсность, мкм	34	23	17
Белизна	92	92,5	93,5
Твердость по Моосу	7	7	7
Содержание $SiO_2$ , %	99,7	99,7	99,7

Компания Sibelco и Московский государственный строительный университет провели совместную исследовательскую работу по изучению возможности применения кварцевой муки Silverbond в сухих строительных смесях. Основные свойства различных марок кварцевой муки Silverbond приведены в табл. 1.

Для оценки влияния тонкомолотых наполнителей на свойства гипсовых шпатлевок была выбрана экспериментальная рецептура (табл. 2). При проведении исследования в рецептуре заменялся только тонкомолотый наполнитель, все остальные компоненты оставались неизменными.

Наибольшую прочность сцепления с основанием шпатлевок демонстрирует состав с Silverbond 30, наименьшую — с Silverbond 20 (рис. 1).

Прочность при сжатии и на растяжение при изгибе не имеет ярко выраженной зависимости от дисперсности

Таблица 2

Наименование компонентов	Содержание, %
Гипс Г-5	60
Известь гашеная	2
Эфир целлюлозы Vermocoll CCA 698	0,2
Редиспергируемый порошок Elotex ST2400	1
Замедлитель схватывания винная кислота	0,06
Тонкомолотый наполнитель	36,74

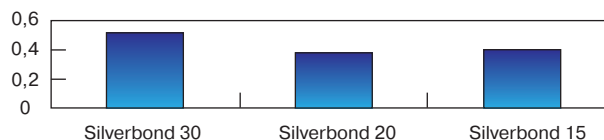


Рис. 1. Прочность сцепления с бетонным основанием гипсовых шпатлевок, МПа

ти, все составы обладают сопоставимыми прочностными характеристиками (рис. 2).

Вне зависимости от марки тонкомолотого наполнителя максимальная толщина наносимого слоя составля-

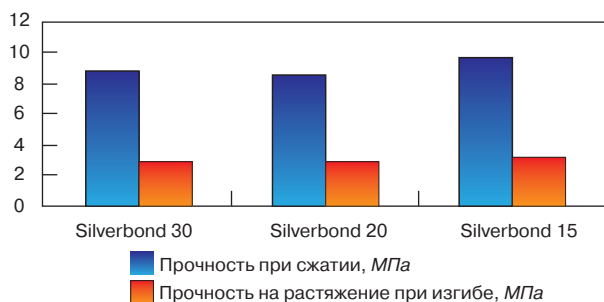


Рис. 2. Прочностные показатели гипсовых шпатлевок, МПа

ет 15 мм, что свидетельствует об отсутствии усадочных деформаций в составах гипсовых шпатлевок с использованием тонкомолотых наполнителей Silverbond.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что Silverbond 15 и 20 являются наиболее предпочтительными тонкомолотыми наполнителями для составов гипсовых шпатлевок. При использовании данных продуктов составы обладают хорошей реологией и высокими прочностными характеристиками.

Для оценки влияния тонкомолотых наполнителей в составе гипсового монтажного клея была выбрана экспериментальная рецептура (табл. 3). При проведении исследования в рецептуре заменялся только тонкомолотый наполнитель, все остальные компоненты оставались неизменными.

Наибольшая величина адгезии для гипсового монтажного клея наблюдалась при использовании в составах тонкомолотых наполнителей марок Silverbond 20, 15 (рис. 3).

Прочность при сжатии зависит от величины дисперсности наполнителя. Можно наблюдать прямую

Таблица 3

Наименование компонентов	Содержание, %
Гипс Г-5	50
Известь гашеная	2
Эфир целлюлозы Vermocoll CCA 698	0,15
Редиспергируемый порошок Elotex ST2400	1
Замедлитель схватывания винная кислота	0,05
Тонкомолотый наполнитель	46,8

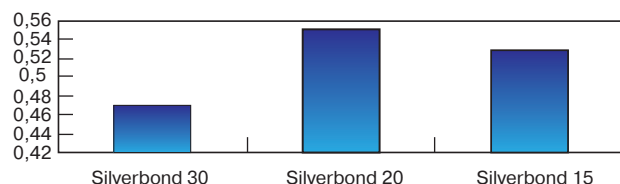


Рис. 3. Прочность сцепления с бетонным основанием гипсового монтажного клея, МПа.

зависимость снижения прочности от увеличения дисперсности наполнителя (рис. 4). Усадка отсутствует для всех составов.

Исходя из результатов исследования, наиболее предпочтительным тонкомолотым наполнителем для гипсового монтажного клея является Silverbond 20.

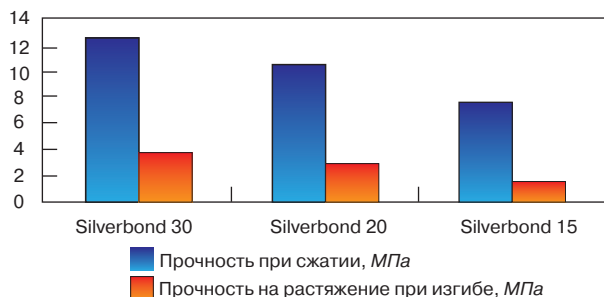


Рис. 4. Прочностные показатели гипсового монтажного клея, МПа.

Для оценки влияния тонкомолотых наполнителей на самоуплотняющиеся составы для полов на основе гипсового вяжущего была выбрана экспериментальная рецептура (табл. 4). При проведении исследования в рецептуре заменялся только тонкомолотый наполнитель, все остальные компоненты оставались неизменными.

Подвижность напольных гипсовых самоуплотняющихся составов (140 мм) достигается при использовании всех выбранных для исследования наполнителей.

Таблица 4

Наименование компонентов	Содержание, %
Гипс Г-5	50
Белый портландцемент	5
Кварцевый песок марки ПБ-150-1 (РГОК - SIBELCO)	19,47
Эфир целлюлозы Vermocol E230X	0,1
Редиспергируемый порошок Elotex Flowkit 74	0,7
Пеногаситель	0,1
Замедлитель схватывания	0,1
Тонкомолотый наполнитель	24,53

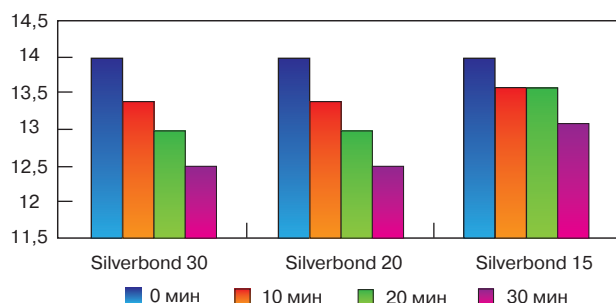


Рис. 5. Сохраняемость подвижности гипсовых полов с различными тонкомолотыми наполнителями

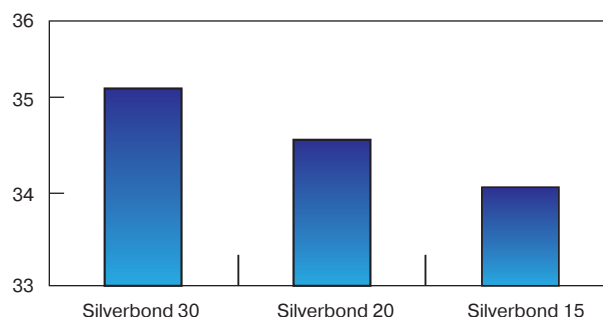


Рис. 6. Водопотребление гипсовых полов с различными тонкомолотыми наполнителями

Наилучшие показатели сохраняемости подвижности были достигнуты при использовании в качестве наполнителя Silverbond 15 (рис. 5).

В самоуплотняющихся составах для устройства полов на основе гипсового вяжущего значительное влияние оказывает дисперсность тонкомолотого наполнителя

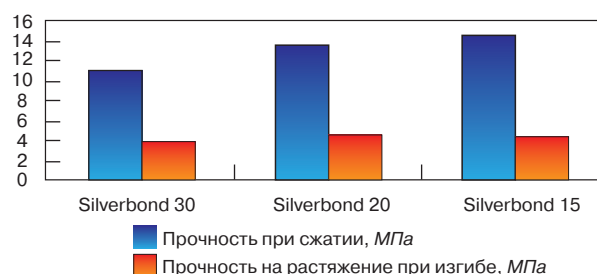


Рис. 7. Прочностные показатели гипсовых полов с различными тонкомолотыми наполнителями

ля на водопотребление. Можно наблюдать прямую зависимость снижения водопотребления от увеличения дисперсности наполнителя (рис. 6).

Снижение водопотребления приводит к повышению прочности в составах с наиболее мелкодисперсными тонкомолотыми наполнителями (рис. 7). Прочность сцепления с основанием для составов гипсовых полов с различными видами тонкомолотых наполнителей превышает 1 МПа.

Прочность при сжатии для составов с использованием в качестве тонкомолотых наполнителей Silverbond 20 и Silverbond 15 достигает 15 МПа. Применение Silverbond 30 в составах гипсовых полов допустимо, но приводит к потере прочностных показателей. Показатели прочности при сжатии для этих составов достигают значения 12 МПа.

#### Основные выводы и рекомендации

Данное исследование проводилось на рецептурах сухих строительных смесей средней ценовой категории. Рекомендации, приведенные в данной статье, являются базовыми для данной ценовой категории. При создании более дорогих продуктов или смесей специального применения следует рассматривать возможность использования различных марок Silverbond. В некоторых случаях наилучшего результата можно добиться при сочетании нескольких марок. Если производитель из-за особенностей производственной линии не имеет возможности иметь широкую номенклатуру тонкомолотых наполнителей, то, выбрав Silverbond 20, он получит универсальный инструмент, который позволит достигать хороших физико-механических и реологических показателей во всех выпускаемых видах сухих строительных смесей, а также сократить логистические затраты.

**Ключевые слова:** кварцевая мука, Silverbond, гипсовые сухие смеси.

Ю.В. ЦЫГАНКОВА, технический менеджер ООО «ВАКЕР ХЕМИ РУС» (Москва)

## Гипсовые самонивелирующиеся смеси

В настоящее время темпы развития гипсового производства растут год от года. Огромным спросом в строительстве пользуются не только гипсовое вяжущее, но и изделия на его основе.

Наиболее известными направлениями являются производство гипсобетонных блоков для строительства жилых, промышленных и сельскохозяйственных зданий, производство пазогребневых плит и гипсокартона, которые применяются в основном для возведения межкомнатных перегородок и создают идеально ровные поверхности, не требующие дополнительного оштукатуривания.

Одной из важных областей применения гипсового вяжущего является производство сухих строительных смесей. Популярность производства гипсовых смесей основана не только на широкой распространенности и дешевизне гипсового вяжущего. Смеси на основе гипса обладают рядом преимуществ:

- достаточно высокой прочностью и формостабильностью в сухих условиях;
- коротким временем набора прочности;
- относительно низкой теплопроводностью;
- низкой звукопроницаемостью.

Основным недостатком гипсосодержащих материалов следует считать чувствительность к воде, обусловленную относительно высокой растворимостью гипса. Небольшое повышение влажности гипсовых материалов ведет к существенной потере прочности. Поэтому гипсовые продукты не применяются для наружных работ.

В настоящее время в ассортименте гипсовых сухих смесей в основном представлены шпатлевочные и штукатурные составы. Также производители предлагают клеевые составы для монтажа пазогребневых плит и гипсокартона. Производство самонивелирующихся смесей не столь широко распространено, так как эта довольно сложная область требует квалифицированного подхода. Однако благодаря применению современных добавок стало возможным устранить недостатки сырья и решить многие технологические проблемы.

Рассмотрим характерные функции, которые выполняют самонивелирующиеся смеси.

Самонивелирующиеся смеси способны выровнять все неровности и шероховатости стяжек, создавая абсолютно ровную и гладкую поверхность, которая может служить финишным слоем.

Затвердевшие смеси обладают высокими прочностными характеристиками и абразивной стойкостью, за счет которых они способны воспринимать и выдерживать механические нагрузки. Как известно, полы промышленных, общественных и жилых помещений подвергаются значительным статическим и динамическим нагрузкам, поэтому монолитность поверхности важна, так как позволяет воспринимать нагрузку и равномерно распределять ее.

Также самонивелирующиеся смеси выполняют функции защитного покрытия от внешних воздействий и

обеспечивают соответствие экологическим требованиям. Полы на гипсовой основе с этой точки зрения наиболее эффективны, особенно в помещениях с повышенными санитарно-гигиеническими требованиями, поскольку гипс сам по себе обладает высокими экологическими свойствами, нетоксичен, не создает условий для появления грибка.

Кроме того, очень важна совместная работа подложки и верхнего покрытия, что необходимо для обеспечения правильного восприятия физико-механических нагрузок и предотвращения повреждения того или иного слоя.

Для обеспечения функциональности состав должен удовлетворять определенным требованиям. Рассмотрим требования, предъявляемые к свежим растворам.

**Растекание** – один из важнейших параметров самонивелирующейся смеси. Именно благодаря свойствам растекания и самовыравнивания смесь очень удобно использовать при нанесении.

**Отсутствие седиментации**, т. е. исключение расслоения смеси и оседания твердых частиц, предотвращает последующее появление подтеков.

**Открытое время** – это период, во время которого можно корректировать укладываемый слой пола, но при этом слишком длительное открытое время может затянуть процесс твердения материала, что увеличивает сроки строительных работ. Поэтому оптимальное сочетание открытого времени и **быстрого набора прочности** является важным параметром свежеприготовленного раствора.

Удобство работы включает в себя вышеперечисленные требования к открытому времени, растеканию и др. Однако в данном случае имеется в виду, что в зависимости от способа нанесения требования к раствору могут отличаться.

Существует ряд требований, предъявляемых к затвердевшим растворам.

**Ровность и гладкость поверхности** без пор и трещин, прочность, устойчивость к царапинам и абразивному износу.

**Гомогенность** поверхности обеспечивает одинаковые свойства материала в любой его точке. Видимыми нарушениями этого требования могут служить: образование корки как следствие седиментации и некорректных условий хранения; наличие комков в случае непромеса и др.

**Высокая адгезия**, достаточная для сцепления со всеми видами оснований и обеспечивающая надежность пола.

**Некритичные усадочные характеристики.** В случае гипсовых полов изменение линейных размеров может происходить в сторону увеличения. Но и здесь существуют ограничения, так как избыточное расширение может привести к повреждению покрытия и возникновению трещин.

Важным требованием к напольным покрытиям является **отсутствие эмиссий** вредных веществ, входящих в состав ССС. В странах Западной Европы это требова-



Рецептура	Тип порошка Vinnapas®	Количество, %	П/Г	Прочность при растяжении, Н/мм <sup>2</sup>
300 г строительного гипса + 700 г кварцевого песка + релаксированный порошок + 225 г воды	без полимера	–	–	2±0,2
	Vinnapas 5028N	4	0,13	3,3±0,3
	Vinnapas 5011L	1	0,03	2,9±0,2
	Vinnapas 5011L	2	0,07	3,2±0,4
	Vinnapas 5011L	3	0,1	3,2±0,2
	Vinnapas 5011L	4	0,13	3,6±0,4
	Vinnapas 5011L	5	0,17	3,8±0,2

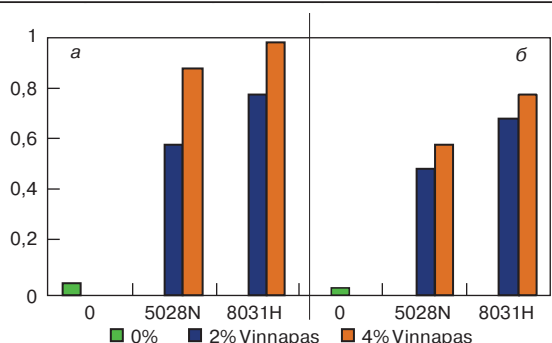


Рис. 1. Влияние полимера на прочность при отрыве от цементно-волокнистой плиты образцов после выдерживания: а – 14 сут в нормальных климатических условиях; б – 14 сут в нормальных климатических условиях + 6 ч в воде + 7 сут в нормальных климатических условиях

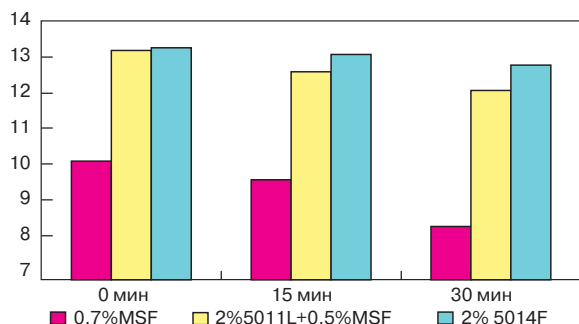


Рис. 2. Влияние полимера на растекание

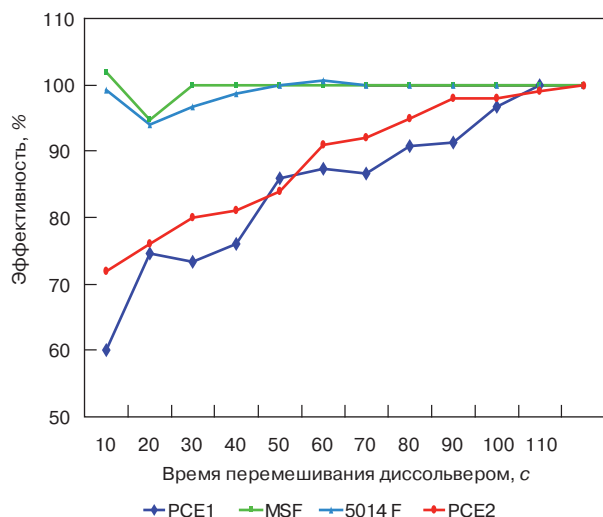


Рис. 3. Влияние времени перемешивания на пластифицирующие свойства

ние регулируется нормативами, прописанными организацией EMICODE.

Соблюдение всех требований является непростой задачей. Решить ее можно при помощи очень тщательного подбора минеральных сырьевых компонентов и дополнительных химических добавок.

В технических центрах концерна Wacker занимаются разработкой и оптимизацией самонивелирующихся составов с применением полимерного порошка Vinnapas®. Полимеры Vinnapas® оказывают значительное влияние на свойства материалов.

Добавка релаксированных порошков существенно улучшает такие показатели, как удобоукладываемость, адгезию ко всем типам основания, прочность при изгибе, износостойкость, а также придает гидрофобные свойства материалам. Кроме того, полимер может оказывать влияние на пеногашение и растекание.

Для подтверждения предположений и рекомендаций в технических центрах Wacker проведен ряд тестов с целью изучения модифицирования полимером гипсо-содержащих смесей.

Гипсопесчаные растворы, модифицированные релаксированными полимерными порошками, отличаются от немодифицированных существенным увеличением адгезии к различным типам подложки. На рис. 1 видно, что даже после выдерживания в воде затвердевшего образца, модифицированного релаксированным порошком Vinnapas®, сохраняется еще достаточно высокая адгезия. После повторного высушивания модифицированные растворы также характеризуются более высокими показателями адгезии.

Приведенные в таблице результаты испытаний показывают, что при добавлении полимерных порошков повышается прочность при растяжении. Добавка 2% релаксированного порошка в гипсопесчаный раствор дает увеличение прочности при изгибе более чем на 50%.

Кроме того, полимерные добавки, обладающие функциональными свойствами, например Vinnapas 5011L и Vinnapas 5014F, могут существенно влиять на параметры реологии. Для этого необходимо рассмотреть поведение пластификаторов и полимерного связующего в наливных полах (рис. 2).

Эксперимент проводился по внутренней методике концерна Wacker на кольцах диаметром 30 мм, высотой 50 мм. Через промежутки времени 0, 15 и 30 мин определялся диаметр растекания смесей. Из данного опыта видно, что при использовании в смеси 0,7% меланин-сульфонатного (MSF) пластификатора растекание в любое контрольное время существенно ниже по сравнению со смесями, где применялось полимерное связующее. В остальных случаях добавка 2% полимера улучшает характеристики растекания.

Смесь с Vinnapas 5011L в количестве 2% и 0,5% MSF дает растекание порядка 13,4 см. Сходное значение показывает смесь, в которой использовался только полимерный порошок в количестве 2%, который обладает дополнительными пластифицирующими свойствами и не требует использования пластификатора.

Однако характер изменения растекания во времени смеси с Vinnapas 5014F через 15 и 30 мин лучше, чем у смеси с Vinnapas 5011L+MSF.

Очевидно, что на растекание оказывает влияние вязкость раствора. Как известно, основными параметрами для определения вязкости служат динамическая и кинематическая вязкости. Динамическая вязкость представляет собой соотношение силы, необходимой для смешения слоя жидкости при движении ее с единичной скоростью, на единицу расстояния. Кинематическая вязкость равна отношению динамической вязкости к плотности раствора.

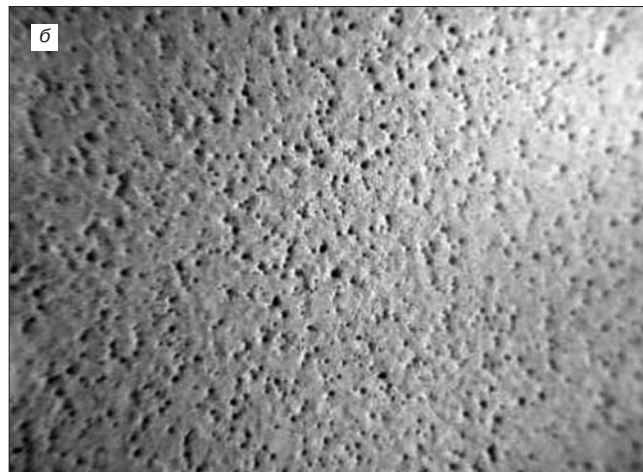
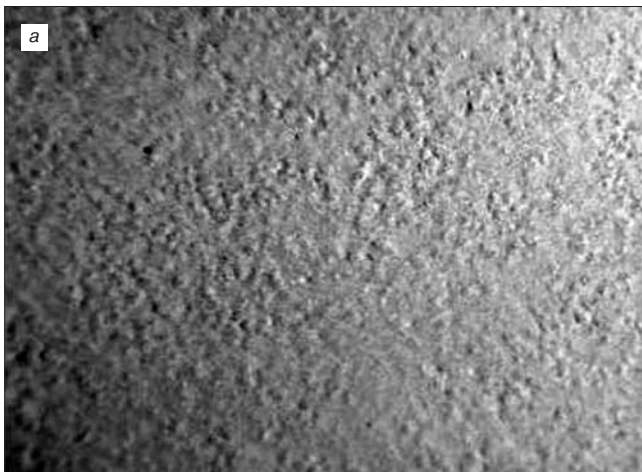


Рис. 4. Образцы самонивелирующихся составов: а – с применением Vinnapas 4410L; б – с применением пеногасителя

Определение кинематической вязкости возможно при помощи Чашки Форда (согласно ISO 2431). Следуя этой методике, проведен еще один эксперимент, который показывает, что даже при равном диаметре растекания кинематическая вязкость может существенно отличаться. В данном эксперименте кинематическая вязкость смеси, содержащей 1,7% Vinnapas 5011L + 0,3% казеина, по сравнению со смесью, содержащей 2% Vinnapas 5014F, почти в 2 раза выше. На практике это может быть полезно при разработке рецептур самонивелирующихся составов различных способов нанесения. Низкая кинематическая вязкость состава с порошком Vinnapas 5014F обусловлена значительным эффектом растекания по сравнению с поликарбоксилатными пластификаторами (рис. 3). Это способствует снижению образования подтеков, что особенно важно при машинном способе нанесения.

Дисперсионный порошок повышает устойчивость к абразивному износу покрытий. Для испытания устойчивости к абразивному износу используют метод катящегося колеса, который имитирует динамическую нагрузку от погрузчиков и создает порядка 10 тыс. циклов поворотно-вращательных движений. При использовании достаточного количества полимера возможно создать системы, которые выдерживают такие жесткие условия эксплуатации.

На прочность наливных полов также оказывает существенное влияние количество воздушных пор. Чем меньше воздушных пространств в матрице, тем выше

механическая прочность. Соответственно в составе необходимо использовать добавки, удаляющие воздух из смеси. И в этом случае наиболее целесообразно использовать полимерный порошок, обладающий свойством пеногашения. Если при перемешивании активно вовлекается воздух или на поверхности образуются видимые поры и кратеры, то применение данного типа порошка устранил эту проблему (рис. 4).

Эффективность действия подтверждается испытанием, при котором прочность при сжатии образцов наливных полов с добавкой Vinnapas 4410L в возрасте 7 сут превышает на 2 МПа прочность образцов с использованием стандартной дозировки пеногасителя. Соответственно содержание воздуха первой смеси существенно ниже.

Таким образом, из экспериментов видно, что применение дисперсионных полимерных порошков благоприятно влияет на свойства гипсовых материалов: повышается водостойкость, механическая прочность, особенно после воздействия влаги, возрастает адгезия к различным типам оснований, повышается прочность на растяжение при изгибе, повышается износостойкость, улучшается растекание и пеногашение.

В свою очередь, все эти свойства необходимы для получения высококачественных гипсовых самонивелирующих смесей.

**Ключевые слова:** смеси для пола, дисперсионные порошки, Vinnapas®.

# WACKER

## Мировой лидер в области дисперсионных порошков для сухих строительных смесей

ООО «ВАКЕР ХЕМИ РУС»  
117105, Москва, Варшавское шоссе, д. 35  
Тел.: (495) 775-68-10 Факс: (499) 775-68-20  
[www.wacker.com](http://www.wacker.com)

Реклама

УДК 691.553

Б.И. ТИХОМИРОВ, генеральный директор,  
А.Н. КОРШУНОВ, заместитель генерального директора по науке,  
О.А. ФРОЛОВА, С.М. ФУФАЕВА, инженеры, ЗАО «Казанский Гипронеавиапром»

## Применение дефеката в сухих строительных смесях на гипсовых вяжущих

В зависимости от сроков схватывания по ГОСТ 125–79 «Вяжущие гипсовые. Технические условия» различают быстротвердеющие, нормальнотвердеющие и медленнотвердеющие гипсовые вяжущие вещества.

Большинство производимого в РФ гипса строительного относится к быстротвердеющему с началом схватывания от 2 мин. Согласно EN 13279-1 «Вяжущие гипсовые и смеси сухие гипсовые. Часть 1. Определения и требования» гипсовое вяжущее, применяемое в построчных условиях, характеризуется началом схватывания более 20 мин.

Для замедления сроков схватывания гипсовых вяжущих применяют различные добавки – винную кислоту, клеизвестковый замедлитель, сульфитно-дрожжевую бражку, отходы кожевенной промышленности, электролиты, поверхностно-активные вещества и др. [1]

Целью данной работы было создание гипсового вяжущего с регулируемыми сроками схватывания на основе быстротвердеющего гипса строительного и добавки, в качестве которой использовался дефекат – отход

сахарной промышленности, а также упрощение рецептур сухих гипсовых смесей, технологии их производства и удешевления составов.

Дефекат является крупнотоннажным отходом сахарных заводов, его основная минеральная составляющая – кальцит. В Республике Татарстан ежегодно образуется 60–80 тыс. т дефеката. Большие объемы, постоянный химический состав, стабильная гранулометрия, невысокая влажность дают возможность рассматривать его как продукт, расширяющий сырьевую базу для производства местных строительных материалов. Одновременно решается вопрос с его утилизацией.

Научно-исследовательской и технологической лабораторией ЗАО «Казанский Гипронеавиапром» была проведена работа по изучению влияния дефеката на свойства гипсовых вяжущих материалов. Выявлено, что сроки схватывания, прочность образцов из гипса с добавкой исходного дефеката соответствуют европейским и российским стандартам. Получен патент РФ на изо-

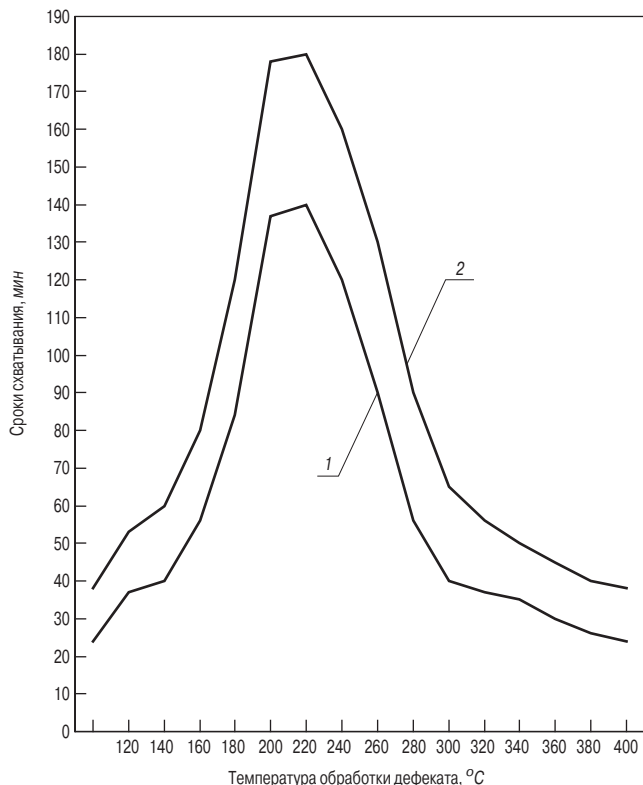


Рис. 1. Зависимость сроков схватывания гипсового вяжущего (90% гипса, 10% дефеката) от температуры обработки дефеката: 1 – начало схватывания; 2 – конец схватывания

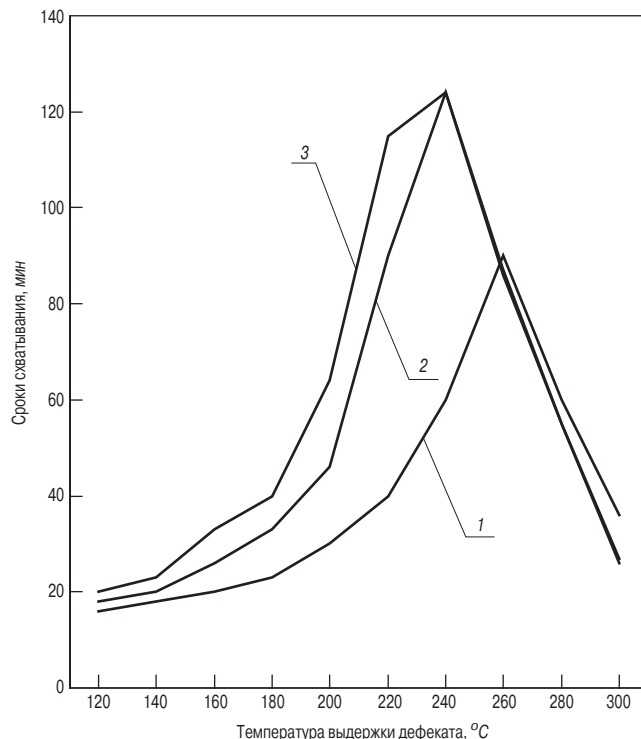


Рис. 2. Начало схватывания гипсового вяжущего в зависимости от времени температурной выдержки дефеката при определенной температуре: 1 – начало схватывания (отсутствие температурной выдержки); 2 – начало схватывания (температурная выдержка 2 ч); 3 – начало схватывания (температурная выдержка 4 ч)

Показатели	Гипс Г-6 Волгоградского завода + дефекат с влажностью 25%, мас. %									
	100:0	95,5:0,5	98:2	95:5	90:10	80:20	70:30	60:40	50:50	40:60
Водотвердое отношение	0,52	0,52	0,52	0,51	0,51	0,48	0,47	0,46	0,46	0,58
Начало схватывания, мин	13,5	14	14	18	24,5	31,5	44	61,5	126,5	300
Конец схватывания, мин	17,5	18	18	24,5	36	57	75	110,5	208	–
Прочность при сжатии через 2 ч, МПа	5,98	5,88	4,95	4,9	3,79	3,09	1,99	0,51	–	–
Прочность при сжатии через 7 сут, МПа	15,17	14,89	14,72	13,88	12,11	10,3	6,25	4,37	2,9	2,16
Прочность при изгибе через 2 ч, МПа	3,34	3,33	3,32	3,17	2,59	1,95	1,4	0,53	–	–
Прочность при изгибе через 7 сут, МПа	5,12	5,05	4,91	4,55	4,48	4,25	2,94	1,83	1,09	0,57

бретение № 2358930 «Минеральное вяжущее» [2], патент Германии № 202009017310.0. [3]

В таблице представлены результаты испытаний гипса марки Г6 Волгоградского завода с добавкой 0,5–60% дефеката Буинского сахарного завода с исходной влажностью 25%. Срок начала схватывания вяжущего повышается с увеличением содержания дефеката от 13,5 до 300 мин. С увеличением количества дефеката в составе вяжущего прочность его уменьшается, но при соотношении вяжущего и добавки 50:50 в возрасте 7 сут она отвечает требованиям Европейского стандарта EN 13279-1 для гипсовой штукатурки (2 МПа). При этом сроки схватывания (120 мин) являются общепринятыми для штукатурок. Аналогичные результаты получены на гипсе Г6 Аракчинского завода, при этом увеличивается начало схватывания с 3 до 281 мин.

Таким образом, увеличивая количество исходного влажного дефеката, можно увеличить сроки схватывания гипсового вяжущего до 9 раз при нормативной характеристике его прочности.

Так как исходная влажность дефеката составляет 25–30%, для использования его в сухих строительных смесях требуется сушка. Авторами разработана технология модификации дефеката – найден эффективный интервал температур и продолжительность сушки, при которых сроки схватывания гипсового вяжущего с добавкой модифицированного дефеката увеличиваются в 4–8 раз в сравнении с применением в качестве добавки исходного немодифицированного дефеката. Получен патент РФ на изобретение № 2397961 «Способ получения гипсового вяжущего» [4].

Сушку дефеката необходимо производить в тепловых агрегатах, обеспечивающих минимальное пыление, например в конвейерных туннельных сушилках в паре с печью. Сушка дефеката производится в сушилке, а в печи он выдерживается по заданной температуре и времени. Нагревание дефеката до 400°C в режиме нагрев-остывание перед перемешиванием с гипсовым вяжущим при 10% содержании дефеката в смеси позволяет увеличить начало схватывания от 24 мин в исходной смеси до 140 мин в модифицированной, конец схватывания от 38 до 180 мин и более.

На рис. 1 представлена зависимость сроков схватывания гипсового вяжущего от температуры обработки дефеката. Температурная обработка дефеката повышает его способность к замедлению сроков схватывания гипсового вяжущего.

Кроме того, возможно регулировать сроки схватывания гипсового вяжущего при сохранении его количественного состава путем изменения температуры обработки дефеката или увеличения доли более дешевого дефе-

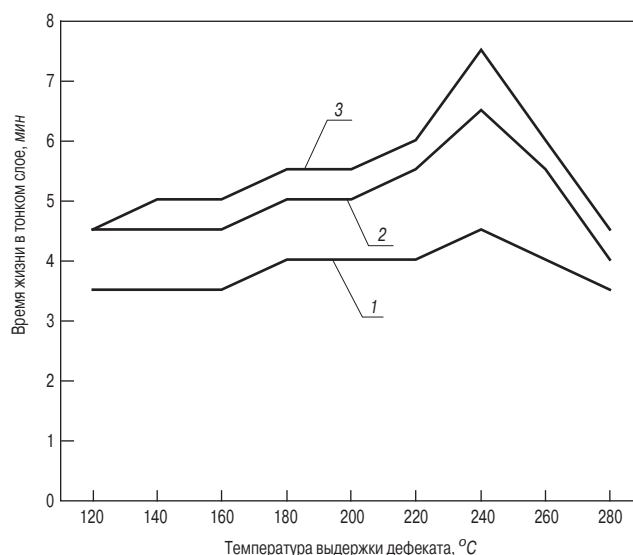
ката в гипсовое вяжущее при сохранении необходимых сроков схватывания.

Исследования показали прямую зависимость сроков схватывания гипсовой смеси от продолжительности выдержки дефеката в пределах от 0 до 4 ч при определенной температуре.

На рис. 2 показано изменение величины начала схватывания гипсового вяжущего (90% гипса, 10% дефеката) в зависимости от времени температурной выдержки дефеката. При испытаниях использовался гипс марки Г6 Аракчинского завода и дефекат Буинского сахарного завода, который высушивался в лабораторном сушильном шкафу. На рис. 2 видно, что выдержка дефеката наиболее сильно оказывает влияние на увеличение сроков схватывания гипсовых вяжущих при температуре 190–250°C.

При отсутствии температурной выдержки максимальное время начала схватывания гипсовой смеси получено с добавкой дефеката, нагретого до 260°C; при выдержке 2 и 4 ч – с дефекатом, прошедшим термообработку при 240°C.

Эфиры целлюлозы являются основной добавкой для сухих строительных смесей. Исследования влияния температуры сушки и времени температурной выдержки дефеката на водоудерживающую способность



**Рис. 3.** Водоудерживающая способность тонких слоев гипсовых смесей в зависимости от времени выдержки дефеката при температуре 120–280°C: 1 – при отсутствии температурной выдержки; 2 – при температурной выдержке 2 ч; 3 – при температурной выдержке 4 ч

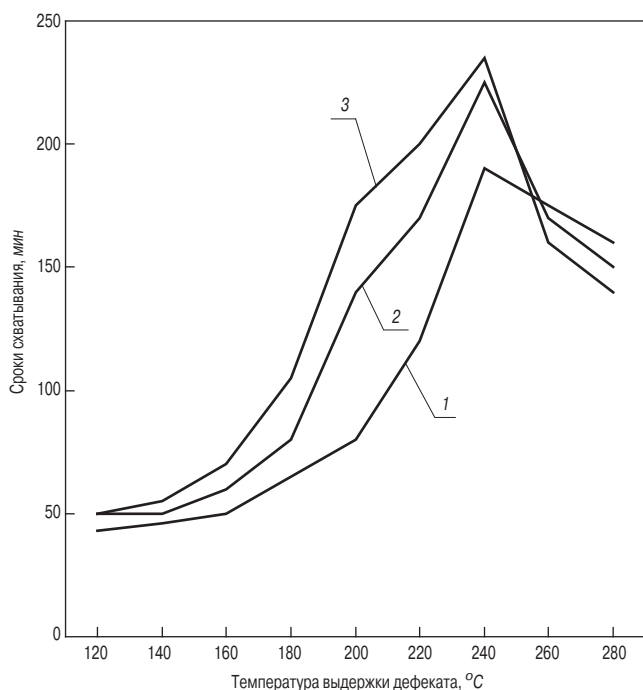


Рис. 4. Сроки схватывания гипсовых смесей в зависимости от температуры выдержки дефеката: 1 – начало схватывания (отсутствие температурной выдержки); 2 – начало схватывания (температурная выдержка 2 ч); 3 – начало схватывания (температурная выдержка 4 ч)

гипсовых смесей с эфирами целлюлозы показали, что выдержка дефеката при фиксированной температуре, а также в режиме нагрев–остывание увеличивает водоудерживающую способность последних.

На водоудерживающую способность гипсовой композиции в целом (Г:Д:Э=89,5:10:0,5) влияет изменение времени выдержки дефеката при различной температуре.

Водоудерживающая способность смесей определяется по ГОСТ 5802–86, но результаты данной методики не всегда позволяют увидеть положительный или отрицательный эффект от изменения отдельных параметров. Поэтому для определения водоудерживающей способ-

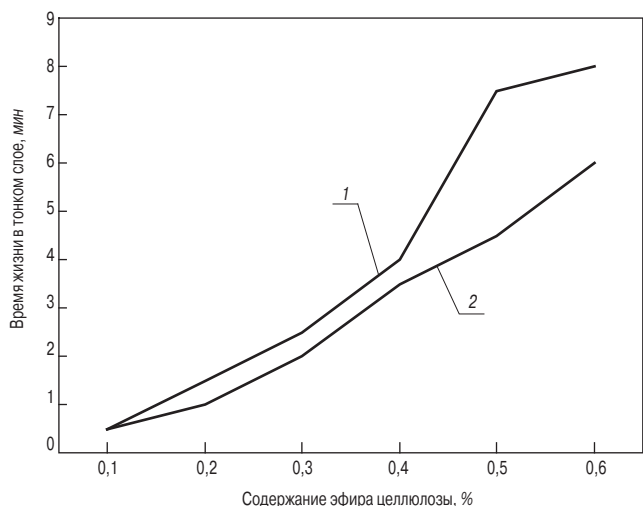


Рис. 5. Время жизни в тонком слое гипсовой смеси с дефекатом, выдержанным при 240°C в течение 4 ч, и гипсовой смеси с винной кислотой при разных количествах эфира целлюлозы С8384: 1 – смесь с 10% дефеката, выдержанного 4 ч при 240°C; 2 – смесь с винной кислотой (0,03%)

ности смесей наряду с гостовским применялся органолептический способ, когда смесь испытуемого вяжущего вещества наносится на подложку из высушенной стандартной гипсовой балочки (40×40×160 мм) толщиной 1–2 мм (тонкий слой) и толщиной 5–6 мм (толстый слой) и определяется на осязание (пальцем) время, в течение которого эта смесь будет оставаться подвижной (липкой) до ее затвердевания (время жизни смеси), т. е. до состояния, когда технологические операции по приклеиванию, затирке, оштукатуриванию данной смесью уже невозможны.

Для сравнения на эту же балочку наносился аналогичный слой сухой смеси высокого качества, например Fugenfüller, а также гипсовые смеси с винной кислотой и эфиром целлюлозы.

На рис. 3 представлено время жизни гипсовых смесей в тонких слоях (Г:Д:Э=89,5:10:0,5) в зависимости от температуры сушки дефеката и времени его выдержки при конкретных температурах. Для испытаний применялся гипс марки Г6 Аракчинского завода, дефекат Буинского сахарного завода и эфир целлюлозы Culminal 8384 (С8384).

На рис. 3 видно, что при нагревании дефеката до 240°C и отсутствии температурной выдержки максимальное время жизни гипсовой смеси в тонком слое 4,5 мин. При дальнейшем увеличении температуры время жизни уменьшается.

При нагревании дефеката до 240°C время жизни гипсовой смеси в тонких слоях получается 6,5 мин при выдержке 2 ч и 7,5 мин при выдержке 4 ч.

При температуре обработки дефеката 210–260°C и выдержке 2 ч гипсовая смесь характеризуется более продолжительным временем жизни, чем смесь с винной кислотой. При выдержке дефеката 4 ч при температуре от 170–270°C гипсовая смесь характеризуется более продолжительным временем жизни, чем смесь с винной кислотой. Водоудерживающих показателей смеси Fugenfüller смесь с дефекатом достигает при выдержке его 4 ч при 240°C.

На рис. 4 показана зависимость начала схватывания гипсовых смесей с дефекатом и эфиром целлюлозы от температуры нагрева и времени выдержки дефеката при определенной температуре.

Из рис. 4 видно, что сроки схватывания при отсутствии периода температурной выдержки, а также при

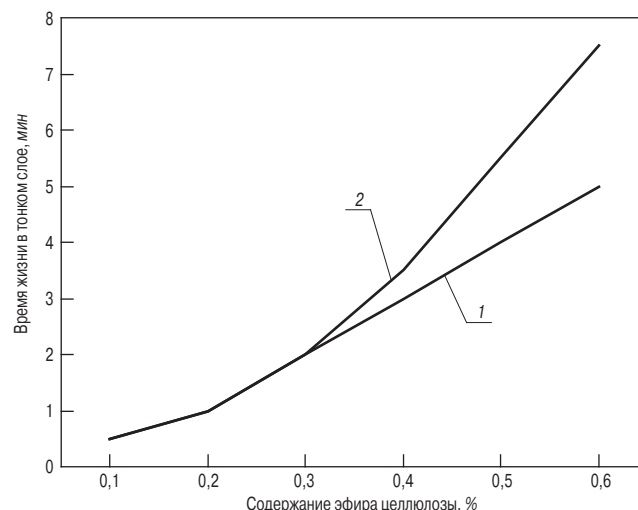


Рис. 6. Время жизни в тонком слое гипсовой смеси с дефекатом, выдержанным при 240°C в течение 4 ч, и гипсовой смеси с винной кислотой при разных количествах эфира целлюлозы Rutocel 75RT70000: 1 – смесь с винной кислотой (0,03%); 2 – смесь с 10% дефеката, выдержанного 4 ч при 240°C

выдержке 2 и 4 ч растут до 240°C, а при дальнейшем увеличении температуры уменьшаются.

При выдержке дефеката 4 ч при 240°C гипсовое вяжущее с добавкой дефеката имеет максимальное время жизни, т. е. при данных режимах термообработки наблюдается максимальная водоудерживающая способность, кроме того, такие смеси имеют и максимальные сроки схватывания.

Результаты сравнительных испытаний гипсовых смесей по водоудерживающей способности на дефекате и винной кислоте показаны на рис. 5.

В смесях с дефекатом и винной кислотой при увеличении количества эфира целлюлозы С8384 время жизни в слоях увеличивается. При содержании эфира целлюлозы 0,2% гипсовая смесь с 10% дефеката имеет водоудерживающую способность на 50% больше по сравнению со смесью с винной кислотой; при содержании эфира целлюлозы 0,5% соответственно больше на 67%.

На рис. 6 представлен график зависимости времени жизни в тонком слое от содержания эфира целлюлозы Rutocel 75RT70000 в смесях с дефекатом, выдержанным при 240°C в течение 4 ч, и винной кислотой. Во всех вариантах при увеличении количества Rutocel 75RT70000 водоудерживающая способность гипсовых смесей увеличивается, причем при содержании эфира целлюлозы 0,4–0,6% время жизни смеси с дефекатом на 17–50% больше, чем смеси с винной кислотой.

На основании приведенных данных можно сделать вывод, что дефекат является эффективным замедлителем схватывания гипсовых смесей, а также добавкой, которая увеличивает водоудерживающую способность эфиров целлюлозы. При этом размер частиц менее 50 мкм позволяет отнести дефекат также к известняковым наполнителям. Одна добавка выполняет три функ-

ции, что упрощает производство гипсовых смесей. С использованием дефеката возможно как производство простых гипсовых вяжущих для применения в построечных условиях со сроками начала схватывания в 20–30 мин, так и более сложных составов, например штукатурных.

Применение дефеката совместно с эфирами целлюлозы показало увеличение водоудерживающей способности не только в гипсовых смесях, но и в портландцементных, что гарантирует определенные объемы реализации при производстве премиксов на их основе.

Институт «Казанский Гипронииавиапром» ищет партнеров или производителя для организации сушки дефеката, производства добавок и сухих смесей на его основе. Институт готов разработать проект производства и передать для его организации технологическую и разрешительную документацию.

**Ключевые слова:** гипсовое вяжущее, дефекат, сухие строительные смеси.

### Список литературы

1. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение) / Под общ. ред. А.В. Ферронской. М.: АСВ, 2004. 488 с.
2. Патент РФ № 2358930, МПК С04В 11/00 Минеральное вяжущее / Коршунов А.Н., Фуфаева С.М. // Оpubл. 20.06.2009 Б.И. № 17.
3. Патент Германии № 202009017310.0, МПК С04В 40/00 Минеральное вяжущее / Тихомиров Б.И., Коршунов А.Н., Фуфаева С.М. // Оpubл. 12.05.2010.
4. Патент РФ № 2397961, МПК С04В 11/00 Способ получения гипсового вяжущего / Тихомиров Б.И., Коршунов А.Н., Фуфаева С.М. // Оpubл. 27.08.2010 Б.И. № 24.

## ЗАО «Казанский Гипронииавиапром»

проектный институт с 65-летней историей

Специализируется на проектировании машиностроительных и промышленных предприятий, транспортных сооружений, объектов жилищного строительства, предприятий строительных материалов, в том числе:

- ЖБИ, КПД;
- керамического кирпича;
- гипсовых материалов;
- древесных плитных материалов (МДФ);
- теплоизоляционных материалов (XPS);
- листового конструкционного поликарбоната.

Разработка 2010 г. – перевод завода КПД с выпуска конструкций для 10-этажных домов 90-й серии на выпуск домов 17-19 этажей с улучшенной планировкой и вариантноcтью. Наружные панели двух вариантов – трехслойные панели на гибких связях и с наружным утеплением в построечных условиях, в том числе с вентилируемыми и штукатурными фасадами.



Проектирование индивидуальных панельных домов с гибкой планировкой по финской схеме с использованием пустотных панелей перекрытия безопалубочного формования длиной на квартиру, плоских внутренних и наружных стеновых панелей. Под данную конструктивную схему панельного здания выполняется проектирование или модернизация заводов ЖБИ, КПД.

Для комплексной застройки микрорайонов, организации поворотных вставок для КПД, размещения на первых этажах объектов соцкультбыта и др. предлагается производство сборных каркасных зданий повышенной этажности с использованием существующей оснастки и производственных площадей заводов КПД.

ЗАО «Казанский Гипронииавиапром»

420127, г. Казань, ул. Дементьева, д. 1.

Тел.: (843) 571-95-48, факс: (843) 571-96-56. E-mail: root@qap-rt.ru

Реклама

А.П. ПУСТОВГАР, А.Ф. БУРЬЯНОВ, кандидаты техн. наук,  
 ГОУ ВПО Московский государственный строительный университет;  
 П.Г. ВАСИЛИК, инженер, ЗАО «ЕвроХим-1» (Москва)

## Особенности применения гиперпластификаторов в сухих строительных смесях

Термин «гиперпластификатор» прочно вошел в обиход производителей бетона и сухих строительных смесей, хотя официально пока не определен. ГОСТ 24211–2003 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические требования» классифицирует пластифицирующие добавки по эффекту действия на 4 группы: слабо-, средне-, сильнопластифицирующие и суперпластификаторы». Данная классификация пластифицирующих добавок полностью перешла из ГОСТ 24211–91 «Добавки для бетонов». Однако ввиду значительного различия эффекта действия «старых» суперпластификаторов на основе сульфонафталинформальдегида натрия и сульфомеламинформальдегида натрия и пластификаторов на основе поликарбоксилатов новый термин все чаще встречается в научно-технической литературе [1].

Гиперпластификаторы широко применяются в составах для устройства полов, в шпатлевках, клеевых, ремонтных и огнеупорных составах, а также в составах самоуплотняющихся бетонных смесей, при этом в качестве вяжущего может применяться портландцемент, различные модификации гипса-полугидрата, ангидрит, алюминатные цементы, пуццолановые цементы, а также смешанные вяжущие.

Применение любых модифицирующих добавок, как правило, определяется балансом технологических и качественных преимуществ, приобретаемых строительным раствором, и его ценой и требует экономического обоснования. При разработке новых составов сухих строительных смесей с применением дорогостоящих модифицирующих добавок необходимо учитывать не только основной эффект действия добавки, в данном случае пластифицирующий, но и дополнительные эф-

фекты, получаемые при ее использовании. Например, применение современных гиперпластификаторов позволяет существенно увеличить жизнеспособность смесей для устройства полов и сохранить их высокую подвижность; введение в шпатлевку или плиточный клей класса С2 всего 0,008–0,03% современного гиперпластификатора полностью решает проблему агломерации при затворении водой и увеличивает открытое время.

Механизм действия гиперпластификаторов напрямую зависит от их химической природы и пространственной структуры полимера. Поликарбоксилатные эфиры имеют структуру привитого сополимера, имеющего основную цепь и нанизанные на нее боковые ответвления (рис. 1).

Действие поликарбоксилатных гиперпластификаторов основано на совокупности электростатического и стерического эффектов, при этом стерический эффект достигается за счет боковых гидрофобных полиэфирных цепей молекулы поликарбоксилатного эфира. Благодаря этому водоредуцирующий и пластифицирующий эффекты действия таких пластификаторов в несколько раз выше и продолжительнее, чем у традиционных пластификаторов, использующих один из данных эффектов.

В зависимости от условий синтеза получают поликарбоксилаты с различными длинами боковых полиэфирных цепочек и с разным значением дзетта-потенциала (рис. 2). Это позволяет создавать материалы с разным соотношением стерического эффекта и анионной активности (рис. 3). Уменьшение замедляющего эффекта, характерного для поликарбоксилатов, связывают с изменением соотношения длин основной и боковых цепей. Увеличение длин боковых цепочек и сокращение

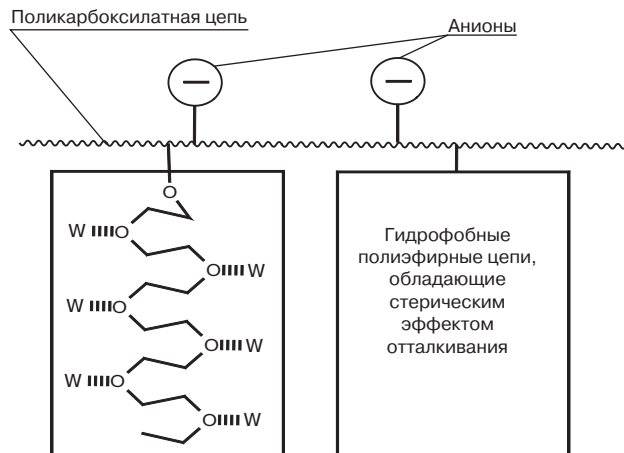
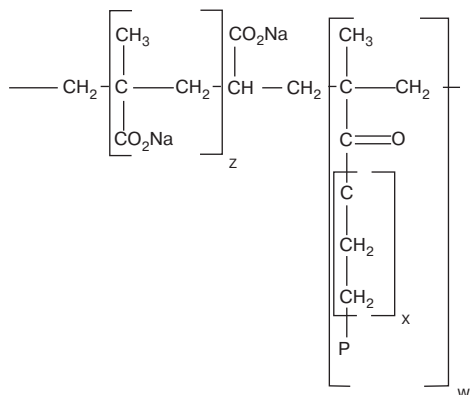
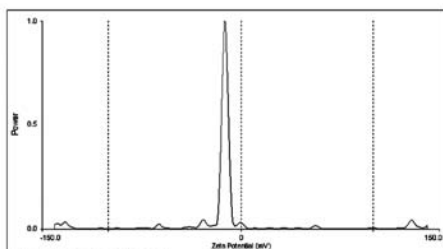


Рис. 1. Схематическая структура поликарбоксилатных эфиров

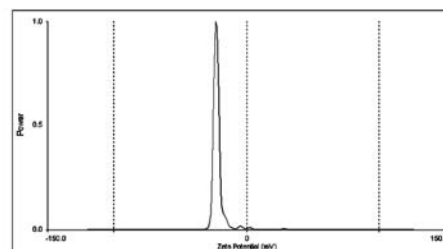
Незначительный стерический эффект + низкое значение дзетта-потенциала



Run	Zeta Potential (mV)	Half Width (mV)	Data Retention
1	-11.98	2.59	75%
2	-11.48	3.03	50%
3	-12.64	2.76	75%
Mean	-12.03	2.80	67%
Std. Error	0.34	0.13	

Measurement Parameters:  
 Conductance = 437  $\mu$ S  
 Current = 2.45 nA  
 Electric Field = 16.26 V/cm  
 Sample Count Rate = 514 kcps  
 Ref. Count Rate = 1542 kcps  
 Uncorrected Temp. = 25.0 °C

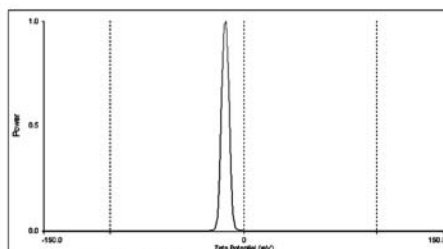
Незначительный стерический эффект + высокий дзетта-потенциал



Run	Zeta Potential (mV)	Half Width (mV)	Data Retention
1	-26.29	3.63	75%
2	-17.37	4.36	50%
3	-23.35	2.25	75%
Mean	-22.34	3.41	67%
Std. Error	2.62	0.62	

Measurement Parameters:  
 Conductance = 371  $\mu$ S  
 Current = 1.79 nA  
 Electric Field = 16.80 V/cm  
 Sample Count Rate = 453 kcps  
 Ref. Count Rate = 1370 kcps  
 Uncorrected Temp. = 25.0 °C

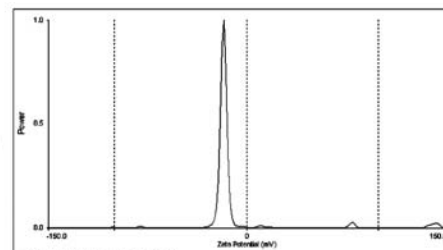
Высокий стерический эффект + низкий дзетта-потенциал



Run	Zeta Potential (mV)	Half Width (mV)	Data Retention
1	-13.53	3.12	100%
2	-14.28	3.03	33%
3	-12.91	3.22	57%
Mean	-13.38	3.13	63%
Std. Error	0.40	0.06	

Measurement Parameters:  
 Conductance = 157  $\mu$ S  
 Current = 0.95 nA  
 Electric Field = 11.80 V/cm  
 Sample Count Rate = 293 kcps  
 Ref. Count Rate = 1938 kcps  
 Uncorrected Temp. = 25.0 °C

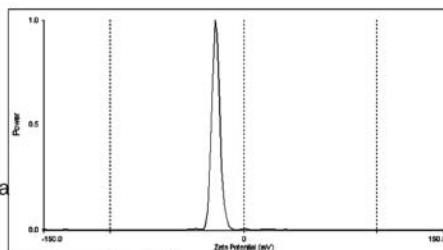
Высокий стерический эффект + высокий дзетта-потенциал



Run	Zeta Potential (mV)	Half Width (mV)	Data Retention
1	-16.25	2.68	100%
2	-15.24	3.91	44%
3	-16.80	2.79	80%
Mean	-16.10	3.13	75%
Std. Error	0.46	0.39	

Measurement Parameters:  
 Conductance = 137  $\mu$ S  
 Current = 0.85 nA  
 Electric Field = 13.70 V/cm  
 Sample Count Rate = 253 kcps  
 Ref. Count Rate = 1464 kcps  
 Uncorrected Temp. = 25.0 °C

Оптимизированное значение стерического эффекта и дзетта-потенциала



Run	Zeta Potential (mV)	Half Width (mV)	Data Retention
1	-18.08	3.37	100%
2	-15.91	3.79	50%
3	-21.47	3.41	80%
Mean	-18.48	3.52	77%
Std. Error	1.62	0.14	

Measurement Parameters:  
 Conductance = 190  $\mu$ S  
 Current = 0.95 nA  
 Electric Field = 11.80 V/cm  
 Sample Count Rate = 723 kcps  
 Ref. Count Rate = 1678 kcps  
 Uncorrected Temp. = 25.0 °C

Рис. 2. Дзетта-потенциал гиперпластификаторов на поликарбоксилатной основе

основной приводит к уменьшению плотности адсорбции пластификатора на поверхности зерен вяжущего, что позволяет сохранить часть активных центров от перекрытия пленками полимера.

Поликарбоксилаты первых поколений сильно влияют на кинетику гидратации вяжущих и используются, как правило, в бетонах и строительных растворах в летний период, когда нужно сохранить подвижность при высокой температуре окружающего воздуха, а также в системах, содержащих глиноземистый цемент. Данные марки нашли широкое применение и при производстве огнеупорных бетонов, так называемых неформованных

огнеупорах, которые все шире применяются при футеровке тепловых агрегатов.

Применение в составах бетонов и строительных растворов микрокремнезема, в том числе и для огнеупорных составов, потребовало новых решений в конфигурации поликарбоксилатных гиперпластификаторов; длины боковых цепей поликарбоксилатных полимеров гармонизированы с величиной дзетта-потенциала, обеспечивающего максимальный эффект действия в случае применения пуццолановых добавок.

В работе [2] рассмотрено влияние гиперпластификаторов на прочность при сжатии и изгибе комплексного вяжущего, состоящего из гипсового вяжущего марки Г5 (80%) и быстротвердеющего портландцемента СЕМ П/А-К(Ш-П) 32,5Б с комплексной минеральной добавкой – шлаком (11%) и пуццолановой добавкой (8%). По данным [3], в подобных системах кристаллы двуводного гипса создают каркас первичной структуры, а гидросиликаты являются цементирующей связкой. При этом авторы [3] считают, что в данных системах возможно применение традиционных суперпластификаторов с электростатическим эффектом действия. Проведенные в НОЦ НСТМ МГСУ исследования показали, напротив, низкую эффективность применения в таких системах суперпластификаторов только с электростатическим эффектом действия, что подтверждается результатами, полученными в [2]. Предел прочности при сжатии и изгибе (рис. 4, 5) составов с гиперпластификаторами с оптимизированными значениями электростатического и стерического эффектов (Melflux 5581F, VP STQ 6) до 20% выше, чем для гиперпластификаторов ранних поколений.

Оптимизация соотношения стерического эффекта и дзетта-потенциала гиперпластификатора позволяет



Особенности применения гиперпластификаторов на поликарбоксилатной основе

Свойства	Основные свойства			Система						
	Диспергирующий (пластифицирующий) эффект	Низкая дозировка	Отсутствие замедления	ПЦ система, богатая $K^+$ , $Na^+$ , $SO_4^{2-}$	ПЦ система, бедная $K^+$ , $Na^+$ , $SO_4^{2-}$	Содержит микрокремнезем	Возможность применения с лимонной кислотой	Короткое время растворения	Замедляющий эффект	Гипсовые системы
Незначительный стерический эффект + высокий дзетта-потенциал	X	X			XX				X	
Высокий стерический эффект + низкий дзетта-потенциал	X	X	XX		XX					
Высокий стерический эффект + высокий дзетта-потенциал	XX	XX	XX	XX	X	X	XX	X		
Оптимизированные значения стерического эффекта и дзетта-потенциала	XX	XXX	XX	XXX	X	X	X	X		XXX
Незначительный стерический эффект + низкий дзетта-потенциал	X	X			X		X		X	

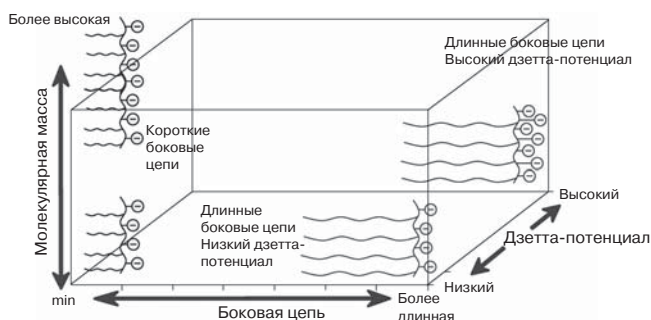


Рис. 3. Типы поликарбоксилатных пластификаторов

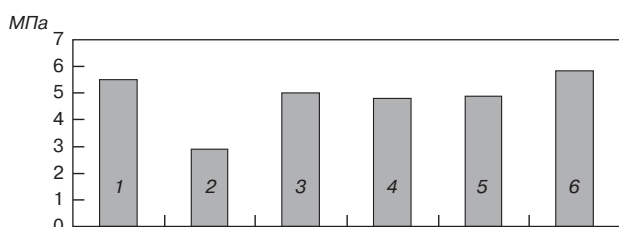


Рис. 4. Влияние различных добавок и В/Т на прочность при изгибе образцов из комплексного вяжущего: 1 – контрольный, В/Т 0,54; 2 – № 1 контрольный + Melment F 15 G, В/Т 0,35; 3 – № 2 контрольный + Melflux 1641F, В/Т 0,32; 4 – № 3 контрольный + Melflux 2651F, В/Т 0,31; 5 – № 4 контрольный + Melflux 5581F, В/Т 0,29; 6 – № 5 контрольный + VP STQ 6, В/Т 0,26

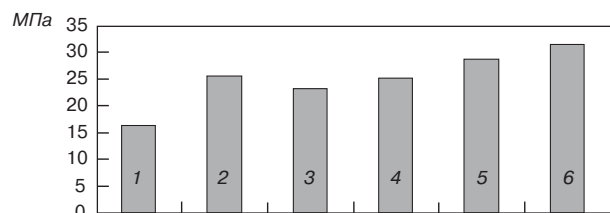


Рис. 5. Влияние различных добавок и В/Т на прочность при сжатии образцов из комплексного вяжущего: 1 – контрольный, В/Т 0,54; 2 – № 1 контрольный + Melment F 15 G, В/Т 0,35; 3 – № 2 контрольный + Melflux 1641F, В/Т 0,32; 4 – № 3 контрольный + Melflux 2651F, В/Т 0,31; 5 – № 4 контрольный + Melflux 5581F, В/Т 0,29; 6 – № 5 контрольный + VP STQ 6, В/Т 0,26

подбирать марку поликарбоксилатных эфиров с учетом исходного фазового состава минеральной части сухой строительной смеси и образующихся при ее затворении водой продуктов гидратации. Так, ионы  $SO_4^{2-}$ ,  $CO_3^{2-}$  и  $PO_4^{3-}$  препятствуют адсорбции поликарбоксилатов с низким значением дзетта-потенциала и короткими боковыми цепями, существенно снижая его пластифицирующий эффект действия. Количество и модификация отдельных цементных фаз, например  $C_3A$ , также существенно меняют эффект действия пластификатора.

Следует также учитывать, что современные сухие строительные смеси, в особенности смеси для устройства полов, являются сложными многокомпонентными системами, в состав которых входят разнообразные модифицирующие добавки, которые в значительной мере влияют на эффект действия гиперпластификаторов. При этом нарушение принципа оптимизации соотношения стерического эффекта и дзетта-потенциала может проявляться в виде снижения пластифицирующей способности, вплоть до ее полного отсутствия, а в отдельных случаях и до аномального повышения вязкости состава. Например, эффективность применения гиперпластификаторов с различными видами замедлителей также определяется оптимальным соотношением стерического эффекта и величиной дзетта-потенциала.

Гиперпластификаторы с низким показателем дзетта-потенциала и незначительным стерическим эффектом в составах сухих строительных смесей, как правило, применяют только в сочетании с винной кислотой. Применение других замедлителей, например лимонной кислоты, возможно только для гиперпластификаторов с высокими значениями дзетта-потенциала и высоким стерическим эффектом. Расширение номенклатуры применяемых совместно с гиперпластификаторами замедлителей позволяет существенно, до 20%, повысить прочность затвердевших строительных растворов и регулировать в широких пределах реологические характеристики и жизнеспособность строительных растворов.

Особенности применения различных гиперпластификаторов представлены в таблице.

Для многих систем на основе портландцемента различных российских производителей наиболее эффек-

тивными являются гиперпластификаторы, обладающие высоким стерическим эффектом и высоким значением дзетта-потенциала [1]. Данный тип гиперпластификаторов показывает хорошие результаты и в составах на основе гипсовых вяжущих.

Таким образом, можно сделать вывод, что при позднем разжижении целесообразно применять гиперпластификатор с более высоким дзетта-потенциалом.

При быстром падении подвижности раствора во времени необходимо рассмотреть возможность применения гиперпластификатора с низким дзетта-потенциалом или введения сильного анионоактивного агента – кислотного замедлителя или сульфата щелочного металла.

Применение гиперпластификаторов с оптимизированным соотношением стерического эффекта и дзетта-потенциала в системах на комплексном вяжущем позволяет получить более высокую прочность как при сжатии, так и при изгибе.

**Список литературы**

1. *Несветаев Г.В., Давидюк А.Н.* Гиперпластификаторы «Melflux» для сухих строительных смесей и бетонов // Строит. материалы. 2010. № 3. С. 2–3.
2. *Василик П.Г., Бурьянов А.Ф., Гонтарь Ю.В., Чалова А.И.* Влияние супер- и гиперпластификаторов на водопотребность и прочностные характеристики затвердевшего камня на основе комплексного вяжущего. Материалы V Международной научно-практической конференции «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий». Казань. 8–10 сентября 2010 г. С. 47–51.
3. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение) / Под общ. ред. А.В. Ферронской. М.: АСВ, 2004. 488 с.

Информационно-консалтинговая фирма

**«ИТКОР»**

Научно-практическая конференция  
**«Текущее состояние строительного комплекса  
 и перспективы посткризисного развития  
 промышленности строительных материалов в РФ»**  
**16 февраля 2011 г. Москва**

В программе:

- Текущее состояние строительного комплекса Российской Федерации
- Деятельность подотраслей промышленности строительных материалов за 2008–2010 гг.
- Стратегия развития промышленности строительных материалов до 2020 г.: обсуждение и предложения по дальнейшему совершенствованию
- Перспективные направления инвестиционной деятельности
- Пути преодоления кризисных явлений в отрасли и перспективы посткризисного развития

Докладчики: ведущие отраслевые аналитики и исследователи рынка строительных материалов; руководители профессиональных Союзов и Ассоциаций стройиндустрии; представители органов исполнительной власти и инвестиционных компаний.

**www.ikf-itcor.ru, ikf-itcor@ikf-itcor.ru, itkor@mail.ru**  
**Телефон/факс: (495) 232-47-56**  
 Информационные партнеры конференции  
 научно-технические и производственные журналы  
**«Строительные материалы»® и «Жилищное строительство»**

**II Международная конференция  
 НАНОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧНОГО И ДОЛГОВЕЧНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

**14–17 марта 2011 г. Каир, Египет**

**Организаторы конференции**  
 Египетско-российский университет (ERU), Национальный исследовательский центр жилья и строительства (HBRC),  
 Ижевский государственный технический университет

**Egyptian Russian University**  
 الجامعة المصرية الروسية

**HBRC**  
 المركز القومي للبحوث والدراسات

**ИИТ**  
 Ижевский государственный технический университет

**Соорганизаторы**  
 Томский политехнический университет, Омский государственный технический университет, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Московский государственный строительный университет, Российский университет дружбы народов, ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова

**Тематика конференции**

- Нанокompозиты в строительных материалах
- Нанотехнология в строительстве
- Защита от пожара с помощью наночастиц
- Нанотехнологии в кондиционировании воздуха
- Наноструктурирующие материалы в архитектуре
- Производство лакокрасочных материалов с нанодобавками
- Нанотехнологии в стеклах
- Нанотехнологии для энергоэффективности в зданиях
- Моделирование нанокompозитов
- Модификация наносистемами минеральных вяжущих

В дни проведения конференции будет работать выставка нанопродуктов, нанооборудования и других специализированных изделий.

**Информационная поддержка** – журнал «Строительные материалы»®  
 Сайт конференции: [http://inter.istu.ru/russian/nano\\_r.html](http://inter.istu.ru/russian/nano_r.html)

<p><b>В Египте:</b>                  Профессор <b>Шериф Солиман</b>                  Египетско-российский университет                  Cairo High Road                  Badr City - Suez                  E-mail: <a href="mailto:president@eruegypt.com">president@eruegypt.com</a>                  Тел.: +20 (02) 28643349, (02) 28643341                  Факс: +20 (02) 28643332</p>	<p><b>Контактная информация</b></p>	<p><b>В России:</b>                  Профессор <b>Григорий Иванович Яковлев</b>                  Ижевский государственный технический университет                  426069 Ижевск, Россия                  ул. Студенческая, д. 7                  E-mail: <a href="mailto:gyakov@istu.ru">gyakov@istu.ru</a>                  Тел.: +7(3412) 59 33 07                  Факс: +7(3412) 59 25 55</p>
---	-------------------------------------	--

# Специальная модификация для суперустойчивости к сползанию

гидроксиэтилцеллюлоза  
гидроксипропилметилцеллюлоза

гидроксиэтилметилцеллюлоза  
метилцеллюлоза  
карбоксиметилцеллюлоза

НЕС

| МР

| МАТ

| МЕ

| МЕТ

| МС



РОССИЯ

| УКРАИНА

| БЕЛАРУСЬ

| КАЗАХСТАН

## Штукатурка гипсовая

ручная, машинная

## Адгезивы

цементные

## Клеи для фасадного утепления

Новые марки МАТ, МЕТ:

- улучшенное открытое время - до 35 мин.,
- стойкость к сползанию для тяжелой плитки,
- использование при высокой и низкой температуре

# ЕТС

Группа компаний  
«Единая Торговая Система»

Тел. +7 812 703 103 5

[www.utsrus.com](http://www.utsrus.com)



# Гипсовая конференция в Казани



Конференцию открыл президент Российской гипсовой ассоциации Ю.А. Гончаров



С приветственным словом обратился генеральный директор группы компаний «Алтын» Р.М. Абдуллин



И.Ю. Крепкая – представитель компании Gebr. Pfeiffer в России



Впервые в работе конференции приняла компания AlphaPlatre (Франция), поставляющая линии по производству гипсовых материалов и изделий. Представитель в России М.А. Дгебуадзе

V Международная гипсовая конференция состоялась в Казани 8–10 сентября 2010 г. Организатором конференции, в работе которой приняли участие более 250 делегатов из 17 стран мира, выступила Российская гипсовая ассоциация. Генеральными спонсорами конференции стали компании КНАУФ и ERISIM MAKINA, официальными спонсорами – группа компаний «Алтын», Grenzebach и Рубежанский картонно-тарный комбинат, спонсорами – компании ВОЛМА, Gebr. Pfeiffer, Alphaplatre, Gyptech, Bang & Bonsomer, ЕвроХим-1.

В работе гипсовой конференции приняли участие компании – производители строительных материалов из гипса, поставщики гипсового камня и вяжущего, машиностроительные компании, производители и поставщики химических добавок, представители научных и учебных заведений и др.

Производство гипсовых материалов развивается стремительно с 70-х гг. XX в. Это обусловлено низкими энергозатратами на производство и экологической безопасностью. Номенклатура строительных материалов из гипса включает плиты и малые изделия для внутренней отделки из природного гипсового камня; гипсовые вяжущие, стеновые и перегородочные изделия, сантехкабины, блоки с вентиляционными каналами, акустические, огнезащитные материалы и изделия и др.; сухие строительные смеси.

Научные разработки в области гипсовых материалов позволили улучшить физико-технические характеристики изделий, внедрить их в производство. Этому в немалой степени способствует конференция по гипсу, инициатором которой была А.В. Ферронская. Участники конференции почтили минутой молчания память ведущего ученого-гипсовика д-ра техн. наук А.В. Ферронской.

Отличительной особенностью конференции 2010 г. стала чрезвычайно насыщенная программа. Она включала около 40 докладов, в которых рассматривались вопросы действия добавок на процесс гидратации и твердения гипсовых систем и систем на основе гипсового ангидрида, использования гипсовых отходов в производстве строительных материалов и др., а также производственные экскурсии на ООО «Аракчинский гипс» и ОАО «Камско-Устьинский рудник».

Во вступительном докладе заместитель министра строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Республики Татарстан А.Д. Ясько представил работу строительного комплекса Республики Татарстан. Профессор Казанского государственного строительного университета Р.З. Рахимов сделал сообщение об общих международных тенденциях расширения номенклатуры гипсовых строительных материалов.

Доклад д-ра техн. наук, профессора ИжГТУ Г.И. Яковлева касался легких материалов на основе техногенного ангидрида, являющегося отходом производства плавиковой кислоты. Для приготовления легкой теплоизоляционной композиции использовались вспененные гранулы полистирола, а в качестве армирующей добавки – базальтовое волокно. Для обеспечения ранней прочности материала использовался СДО. Полученный бетон имеет марку прочности D700, паро- и газопроницаем, пожаробезопасен.

Доктор Х.-Б. Фишер (Строительный университет, Веймар, Германия) показал причины различия реакционной способности ангидритов, полученных на различных производствах.



Темой выступления М. Беллото (Bozzetto Group) стала применение современных разжижителей для производства гипсокартона



На конференции прошла презентация новой книги Ю.В. Гонтаря, А.И. Чаловой, А.Ф. Бурьянова «Сухие строительные смеси на основе гипса и ангидрида». Презентация новых монографий по гипсу стала традицией конференции

Канд. техн. наук В.Г. Клименко (БГТУ им. В.Г. Шухова) исследовал способы активизации нерастворимого ангидрида и показал, что лучшим активатором является продукт после термообработки природного гипса, содержащего 3,5 мас. % гидратной воды. Такое вяжущее можно использовать для ССС.

Директор по внешнеэкономическим связям компании ERISIM MAKINA Д. Караибрахимоглы – одного из генеральных спонсоров конференции представил четыре крупных проекта, реализованных компанией в 2010 г. Среди них гигантский завод по производству гипсового вяжущего, микрокальцита в Турции; завод по производству гипсового вяжущего, ССС, вспученного перлита и молотого гипсового камня компании ВОЛМА в Волгограде; завод по производству гипсового вяжущего, ССС, вспученного и крупного перлита фирмы Bias Tech в Казахстане; завод по производству микрокальцита фирмы Filli Voya в Турции.

Современное высокотехнологичное оборудование для производства гипсовых материалов было представлено также в докладах Х. Ветегрове (Claudius Peters, Германия) – технология кальцинации гипса с гомогенизатором, И. Крепкой – мельницы Gebr. Pfeiffer для помола и кальцинации гипса. О технологическом оборудовании французской компании Alparplate для производства гипсовых изделий рассказали президент компании Д. Эсно и представитель в Москве М.А. Дгебуадзе. Современное технологическое оборудование российского производства выпускает в настоящее время компания «Строммашина» (Самара). В настоящее время в структуре компании работает сервисный центр

Как известно, современное производство практически любых гипсовых строительных материалов сопряжено с применением модифицирующих добавок. Добавки позволяют придавать гипсовым составам различные технологические свойства – увеличивать время схватывания, снижать водогипсовое отношение, повышать водоудерживающую способность и др. Этой теме были посвящены выступления П.Г. Василика (ЗАО «ЕвроХим-1», Москва), М. Майера (фирма «AVEBE», Нидерланды), М. Мюллера (компания «Sika», Германия), М. Беллото (Bozzetto Group, Италия), В.А. Долгоруева (институт «Дубна»).

Современные технологии строительства и отделки помещений невозможно представить без гипсовых материалов. Их широкое использование обусловлено многими положительными свойствами гипса – достаточно высокой прочностью, высокими экологическими характеристиками, слабой пожароопасностью и др. Однако малая водостойкость препятствовала широкому применению гипсовых изделий для возведения ограждающих конструкций зданий, хотя такие материалы разрабатывались и внедрялись в практику строительства в отдельных регионах еще в эпоху СССР.

В настоящее время разработана строительная система «Экодом» с конструктивным остовом стен, перекры-



В зале заседания



Главное в работе конференции – это возможность знакомства и проведения переговоров



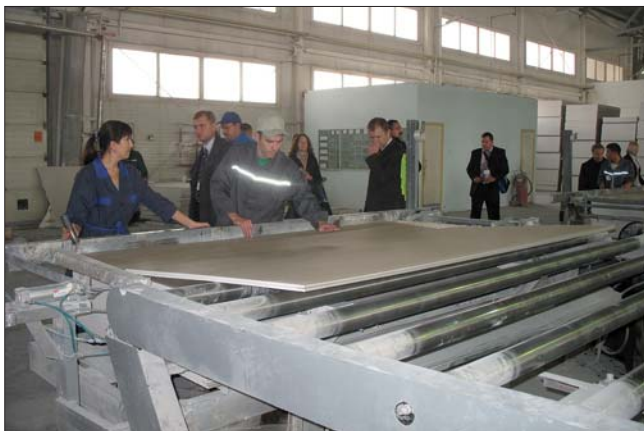
Участникам конференции была предоставлена уникальная возможность посетить экспозицию национального культурного центра Республики Татарстан



Представитель компании AVEBE М. Майер представил возможность применения эфиров крахмала в гипсовых ССС



О наиболее интересных проектах в области гипсовых материалов рассказал директор по внешнеэкономическим связям компании ERISIM MAKINA (Турция) Д. Караибрахимоглы



В цеху по производству гипсокартона ООО «Аракчинский гипс»



Экскурсия на Камско-Устьинский гипсовый рудник

тий, покрытий, крыши и перегородок на основе композиционных гипсобетонов. Они представляют собой сборно-монолитные конструкции с несъемной опалубкой из ГВЛ-В и каркасом из термопрофилей. Образец индивидуального жилого дома на основе СС «Экодом» построен в г. Старый Оскол Белгородской обл. в 2008 г.

Программа конференции включала посещение завода по производству гипсовых материалов ООО «Аракчинский гипс», входящего в группу компаний «Алтын». История предприятия берет свое начало с 1945 г. Первую продукцию предприятие выпустило в послевоенном 1947 г. В настоящее время строительный гипс, производимый на предприятии, конкурирует на рынке гипсовых изделий и материалов Российской Федерации и отличается наилучшим качеством для производства сухих смесей. До 95% всей продукции Аракчинского гипсового завода приобретает предприятиями Российской Федерации и стран СНГ.

Инвестиции, направленные в производство в 2000–2006 гг., позволили предприятию выпускать продукцию более высокого качества (Г5–Г7). Выросли объемы производства: в 2009 г. выпущено 93,9 тыс. т гипсового вяжущего.

В 2010 г. проведена реконструкция системы аспирации цеха производства вяжущего с использованием рукавных фильтров ТОС, в результате чего выбросы в атмосферу стали значительно ниже ПДК.

Самым крупным инвестиционным проектом стало строительство на ООО «Аракчинский гипс» линии по

производству гипсокартонных листов. Технологическая линия мощностью 6 млн м<sup>2</sup> гипсокартона в год, поставленная компанией «Дун-Фун» (КНР), запущена в первой половине 2007 г. В 2009 г. выпущено около 4 млн м<sup>2</sup> продукции, соответствующей ГОСТ 6266–97 «Листы гипсокартонные».

Во время поездки ОАО «Камско-Устьинский гипсовый рудник» специалисты смогли ознакомиться с особенностями работы гипсодобывающего предприятия. Камско-Устьинское месторождение гипсового камня разрабатывается с конца XIX в. В настоящее время здесь добывается гипсовый камень для производства гипсового вяжущего и гипсово-ангидритовый камень для производства цемента.

Насыщенность программы конференции, активность участников показали, что гипсовая отрасль промышленности строительных материалов активно развивается. Заслушанные доклады свидетельствовали, что современные технологии производства гипсовых строительных материалов постоянно совершенствуются, улучшаются свойства изделий за счет введения новых добавок, внедрения современных технологий. В немалой степени этому способствует гипсовая конференция, где специалисты могут обменяться мнениями, обсудить насущные профессиональные проблемы, найти совместные пути их решения. И в этом главная заслуга основного организатора конференции – Российской гипсовой ассоциации и ее руководителей – президента Ю.А. Гончарова и исполнительного директора А.Ф. Бурьянова. Так держать!



Чтобы поддерживать статус ведущего отраслевого журнала специалистам редакции необходимо постоянно углублять свои знания о промышленности. Главному редактору Е.И. Юмашевой удалось «освоить» бурильный станок



Уникальные экземпляры гипсового камня хочется рассмотреть особенно тщательно



Специалистам трудно удержаться от соблазна унести с собой мешочек-другой «сувениров». Ну вот, опять набрал!

## АКЦИЯ

**В издательстве «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ» Вы можете приобрести дайджесты и специальную литературу по антикризисным ценам****Тематические дайджесты серии «Совершенствование строительных материалов»**

Дайджест «**Ячеистые бетоны – производство и применение**» (Часть 1). В настоящее время он выпущен на CD. В части 2 представлены технологии и оборудование, опыт применения, результаты научных исследований.

Дайджест «**Кровельные и изоляционные материалы**» включает статьи по темам: битумные, битумно-полимерные, полимерные материалы, гидроизоляция сооружений, жесткие кровли и др.

Дайджест «**Керамические строительные материалы**». Часть 1 выпущена на CD. В части 2 информация представлена по следующим направлениям: отраслевые проблемы, сырьевая база, оборудование и технология, контроль качества, ограждающие конструкции.

Дайджесты «**Сухие строительные смеси**». Часть 1 выпущена на CD. В 2009 г. В части 2 представлены рубрики: технологии и оборудование, компоненты ГСС, результаты научных исследований, применение.

Дайджест «**Современные бетоны: наука и практика**» содержит более 100 статей по тематическим разделам: исследование составов и свойств бетонов, исследования технологических аспектов производства бетонов, заполнители для бетонов, коррозия бетона, технология и оборудование, применение бетона и др.

Дайджест «**Материалы для дорожного строительства**» содержит более 100 статей по тематическим разделам: нормативная и методическая база отрасли; материалы для дорожного строительства; ремонт дорог.

**Специальная литература****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.

**Монография «Производство деревянных клееных конструкций»**

Автор – заслуженный деятель науки России, д-р техн. наук Л.М. Ковальчук.

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.

**Книга «Производство железобетонных преднапряженных конструкций на длинных стендах.****Варианты расчетов конструкций.»**

Автор – канд. техн. наук С.Н. Кучихин

Настоящее пособие по выборам вариантов применения и расчетам железобетонных преднапряженных конструкций явилось результатом многолетней практики внедрения новых технологий в строительство с использованием отечественного и зарубежного опыта. Учтена необходимость комплексного подхода к выбору оптимального решения (проектирование, производство, строительство).

Рекомендовано использовать в работе проектным институтам, предприятиям стройиндустрии, строителям и специализированным вузам.

**Книга «Керамические пигменты»**

Авторы – доктора техн. наук Г.Н. Масленникова, И.В. Пищ

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.

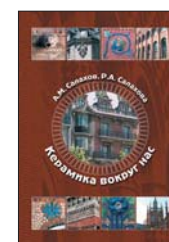
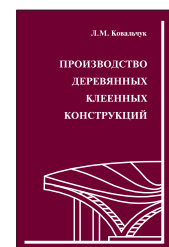
Книга предназначена для научных сотрудников, студентов, специализирующихся в области технологии керамики и стекла, а также для инженерно-технических работников, занятых в производстве керамических изделий и красок. Будет полезна для специалистов других отраслей промышленности, где применяются высокотемпературные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

**Книга «Керамика вокруг нас»**

Авторы – А.М. Салахов, Р.А. Салахова

Авторы представляют керамику как искусство и как продукт тонкой технологии. Показано, что свойства керамических изделий определяются химическим, минералогическим и гранулометрическим составом исходных компонентов. Множество иллюстраций наглядно демонстрируют возможности использования керамических материалов в строительстве и архитектуре.

Книга предназначена специалистам предприятий, производящих керамические материалы, ученым-материаловедам, преподавателям, аспирантам и студентам, всем заинтересованным лицам.



**Подробнее на [www.rifsm.ru](http://www.rifsm.ru)**

**Для приобретения специальной литературы обращайтесь в издательство «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»**

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



18-20 мая

2011

# AstanaBuild

АСТАНА, КАЗАХСТАН

13-я КАЗАХСТАНСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ  
ВЫСТАВКА "СТРОИТЕЛЬСТВО"



СТРОИТЕЛЬСТВО  
ИНТЕРЬЕР  
ДОРОЖНОЕ  
СТРОИТЕЛЬСТВО



ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ  
ОКНА И ДВЕРИ, ФАСАДЫ  
КЕРАМИКА И  
КАМЕНЬ

Для дополнительной информации посетите официальный сайт выставки: [www.astanabuild.kz](http://www.astanabuild.kz)



**Iteca** (Алматы) - Алматы, Казахстан,  
050057, ул.Тимирязева, 42, 2 этаж,  
Тел.: +7 727 2583434;  
Факс: +7 727 2583444;  
E-mail: build@iteca.kz

**Iteca** (Астана) - Астана, Казахстан,  
010000, ул. Агыбай батыра, 5, оф. 23,  
Тел.: +7 7172 58 02 55;  
Факс.: +7 7172 58 02 53;  
E-mail: astanabuild@iteca.kz

# UzBuild



15-18 марта 2011

УЗЭКСПОЦЕНТР, ТАШКЕНТ, УЗБЕКИСТАН

12-я УЗБЕКСКАЯ  
МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА  
СТРОИТЕЛЬСТВО



СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ИНТЕРЬЕР И ДИЗАЙН  
ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ



ОКНА И ДВЕРИ, ФАСАДЫ  
КЕРАМИКА И ОТДЕЛОЧНЫЙ КАМЕНЬ  
ЛАНДШАФТ И ОЗЕЛЕНЕНИЕ

Получить дополнительную информацию Вы можете на официальном сайте выставки:

[www.uzbuild.uz](http://www.uzbuild.uz)



**ITE Uzbekistan:**

ул. Ойбека, 20, Ташкент, 100015, Узбекистан  
Тел.: +(998 71) 113 01 80, факс: +(998 71) 252 51 64  
E-mail: aziza\_a@ite-uzbekistan.uz, Web: www.uzbuild.uz



# Международный строительный форум «Бетон. Цемент. Сухие смеси»

*26–28 октября 2010 г. в Москве в Экспоцентре с большим успехом прошел XII Международный строительный форум «Бетон. Цемент. Сухие смеси – 2010». Организатором форума выступил журнал «Международное аналитическое обозрение «ALITinform. Бетон. Цемент. Сухие смеси». Официальную поддержку мероприятию оказали Администрация Президента РФ, Государственная дума РФ, Минрегион России, Минэнерго России, правительство Москвы, правительство Московской области, НО «СоюзЦемент», Российский союз строителей.*

Программа форума в этом году стала беспрецедентной по охвату и уровню научной проработки тематики. В работе форума приняли участие более 500 специалистов отрасли, заслушано было 150 докладов. На мероприятии собрались специалисты отрасли из России, Бразилии, Великобритании, Германии, США, Дании, Израиля, Индии, Китая, Франции, Швейцарии и других стран.

Открыла форум первая в мире глобальная конференция «SemEnergy-2010. Снижение потребления энергии и эмиссии CO<sub>2</sub> в цементной промышленности стран с быстроразвивающейся экономикой». Ведущим докладчиком стал Нобуо Танака, исполнительный директор Международного энергетического агентства, который представил «дорожную карту» развития цементной промышленности, серьезная роль в реализации которой отводится странам с быстроразвивающейся экономикой, в число которых сегодня входит и Россия. Специально для участия в конференции SemEnergy впервые в Россию прибыла делегация Китайской цементной ассоциации (ССА) во главе с президентом Леем Цяньчжи. С докладами также выступили еще более 40 авторитетных экспертов международных организаций и специалистов рынка цемента со всего мира. Генеральным спонсором конференции выступил Lafarge Cement.

26 октября состоялось совещание Союза производителей цемента под председательством М.А. Скорохода, президента НО «Союзцемент».

Более 60 специалистов по бетонам из России и Европы собрались 28 октября на площадке II Международной научно-практической конференции по автоклавному газобетону «СопАег». Конференция уже второй год проводится при поддержке Национальной ассоциации производителей автоклавного газобетона. Официальным спонсором мероприятия выступила компания HESS AAC Systems B.V. Сопредседателями конференции выступили д-р техн. наук, проф., чл.-корр. РААСН заведующий лабораторией НИИСФ В.Г. Гагарин и д-р техн. наук, проф., чл.-корр. РААСН заведующий кафедрой технологии строительных изделий и конструкций СПбГАСУ Ю.В. Пухаренко. Благодаря их высокой компетентности были максимально полно рассмотрены актуальные вопросы теплозащиты ограждающих конструкций, практические аспекты производства ячеистого бетона, опыт эксплуатации бетонных конструкций и др. Максимально познавательным стал доклад Карла-Гинтера Ланге, ведущего специалиста и эксперта из Германии, выступавшего по поручению компании Hess ACC Systems. Он рассказал о европейском опыте экономики производства и специфике применения армированных газобетонных изделий в строительстве.

Большой интерес участников форума вызвало открытое заседание рабочей группы по цементно-бетонным дорожным покрытиям Росавтодора РФ. Заседание открыли начальник управления научно-технических исследований В.А. Попов и зам. директора по качеству и экологии строительства, руководитель рабочей группы по цементно-бетонным дорожным покрытиям Росавтодора РФ В.П. Носов.

Особого внимания заслуживает проведенная 27 октября научно-техническая конференция «Повышение эффективности производства извести. LimeRead», организованная журналом «ALITinform» совместно с некоммерческим партнер-



Участники Международного строительного форума «Бетон. Цемент. Сухие смеси–2010»



Совещание НО «СоюзЦемент» под председательством М.А. Скорохода



Э.Л. Большаков и М.А. Скороход



Карл-Гинтер Ланге



В.А. Попов



А.В. Монастырев и Р.Ф. Галиахметов



Большаков Э.Л. на торжественной церемонии награждения лауреатов Международного семинара-конкурса молодых ученых и аспирантов, работающих в области вяжущих веществ, бетонов и сухих смесей



Специализированная выставка «Бетон. Цемент. Сухие смеси-2010»

ством производителей извести. Конференция LimeRead собрала представителей известковых комбинатов и производств, аналитиков, производителей сопутствующих услуг и оборудования, а также потребителей извести для обсуждения злободневных вопросов отрасли. Председателем заседания конференции стал директор некоммерческого партнерства производителей извести Р.Ф. Галиахметов, научным руководителем конференции выступил канд. техн. наук главный технолог ЗАО «Липецкметаллургпроект» А.В. Монастырев.

Первый в России Международный семинар-конкурс молодых ученых и аспирантов, работающих в области вяжущих веществ, бетонов и сухих смесей, состоялся в рамках форума. Соучредителями конкурса выступили компании ЕВРО-ЦЕМЕНТгрупп и КНАУФ. Призовой фонд конкурса – годовые стипендии и ценные подарки победителям на общую сумму 500 тыс. р.

Традиционно в рамках форума проводились и профессиональные специализированные выставки «Бетон. Цемент. Сухие смеси».

В этом году здесь успешно прошли:

- VI Международная специализированная выставка «ConTech-2010: Бетонные заводы, оборудование, опалубка»;
- III Международный выставочный салон «ReCon Expo-2010: Ремонт бетонных и железобетонных конструкций»;
- VII Международная специализированная выставка «ExpoSem-2010: Модернизация цементной промышленности»;
- XI Международная специализированная выставка «ExpoMix-2010: Сухие смеси, бетоны и растворы».

Выставки собрали 120 экспонентов из 16 стран мира: Азербайджана, Белоруссии, Бельгии, Великобритании, Германии, Дании, Израиля, Испании, Италии, Китая, Польши, России, Турции, Украины, Финляндии, Франции, Швейцарии. Свои экспозиции представили компании из Москвы, Санкт-Петербурга, Брянской, Волгоградской, Новгородской, Ростовской, Рязанской, Самарской, Свердловской, Смоленской и Челябинской областей, Краснодарского края, республик Башкортостан и Татарстан.

Число экспонентов выросло на 18% по сравнению с предыдущим годом. Посетило выставки более 6 тыс. специалистов.

В работе форума приняли участие представители федеральных и региональных органов исполнительной власти, руководители российских и зарубежных компаний, производители строительных материалов. Успех форума показал актуальность и значимость таких встреч для профессионалов в сфере строительных материалов. В ходе мероприятия были предложены пути решения серьезных проблем, стоящих перед глобальными сообществами на рынке строительных материалов.

Следующий XIII Международный строительный форум «Бетон. Цемент. Сухие смеси» состоится 25–27 октября 2011 г. в Москве, в Экспоцентре на Красной Пресне.

**Материал предоставлен компанией «АлитИнформ»**

А.З. ЕФИМЕНКО, д-р техн. наук,  
Московский государственный строительный университет

## Строительные отходы от сноса зданий – сырье для малоотходных технологий

Решением проблемы утилизации и переработки техногенных отходов может быть создание системы управления рациональным использованием материальных ресурсов. Ее цель – постоянное развитие ресурсосберегающих методов хозяйствования [1]. Составная часть этой системы – комплексная система управления рациональным использованием вторичного сырья, включая бетонные отходы, которая предусматривает проведение:

- научно-технических мероприятий: использование передовой техники и технологии сноса и разборки зданий; сбора и переработки вторичного сырья;
- экономических мероприятий: внутрихозяйственное планирование образования, сбора, транспортировки, использования и реализации отходов и продуктов их переработки; поощрительное налогообложение, кредитование и амортизация; введение льготных транспортных тарифов и штрафов, побудительных и залоговых платежей за образующиеся отходы;
- правовых мероприятий: активная законодательная деятельность в области переработки отходов, в том числе от демонтажа панельных зданий; использование директивных указаний и инструкций в работе с вторичным сырьем; подбор и расстановка кадров; расширение и упорядочение договорных отношений между поставщиками (продавцами) и потребителями;
- экологических мероприятий: использование вторичного сырья с учетом аспектов защиты окружающей среды.

Система носит многоуровневый характер и охватывает все стадии жизненного цикла вторичных материальных ресурсов:

- выявление ресурсов;
- планирование их сбора и использования, сбор и подготовка к потреблению или реализации;
- собственно полезное применение;
- реализация;
- профилактика частичного уничтожения.

Организационно-методической, нормативно-технической и правовой основой являются стандарты и сертификация вторичных ресурсов.

Регламентируя прогрессивные нормы, правила и методы, а также этапы и содержание процессов, стандарты вносят ясность в работу исполнителей, четко разграничивая их права и обязанности, устанавливая формы материального и морального стимулирования.

Основные функции стандартов в области управления рациональным использованием вторичных техногенных ресурсов:

- упорядочение внутренних и внешних связей производственных систем для вовлечения в производство отходов, а также повышения эффективности их использования;
- нормирование требований к экономному, рациональному применению вторичного сырья и элементам производства, обеспечивающим выполнение этих требований;

- внедрение в производство достижений научно-технического прогресса и передового опыта (образцы вторичных ресурсов, технологии их полезного применения и улучшения потребительских свойств и т. д.)
- организация трудовых процессов на основе прогрессивной технологии и совершенствования производственных отношений;
- обеспечение контроля за рациональным использованием отходов на стадиях их жизненного цикла;
- управление рациональным использованием дополнительных источников снабжения.

Наибольшая доля строительных отходов в России образуется в виде бетонного и железобетонного лома от сноса панельных зданий первого поколения.

Необходимость переработки бетонного лома, например на щебень для производства нового бетона и железобетона, связана еще и с удорожанием и дефицитом природных заполнителей.

Бетонный лом, освобожденный от арматуры и раздробленный на дробильных установках, фактически является готовой песчано-щебеночной смесью для производства нового бетона. Однако фирмы, ведущие переработку бетонного и железобетонного лома на дробильно-сортировочных комплексах, столкнулись с проблемой сбыта своей продукции. Дело в том, что в процессе дробления образуется избыточное количество пылевидной фракции (менее 0,14 мм) от разрушения цементного камня. Готовый неотсортированный продукт содержит около 50% собственно щебня, около 35% мелкого песка и около 15% пылевидной фракции. Такая смесь по зерновому составу не удовлетворяет требованиям нормативных документов для применения ее в качестве заполнителя для бетона.

В МГСУ с целью проверки возможности применения несортированной смеси дробленого бетонного лома в качестве заполнителя для производства нового бетона была проведена научно-исследовательская работа по изучению влияния на основные свойства готового бетона соотношений между заполнителем и цементом (З/Ц) и цементом и водой (Ц/В) при заданной пластичности бетонной смеси.

Для проведения исследований применялся портландцемент ПЦ 400Д0. Отношение З/Ц изменялось в интервале 3,75–6,5; Ц/В – в интервале 0,94–1,47. Причем Ц/В определялось экспериментально, исходя из требования получения удобоукладываемой бетонной смеси. Практически в каждом замесе расходовалось столько воды, чтобы получить бетонную смесь с осадкой конуса ОК = 2–6 см на стандартном приборе. При такой постановке экспериментов фактические расходы цемента на 1 м<sup>3</sup> бетона не превышали 230–380 кг.

Отформованные образцы в течение недели хранились в нормальных условиях (НУ), затем вынимались из форм и помещались в воду на две недели (всего 28 сут). После этого образцы выдерживались в НУ до равновесной влажности и испытывались.

Средняя плотность образцов бетона после выдержки в воде составляла 2000–2100 кг/м<sup>3</sup>, а после выдержки в НУ 1840–1940 кг/м<sup>3</sup>. Наибольшая прочность при сжатии экспериментальных образцов 22,4 МПа, а наименьшая – 13,9 МПа.

Статистическую обработку результатов экспериментов и оптимизацию составов проводили по компьютерной программе MATLAB 6.5.0.18091.3a Release 13. В результате расчетов получено уравнение зависимости прочности бетона от цементно-водного отношения для указанных конкретных условий:

$$R = -1,26 + 16,1 \cdot Ц/В. \quad (1)$$

На рисунке приведена математическая модель [2], показывающая совместное влияние З/Ц и Ц/В на прочность бетона  $R$  (МПа).

Математическая модель выражена неполным квадратичным уравнением:

$$R = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2. \quad (2)$$

При кодированных значениях  $R = z$ ;  $Ц/В = x_1$  и  $З/Ц = x_2$  найдены коэффициенты  $b_0$ ;  $b_1$ ;  $b_2$ ;  $b_{12}$  и конкретное уравнение модели:

$$R = 25 - 2 \cdot З/Ц + 5 \cdot Ц/В - 0,5 \cdot Ц/В - З/Ц. \quad (3)$$

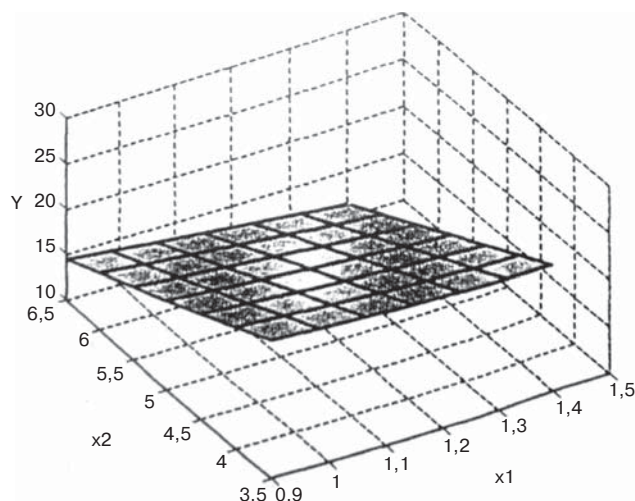
Полученный бетон относится к легким конструкционным бетонам. По технико-экономическим показателям он значительно превосходит легкий бетон на керамзите с мелким заполнителем из строительного песка, а по теплотехническим свойствам мало уступает ему. Так, если бетон на керамзите и строительном песке имеет среднюю плотность 1600–1800 кг/м<sup>3</sup>, теплопроводность 0,6–0,7 Вт/(м · °С), то бетон на дробленом бетонном ломе при средней плотности 1840–1940 кг/м<sup>3</sup> имеет теплопроводность 0,75–0,85 Вт/(м · °С). Если для бетона на керамзите задача получения прочности на сжатие 20 МПа сложна из-за недостаточной прочности самого керамзита, то получение прочности бетона 20 МПа на дробленом бетонном ломе не составляет проблем. Она может быть получена при  $Ц/В = 1,32$  по (1) и  $З/Ц = 4,36$  по (3). При этом расход цемента на 1 м<sup>3</sup> бетона определяется по формуле, выводимой из условия, что расходы цемента (Ц), заполнителя (З) и воды (В) на 1 м<sup>3</sup> бетона в сумме равны плотности свежееуложенной и уплотненной бетонной смеси  $Ц + З + В = \rho_{б.с.}$ .

Разделив левую и правую части этого уравнения на Ц, получаем:

$$Ц = \frac{\rho_{б.с.}}{1 + З/Ц + В/Ц}. \quad (4)$$

Например, если  $\rho_{б.с.} = 1900$  кг/м<sup>3</sup>, то при  $З/Ц = 4,36$  и  $В/Ц = 0,76$  расход на 1 м<sup>3</sup> бетона  $Ц = 1900 / (1 + 4,36 + 0,76) = 310,5$  кг. Соответственно расходы заполнителя и воды на 1 м<sup>3</sup>  $З = 310,5 \cdot 4,36 = 1354$  кг;  $В = 310,5 \cdot 0,76 = 236$  л.

Составы бетона, рассчитанные по формулам (1–4), в зависимости от требуемой прочности можно рекомендовать для производства блоков и бетонных камней для кладки наружных стен зданий вместо кирпича и керамзитобетонных изделий, а также при производстве плит для облицовки наружных стен зданий, выложенных из кирпича или блоков пенобетона (газобетона) вместо используемой недолговечной штукатурки из цементно-песчаного раствора. Можно ожидать хороших результатов от применения бетонной смеси заданного состава в производстве монолитных бетонных полов в подвальных помещениях, а также в производстве плит для мощения дорожек на садовых участках. Возможны и дру-



Влияние отношений З/Ц и Ц/В на прочность бетона:  $x_1$  – Ц/В;  $x_2$  – З/Ц;  $Y$  – прочность бетона при сжатии, МПа

гие сферы применения бетона на заполнителях из дробленого бетонного лома с преимущественным содержанием в нем того или иного крупного заполнителя – известнякового щебня, гравийного щебня или щебня из гранита и других изверженных пород по мере изучения деформативных свойств нового бетона и его стойкости к воздействию агрессивных условий.

В исследованиях применялся дробленый несортированный заполнитель с преимущественным содержанием в нем известнякового щебня следующего зернового состава, мас. %: фр. 10–20 мм – 16; фр. 7–10 мм – 10; фр. 5–7 мм – 9; фр. 2,5–5 мм – 11; фр. 1–2,5 мм – 22; фр. 0,63–1 мм – 2; фр. 0,14–0,63 мм – 15; фр. менее 0,14 мм – 15.

В целях эффективной утилизации продукта дробления путем его вторичного использования были разработаны технологические параметры изготовления фасадной цокольной бетонной плитки 360×270×230 мм, с применением в качестве мелкого и крупного заполнителя несортированного продукта дробления.

По ГОСТ 6927–74 «Плиты бетонные фасадные. Технические требования» класс бетона плит по прочности должен быть не менее: для тяжелого бетона – В35; для мелкозернистого бетона – В30; для легкого бетона – В25.

Основным содержанием работы является получение облегченного бетона средней плотностью 1800–2000 кг/м<sup>3</sup> (без отделочного слоя) с оптимальной структурой и сравнительно малым водопоглощением (до 5%).

Фракционный состав несортированного продукта дробления насыщенной плотностью 2050 кг/м<sup>3</sup>, мас. %: >10 мм – 14,8; 7–10 мм – 9,12; 5–7 мм – 8,78; 2,5–5 мм – 10; 1–2,5 мм – 20,97; 0,63–1 мм – 2,63; менее 0,63 мм – 27,8.

Для получения оптимального состава бетона были проведены исследования с различным соотношением между вяжущим (Ц) и заполнителем (З) при заданной пластичности бетонной смеси, характеризуемой осадкой конуса 2–6 см. Отношение З/Ц изменялось в интервале 3,75–6,5, а В/Ц – в интервале 0,47–0,95.

Для получения более плотной структуры бетона в смесь добавляли суперпластификатор С-3 в количестве 0,5% от массы цемента, применяли различную продолжительность вибрирования уложенной смеси, удаляли выступавшую на поверхности бетона воду водопоглощающей тканью. Уплотнение осуществляли на стандартном лабораторном оборудовании.

В результате получен облегченный бетон средней плотностью 1850–1950 кг/м<sup>3</sup> по вибротехнологии с фи-

Вид отделки	В/Т	Соотношение цемента и отсева дробления песка фр. <0,63, %	Средняя плотность в сухом состоянии, кг/м <sup>3</sup>	Прочность на сжатие, МПа / класс по прочности на сжатие	Теплопроводность в сухом состоянии, Вт/(м·С)	Водопоглощение по массе через 10 ч, %
Лицом вверх	0,5	80:20	746	4,5/В3,5	0,17	36,5
Без отделочного слоя	0,48	80:20	1100	7,17/В5	0,29	25,2
Лицом вниз	0,48	80:20	1054	5,5/В5	0,27	24,9
Лицом вверх	0,48	70:30	1267	6,56/В5	0,36	24,7

зико-механическими показателями, удовлетворяющими требованиям ГОСТ 6927–74. Также были изготовлены образцы плитки из бетона с отделкой поверхности лицом вниз.

Бетонные отходы бывают разных видов: на гранитном щебне, на известняковом щебне и на гравии. Большое количество отходов поступает на известняковом щебне.

Отходы в виде лома бетонных и железобетонных конструкций перерабатываются на дробильно-сортировочных комплексах. Продукты переработки сортируются и представляют собой щебень и песок. Щебень используется для дорожно-строительных нужд, песок — для засыпки отвалов фундаментов и в качестве подсыпки для временных дорог.

В целях эффективного использования продуктов дробления лома бетонных и железобетонных конструкций разработана технология изготовления тротуарной плитки, где предусмотрено использование продукта дробления бетонных конструкций фр. 0,63–2,5 мм. Полученные образцы плитки имели прочность при сжатии 28–34 МПа и водопоглощение 4–6%.

В целях утилизации мелкой и пылевидной фракций продуктов дробления бетонных отходов путем вторичного использования в строительстве разработана технология неавтоклавного газобетона. Для этого крупные куски отхода дробления размалывались на щековой дробилке. Затем производился рассев продукта через набор сит с соответствующим размером. Материал, прошедший через сито 0,63, использовали в качестве мелкого заполнителя в газобетоне. Более крупные фракции использовали в качестве декоративной посыпки.

В качестве исходных материалов для получения газобетона средней плотностью 700–800 кг/м<sup>3</sup> (без отделочного слоя) с оптимальной ячеистой структурой использовали: ПЦ 500ДО; песок из отходов дробления железобетонных конструкций (фр. <0,63); песок фр. 0,63–2,5 мм; алюминиевую пудру ПАП-3.

Известно, что физико-механические показатели газобетона во многом определяются прочностью раствора межпорового пространства. Для получения оптимального состава газобетона с рациональной ячеистой структурой были проведены исследования с соотношением между вяжущим и заполнителем 80:20%; 70:30 при постоянном значении В/Т отношения. Для получения максимальной пористости изменяли расход алюминиевой пудры.

Образцы изготавливали на стандартном лабораторном оборудовании с отделкой поверхности газобетона лицом вверх и лицом вниз. Наилучшей оказалась технология с отделкой поверхности лицом вверх, так как она проще и не требует срезки горбушки. В результате получен неавтоклавный газобетон по литьевой технологии, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 25485–89 «Бетоны ячеистые. Технические условия». Свойства неавтоклавного газобетона приведены в таблице.

До настоящего времени предприятия в основном ориентировались на сертификацию продукции. Но теперь этого недостаточно, так как потребитель хочет получать продукцию высокого качества, а не единичный экземпляр, который был предъявлен при сертификации этой продукции. Поэтому потребитель требует сертификат на

систему менеджмента качества. Для повышения спроса на газобетон с применением отхода дробления необходима разработка, внедрение и сертификация системы менеджмента качества на предприятии по выпуску газобетона.

Для этого разрабатывается система управления, перечень бизнес-процессов и документированных процедур системы менеджмента качества предприятия в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001–2001 «Системы менеджмента качества. Требования».

**Ключевые слова:** вторичные ресурсы, бетонный и железобетонный лом, несортированный заполнитель.

Список литературы

1. Кикава О.Ш., Соломин И.А. Переработка строительных отходов. М.: Сигнал, 2000. 84 с.
2. Ефименко А.З, Шумков А.И. Облегченный бетон на заполнителе из дробленого бетонного лома сносимых зданий и сооружений // Технологии бетонов. 2006. № 2. С. 10–13.

Л.В. МАКАРОВА, Р.В. ТАРАСОВ, О.В. КОРОЛЕВА, Ю.В. ГРАЧЕВА, кандидаты техн. наук, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

## Выбор перспективных методов оптимизации свойств строительных материалов на основе критериального анализа\*

В настоящее время возможности ученых-материаловедов по использованию нанотехнологий при разработке строительных материалов нового поколения и модифицированию традиционных композитов весьма ограничены. Кроме того, строительная отрасль со всей инфраструктурой может обеспечить производство строительных материалов только по «объемной» технологии.

Известно [1], что при создании материалов с разнообразными свойствами наноразмерные особенности структуры не всегда являются определяющим фактором. В большинстве материалов, особенно объемных, различные уровни структуры от нанометровых до миллиметровых тесно взаимосвязаны. В некоторых случаях определяющими являются фрагменты не нано-, а микрометровых размеров, и поэтому в общем следует стремиться к созданию материалов с оптимальным размером фрагментов структуры, определяющим функциональные или конструктивные свойства.

Указанный подход традиционно развивается в строительном материаловедении. Разработаны различные способы управления структурообразованием композиционных материалов на молекулярном уровне, которые возможно рассматривать как наномодифицирование структуры строительных материалов с целью ее оптимизации (табл. 1).

Можно выделить три направления в технологии наномодифицирования.

**1. Изменение структуры воды**, которая является равнозначным компонентом строительных материалов гидратного твердения. При этом достигается изменение скорости гидратации, морфологии новообразования и плотности структуры.

**2. Изменение кристаллической и надмолекулярных структур.** Это направление является общим для всех строительных композиционных материалов как гидратного твердения, так и композитов на полимерных связующих.

**3. Модифицирование кристаллической структуры** не является частным случаем второго направления, а нацелено на разработку методов управления процессом перекристаллизации новообразований, т. е. во время или после гидратации вяжущего.

По способу достижения результата приведенные методы могут быть разделены на физический, химический и физико-химический. Такие методы активации воды как добавление водорастворимых солей или органических соединений хорошо известны, и их эффективность постоянно повышается с разработкой новых соединений или с созданием комплексных модификаторов. Механическая, магнитная или электромагнитная активация также ранее применялась, однако сильная зависимость

от случайной совокупности трудно контролируемых факторов не позволяет широко применять указанные физические методы. Методом, который не применялся в строительном материаловедении, является физико-химический способ активации воды, а именно магнитная обработка растворов электролитов или коллоидных растворов нанокремниевых структур с целью увеличения эффективности магнитной активации воды [2–5].

Во втором направлении также можно выделить физический и физико-химический способы управления кристаллическими и надмолекулярными структурами. Широко известным методом является введение химически инертных и активных ультрадисперсных наполнителей, а также органических соединений [6–13]. Активно развиваются в настоящее время способы, основанные на добавлении нанокремниевых и железосодержащих модификаторов [14–22]. Целесообразно отметить работы А.Н. Пономарева [23, 24], Ю.В. Пухаренко [25] и других исследователей, показывающие эффективность введения нанокремниевых наносистем, а также работы В.Н. Вернигоровой [26], В.Я. Соловьевой [27] и др. по применению железосодержащих солей в материалах гидратного твердения (Соловьева В.Я. исследовала железосодержащие золи, а Вернигорова В.Н. – водорастворимые соли железа).

Самостоятельным направлением являются способы, приводящие к синтезу наноструктур в объеме материала. Оно развивается в работах П.Г. Комохова (золь-гель-технология), В.С. Лесовика, В.В. Строковой и др. [28–32].

Однако при прогнозировании поведения нанокремниевых структур и наносистем, синтезированных в материале, с позиций термодинамики нанокремниевые модификаторы являются устойчивыми образованиями, сохраняющими молекулярную структуру продолжительный период при воздействии внешних факторов, а синтезированные наносистемы с высокой вероятностью будут подвержены атомарной или молекулярной перестройке. Поэтому в данном случае синтез наносистем в материале целесообразно проводить в присутствии соединений, адсорбирующихся на наночастицах и предотвращающих их перекристаллизацию.

Перспективным способом управления кристаллической и надмолекулярными структурами является введение железосодержащих или других ферромагнитных наполнителей и обработка материала магнитным полем [33].

Анализ представленных способов технологии наномодифицирования показывает, что основной трудностью является однородность распределения наномодификаторов по объему изделия, особенно при ультрамалых концентрациях. Решить указанную проблему возможно увеличением количества наномодификато-

\*Работа выполнялась в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. по госконтракту с Федеральным агентством по образованию РФ № П1456.

Таблица 1

Достижимый результат	Способ достижения	Показатель, характеризующий эффект	Проблемы
Молекулярное изменение структуры воды			
Управление скоростью гидратации вяжущего, морфологией новообразований, плотностью структуры и свойствами композитов гидратного твердения	Химический: – введение водорастворимых солей; – добавление органических соединений	Структурная температура раствора	Свойства раствора зависят от свойств фонового растворителя (воды)
	Физический: – механическая активация (приложение переменного давления); – магнитная обработка (постоянным или переменным магнитным полем); – электромагнитная активация (насыщение воды ионами металла)	Не разработаны (имеются отдельные методики вычисления некоторых показателей)	Кинетическая нестабильность свойств воды; статистическая неоднородность свойств композита
	Физико-химический: – введение нанокремниевых структур (нанотрубок, аэрогелей, фуллеренов, в том числе водорастворимых); – магнитная обработка растворов электролитов или коллоидных растворов нанокремниевых структур	Не разработаны	Трудности при приготовлении коллоидного раствора (несмачивание, плохое диспергирование) Не известно
Модифицирование кристаллической и надмолекулярной структур			
Управление кристаллической и надмолекулярной структурой	Физический: – добавление ультрадисперсных химически инертных наполнителей, нанокремниевых и других наномодификаторов (центры кристаллизации);  – введение железосодержащих или других ферромагнитных наполнителей и обработка магнитным полем;	Размер кристаллов; размер блоков мозаики кристаллитной структуры; плотность дислокаций; текстура кристаллического тела	Однородность распределения ультрадисперсных наполнителей
	– структурообразование в магнитном поле (явление магнитострикции)	Не разработано	Продолжительность воздействия магнитного поля; энергозатраты
	Физико-химический: – введение полимерных соединений (образование структурной сетки полимеров);	Структурно-реологические свойства	Однородность распределения полимера и химически активных ультрадисперсных наполнителей
	– добавление химически активных наполнителей (образование сольватных слоев, центры кристаллизации, армирующие элементы)	Морфология и размер кристаллов, минералогический состав новообразований	
Модифицирование кристаллической структуры			
Управление процессом перекристаллизации новообразований	Физико-химический: – введение полимерных соединений, адсорбирующихся на ультрамалых продуктах кристаллизации и полимеризующихся в поровом растворе	Размер блоков мозаики кристаллитной структуры; плотность дислокаций	Однородность распределения полимера; долговечность материала

ров. При этом возникают трудности аппаратного обеспечения технологического процесса.

Необходимость увеличения количества наномодификаторов позволяет также сделать предположение относительно объектов технологии наномодифицирования. Это должны быть строительные материалы с высоким содержанием вяжущих веществ и тонкоизмельченных заполнителей. Этому требованию соответствуют мелкозернистые и порошковые бетоны.

Для определения рационального направления модифицирования строительных композитов общестроительного и специального назначения целесообразно использовать критериальный подход. Предлагается выделить следующие частные критерии (табл. 2): стабильности свойств; термодинамической стабильности модификатора; формирования термодинамически стабильных структур строительных материалов; техно-

логического обеспечения технологии модифицирования; развития технологий. Для решения неопределенности цели при формулировании обобщенного критерия выбора воспользуемся методом линейной свертки [34]. Тогда обобщенный критерий выбора направления модифицирования примет вид:

$$k_{ef} = \sqrt[3]{k_c \cdot k_{cc} \cdot k_{ct} \cdot k_{to} \cdot k_p}.$$

Значение частных и обобщенного критериев определяли с применением экспертного метода. Анализ полученных результатов, сведенных в табл. 3, показывает, что для модифицирования структуры и управления свойствами строительных композитов общестроительного и специального назначения перспективно применять:

– добавление ультрадисперсных химически инертных наполнителей, нанокремниевых и других наномодификаторов;

Таблица 2

Наименование критерия	Обозначение	Пояснения
Критерий стабильности свойств	$k_c$	$k_c = 0,5$ – если метод дает существенный статистический разброс данных
		$k_c = 1$ – если метод дает статистически однородный результат
Критерий термодинамической стабильности модификатора	$k_{cc}$	$k_{cc} = 0,5$ – термодинамически нестабильные системы и структуры;
		$k_{cc} = 1$ – для термодинамически стабильных систем и структур
Критерий формирования термодинамически стабильных структур строительных материалов	$k_{ct}$	$k_{ct} = 0,5$ – при формировании термодинамически нестабильных структур;
		$k_{ct} = 1$ – при формировании устойчивых структур
Критерий технологического обеспечения технологии модифицирования	$k_{то}$	$k_{то} = 1$ – технология реализуется на традиционном оборудовании;
		$k_{то} = 0,75$ – технология реализуется при использовании малого количества дополнительного оборудования;
		$k_{то} = 0,5$ – технология имеет существенные сложности при использовании
Критерий развития технологий	$k_p$	$k_p = 0,5$ – технология не имеет развития;
		$k_p = 1$ – технология имеет потенциал для развития

– структурообразование в магнитном поле;  
 – введение полимерных соединений для образования структурной сетки полимеров;  
 – введение полимерных соединений, адсорбирующихся на ультрамалых продуктах кристаллизации и полимеризующихся в поровом растворе.

**Ключевые слова:** наномодифицирование, структурообразование, строительные композиты, критериальный подход.

**Список литературы**

- Третьяков Ю.Д. Проблемы развития нанотехнологий в России и за рубежом // Вестник РАН. 2007. Т. 77. № 1. С. 3–10.
- Дугуев С.В., Иванов В.Б. Тонкое и сверхтонкое измельчение твердых материалов – путь к нанотехнологиям // Строит. материалы. 2007. № 11. С. 29–31.
- Королев Е.В., Баженов Ю.М., Береговой В.А. Модифицирование строительных материалов наноглеродными трубками и фуллеренами // Строит. материалы. 2006. № 8. С. 2–4.
- Ермолаев Ю.М., Родионов Б.Н., Родионов Р.Б., Стехин А.А., Чистов Ю.Д. Повышение прочности пенобетона при использовании структурированной воды // Технологии бетонов. 2006. № 2. С. 54–55.
- Сабирзянов Д.Р., Родионов Б.Н., Игнатов В.И. и др. Применение наноструктурированной воды для повышения прочности нанобетона // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2008. № 6. С. 75–77.
- Петрунин В.Ф. Тенденции развития научно-технического направления «Ультрадисперсные (нано-) материалы и нанотехнологии» // Физикохимия ультрадисперсных (нано-) систем: Материалы VI Всерос. конф. Томск: М.: МИФИ, 2002. С. 19–23.
- Фостер Л. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности. М.: Техносфера, 2008. 352 с.
- Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований / Под ред. М.К. Рокко, Р.С. Уильямса, П. Аливисатоса / Пер. с англ. М.: Мир, 2002. 292 с.

- Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы: получение, структура и свойства. М.: ИКЦ Академкнига, 2007. 398 с.
- Pitt M. Наноконструирование в науке и технике. Введение в мир нанорасчета. Москва–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2005. 160 с.
- Гаврилин О.С. и др. Технологический процесс получения металлических нанопорошков химико-металлургическим методом // Международный форум по нанотехнологиям Rusnanotech: Сб. тезисов докладов научно-технологических секций. 2008. Т. 1. С. 345–347.
- Ладьянов В.И. и др. Создание новых металлических и композиционных материалов // Международный форум по нанотехнологиям «Rusnanotech»: Сб. тезисов докладов участников Второго международного конкурса научных работ молодых ученых в области нанотехнологий. 2009. С. 379–380.
- Rittner M.N. Marker Analysis of Nanostructured Materials: New Data. Proc. 4 conf. «Fine, Ultrafine and Nano Particles 2004», Chicago, USA.
- Свиридов А.А., Габерлинг А.В. Углеродные волокна как наноструктурированные материалы // Международный форум по нанотехнологиям Rusnanotech: Сб. тезисов докладов участников Второго международного конкурса научных работ молодых ученых в области нанотехнологий. 2009. С. 285–286.
- Каблов Е.Н., Гращенков Д.В., Гуляев Г.М. Современные разработки в области нанокompозитов // Международный форум по нанотехнологиям Rusnanotech: Сб. тезисов докладов участников Второго международного конкурса научных работ молодых ученых в области нанотехнологий. 2009. С. 282–?.
- Окотруб А.В. и др. Синтез и функционализация углеродных нанотрубок, применение в электрохимии и полевой эмиссии // Международный форум по нанотехнологиям Rusnanotech: Сб. тезисов докладов научно-технологических секций. 2008. Т.1. С. 101–102.
- Бузник В.М., Фомин В.М., Алхимов А.П. и др. Металлополимерные нанокompозиты (получение, свойства, применение). Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. 216 с.



Таблица 3

Наименование метода		Значения частных критериев					Значение обобщенного критерия
		$k_c$	$k_{cc}$	$k_{ct}$	$k_{to}$	$k_p$	
Молекулярное изменение структуры воды							
Химический	Введение водорастворимых солей	1	1	1	1	0,5	0,87
	Добавление органических соединений	1	1	1	0,75	0,5	0,82
Физический	Механическая активация (приложение переменного давления)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Магнитная обработка (постоянным или переменным магнитным полем)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Электромагнитная активация (насыщение воды ионами металла)	0,5	0,5	1	0,75	0,5	0,62
Физико-химический	Введение нанокремниевых структур (нанотрубок, астролонов, фуллеренов, в том числе водорастворимых)	1	1	1	0,5	1	0,87
	Магнитная обработка растворов электролитов или коллоидных растворов нанокремниевых структур	1	1	0,5	0,75	1	0,82
Модифицирование кристаллической и надмолекулярной структур							
Физический	Добавление ультрадисперсных химически инертных наполнителей, нанокремниевых и других наномодификаторов (центры кристаллизации, концентраторы напряжений)	1	1	1	0,75	1	0,94
Физический	Структурообразование в магнитном поле (явление магнито-стрикции)	1	1	1	0,75	1	0,94
Физико-химический	Введение полимерных соединений (образование структурной сетки полимеров)	1	1	1	0,75	1	0,94
	Добавление химически активных наполнителей (образование сольватных слоев, центры кристаллизации, армирующие элементы)	1	1	1	0,75	0,5	0,82
Модифицирование кристаллической структуры							
Физико-химический	Введение полимерных соединений, адсорбирующихся на ультрамалых продуктах кристаллизации и полимеризующихся в порошковом растворе	1	1	1	0,75	1	0,94

18. Охлопкова А.А., Виноградов А.В., Пинчук Л.С. Пластики, наполненные ультрадисперсными неорганическими соединениями. Гомель: Изд-во ИММС НАНБ, 1999. 164 с.
19. Елецкий А.Н. Эндоэдральные структуры // Успехи физических наук. 2000. Т. 170. № 2. С. 113–142.
20. Трамбовецкий В.П. Нанотехнологии и строительство // Технологии бетонов. 2008. № 4. С. 62–64.
21. Липанов А.М., Тринеева В.В., Кодолов В.И., Яковлев Г.И. и др. Получение углеродных металлосодержащих наноструктур для модификации строительных материалов // Альтернативная энергетика и экология. 2008. № 8. С. 82–85.
22. Смоликов А.А. Бетон, армированный нановолокнами // Бетон и железобетон. 2009. № 4. С. 8–9.
23. Пономарев А.Н. Техничко-экономические аспекты и результаты практической модификации конструкционных материалов микродобавками нанодисперсных фуллероидных модификаторов // Вопросы материаловедения. 2003. № 3(35). С. 49–57.
24. Пономарев А.Н. Нанобетон: концепция и проблемы // Строит. материалы. 2007. № 6. С. 69–71.
25. Пухаренко Ю.В., Никитин В.А., Летенко Д.Р. Наноструктурирование воды затворения как способ повышения эффективности пластификаторов бетонных смесей // Строит. материалы. 2006. № 9. С. 12–13.
26. Соколова Ю.А., Вернигорова В.Н., Королев Е.В. Влияние модифицирования порошкообразных наноразмерных гидросиликатов кальция на распределение наночастиц в цементном камне // Интеграл. 2009. № 6(50). С.22–23.
27. Комахов П.Г., Сватовская Л.Б., Соловьева В.Я., Сычева А.М. Высокопрочный бетон на основе элементов нанотехнологии по методу золь-гель // Достижения, проблемы и перспективы направления развития теории и практики строительного материаловедения. X Академические чтения РААСН, 2006. С. 8–9.
28. Волошин Е.А., Королев А.С., Хакимова Э.Ш. Цементный бетон с нанодобавками синтетических цеолитов // Технологии бетонов. 2009. № 1. С. 12–14.
29. Чернышов Е.М., Коротких Д.Н. Модифицирование структуры цементного камня микро- и наноразмерными частицами кремнезема (вопросы теории и приложений) // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2008. № 5. С. 30–32.
30. Лесовик В.С. Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса горных пород. М.: АСВ, 2006. 526 с.
31. Строчкова В.В., Шамиуров А.В. Влияние типоморфизма минерального сырья на синтез строительных материалов. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2008. 211 с.
32. Баженов Ю.М., Королев Е.В. Нанотехнологии и наномодифицирование в строительном материаловедении. Зарубежный и отечественный опыт // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2007. № 2. С. 16–19.
33. Мусеев Н.Н. Математические задачи системного анализа М.: Наука, 1981. 488 с.

В.И. МЕЛЕХОВ, д-р техн. наук, В.Е. БЫЗОВ, канд. техн. наук,  
Северный (Арктический) федеральный университет (Архангельск)

## Влияние сердцевинных включений на прочностные характеристики конструкционных пиломатериалов

В строительстве возрастает потребность в высококачественных конструкционных пиломатериалах. Традиционно применяют конструкционные пиломатериалы в основном больших сечений, вырабатываемые в соответствии со спецификацией из первосортного пиловочного сырья хвойных пород диаметром более 22 см, ресурсы которого в настоящее время значительно сократились и ограничены, что объясняется рядом причин: существенно сократились лесозаготовки, истощена транспортно-доступная лесосырьевая база крупномерных сортиментов и др.

В то же время пиловочные сортименты меньшего диаметра (14–20 см), из которых вырабатывается основная масса конструкционных пиломатериалов небольших сечений, составляют значительную часть в общем объеме лесозаготовок. Сортименты диаметром 14–20 см в основном получают из вершинной части ствола дерева. Потенциальный ресурс пиломатериалов с сердцевиной, вырабатываемых из круглых сортиментов вершинной части ствола, составляет 46–48%. Эти сортименты не применяют для выработки конструкционных пиломатериалов больших сечений, так как в них обязательно присутствует сердцевина. Однако из тонкомерного пиловочного сырья можно вырабатывать пиломатериалы больших сечений, сравнимые с наиболее востребованными. Наиболее эффективно с точки зрения выхода конструкционного пиломатериала вырабатывать из пиловочных сортиментов малого диаметра центральный брус, в котором присутствует сердцевина, не допускаемая в традиционных конструкционных пиломатериалах. Далее такие брусья будем называть сердцевинными.

Основным потребительским свойством, однозначно определяющим возможность использования пиломатериалов в несущих строительных конструкциях, является прочность. Традиционной схемой получения конструкционных пиломатериалов является раскрой круглых сортиментов с вырезкой сердцевинной части сортимен-

та. Причиной ограничения присутствия в конструкционных пиломатериалах центральной части сортимента, содержащей сердцевину, является то, что вблизи сердцевины находится слабая в прочностном отношении древесина, где высока вероятность появления трещин, усушки и гнилей [1]. Это вызвано тем, что в процессе роста молодого дерева его ствол в основном состоит из сердцевины – небольшой «трубки», которая расположена непосредственно в зоне оси ствола. В самом начале жизни дерева сердцевина имеет высокую влажность и небольшую прочность. Сердцевина расположена по всей длине ствола дерева до самой вершины. Так как сердцевина формируется в первые годы жизни дерева, она состоит из рыхлых тканей, образованных клетками с тонкими стенками, имеющими слабую связь друг с другом. Поэтому пиломатериалы с сердцевиной не допускаются к применению в несущих строительных конструкциях существующей нормативно-технической документацией. Чтобы избежать присутствия сердцевины, технологическим процессом производства конструкционных пиломатериалов предусмотрена их выработка с боковым смещением от оси постава.

Диаметр сердцевины у хвойных пород составляет 2–4 см. Прочность сердцевины в 2–3 раза меньше прочности окружающей древесины. Однако у круглых сортиментов малого диаметра, как правило, получаемых из вершинной части стволов деревьев, влияние сердцевины проявляется незначительно. Кроме того, следует отметить, что сердцевина формируется в виде стержня круглого сечения, который как бы армирует конструкционные пиломатериалы, получаемые из круглых сортиментов малого диаметра (рис. 1).

Требования к пиломатериалам для изготовления несущих строительных конструкций регламентируются СНиП II-25–80 «Деревянные конструкции». Прочность пиломатериалов для основных видов напряженного состояния должна быть не ниже нормативных сопротивлений, указанных в СНиПе. Так как основным материалом для изготовления элементов несущих конструкций является древесина хвойных пород, качество пиломатериалов должно соответствовать требованиям, предъявляемым к пиломатериалам 1-го, 2-го и 3-го сортов по ГОСТ 8486–86 «Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия». Показателем прочности, который определяет остальные нормативы, традиционно считается прочность при напряженно-деформированном состоянии изгиба нагружением кромки. СНиП II-25–80 устанавливает градацию нормативов прочности для 1-го, 2-го и 3-го сортов по ГОСТ 8486–86. Пиломатериалы относятся к тому либо другому сорту в зависимости от наличия и размеров присутствующих в них сортообразующих пороков.

Однако существуют противоречия между прочностными характеристиками и показателями качества пиломатериалов, не оцениваемыми количественно. Оценкой качественных и прочностных характеристик пиломатериалов занимались многие отечественные исследователи. Так, в работах [2] и [3] показано, что часть пилома-

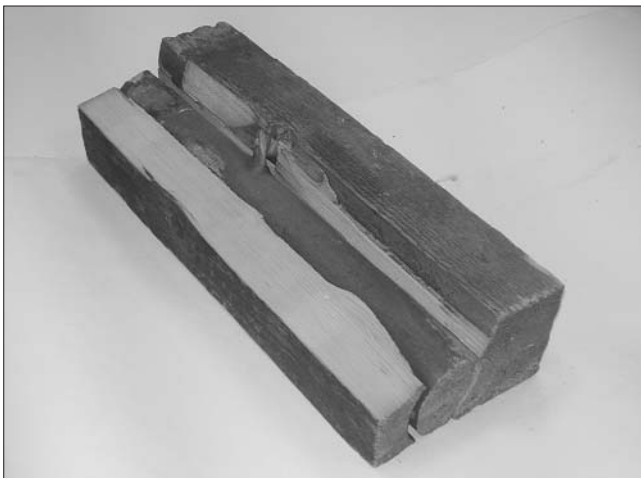


Рис. 1. Расположение сердцевины в конструкционных пиломатериалах

териалов, используемых для изготовления элементов несущих конструкций, имеет прочностные характеристики значительно выше расчетных значений. В то же время часть пиломатериалов, обладающих требуемой прочностью, не допускается нормативной базой к использованию для изготовления деревянных несущих строительных конструкций.

Для снятия этого противоречия нами проведены исследования возможности применения пиловочных сортиментов малых диаметров из вершинной части ствола дерева для выработки конструктивных пиломатериалов. Для оценки прочностных характеристик пиломатериалов, в которых отсутствует сердцевина и в которых она присутствует, рассмотрены нормальные напряжения, возникающие при напряженно-деформированном состоянии изгиба нагружением на кромку. Для проведения расчетов принято, что ось симметрии поперечного сечения сердцевины совпадает с осью симметрии пиломатериалов, так как сердцевина находится в зоне нейтральной оси.

Максимальные значения нормальных напряжений в поперечном сечении балки при изгибе определяются по формуле:

$$\sigma_{max} = \frac{M_x^{max}}{J_x} \cdot y^{max},$$

где  $M_x^{max}$  — наибольший по абсолютной величине изгибающий момент, Н·м;  $J_x$  — момент инерции поперечного сечения относительно нейтральной оси, см<sup>4</sup>;  $y^{max}$  — расстояние от нейтральной оси до наиболее удаленных точек поперечного сечения, см.

Для упрощения расчета примем, что материал, подвергающийся напряжениям, обладает одинаковым сопротивлением растяжению и сжатию.

Прочностные характеристики сердцевины в 2–3 раза ниже, чем у окружающей ее древесины пиломатериалов. Поэтому при расчетах примем схему, где изгибаемый элемент состоит из разнородных материалов. Поперечное сечение сортимента имеет сердцевинную часть и внешнюю часть поперечного сечения (рис. 2). При вычислении геометрических характеристик рассмотрено приведенное сечение. Коэффициент приведения равен отношению модулей продольной упругости материалов, составляющих поперечное сечение. Так как прочностные характеристики сердцевины в три раза ниже прочностных характеристик древесины внешней части поперечного сечения, отношение модулей упругости было принято равным 3:

$$n = \frac{E_{вн}}{E_c} = 3,$$

где  $E_{вн}$  — модуль продольной упругости древесины внешней части поперечного сечения, ГПа;  $E_c$  — модуль продольной упругости сердцевинной части поперечного сечения, ГПа.

Координата центра тяжести приведенного сечения относительно главной центральной оси совпадает с координатами центров тяжести сердцевинной и внешней части поперечного сечения.

Момент инерции приведенного сечения относительно главной центральной оси  $X$ :

$$J_{xпр} = J_{xc} + n \cdot J_{xвн},$$

где  $J_{xc}$  — момент инерции сердцевинной части, см<sup>4</sup>;  $J_{xвн}$  — момент инерции внешней части, см<sup>4</sup>.

Напряжения в сердцевинной части поперечного сечения равны:

$$\sigma_c = \frac{M_x}{J_{xпр}} \cdot y,$$

где  $J_{xпр}$  — момент инерции приведенного сечения, см<sup>4</sup>.

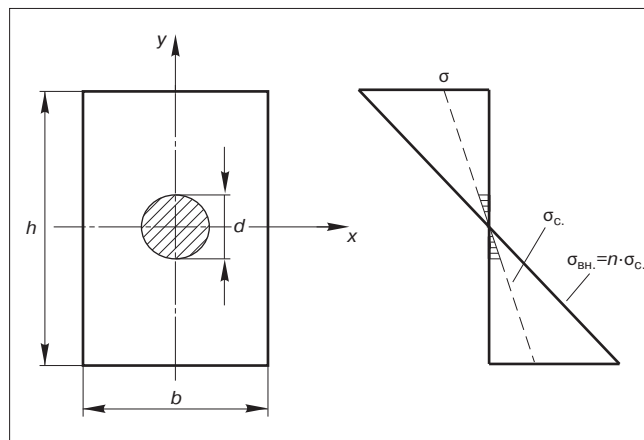


Рис. 2. Нормальные напряжения в поперечном сечении пиломатериалов с сердцевиной:  $b$  — толщина пиломатериалов, см;  $h$  — ширина пиломатериалов, см;  $d$  — диаметр сердцевины, см;  $\sigma_c$  — нормальные напряжения в сердцевинной части поперечного сечения, МПа;  $\sigma_{вн}$  — нормальные напряжения во внешней части поперечного сечения, МПа

Для внешней части поперечного сечения нормальные напряжения равны  $\sigma_{вн} = n \cdot \sigma_c$ .

Максимальные напряжения при изгибе нагружением кромки возникают в точках поперечного сечения наиболее удаленных от нейтральной оси. Для пиломатериалов 2-го сорта по ГОСТ 8486–86 нормативные сопротивления при изгибе нагружением кромки установлены равными 24 МПа. Размеры поперечного сечения сердцевинного бруса приняты 100×150 мм. Нормальные напряжения, возникающие в сердцевинной части сечения, составляют 1/3 напряжений во внешней части поперечного сечения. Расстояние от нейтральной оси до границы сердцевины составляет не более 2 см. Нормальные напряжения на расстоянии 2 см от нейтральной оси составляют 2/7,5, или 1/3,25 максимального значения для всего поперечного сечения. Таким образом, нормальные напряжения в сердцевине не превышают 0,1 значения нормативного сопротивления при изгибе нагружением кромки.

Это означает, что напряжения в сердцевине незначительны и не превышают прочности цельной древесины. Следовательно, прочностные характеристики конструктивных пиломатериалов с сердцевиной, полученных из круглых сортиментов малого диаметра, сопоставимы с требованиями, предъявляемыми к пиломатериалам для изготовления несущих строительных конструкций.

Таким образом, установлено, что прочностные характеристики конструктивных пиломатериалов с сердцевиной, получаемых из круглых сортиментов малого диаметра, адекватны прочностным характеристикам пиломатериалов без сердцевины, получаемым по рекомендуемым технологиям.

Применение конструктивных пиломатериалов с сердцевинными включениями расширяет ресурсы высококачественных пиломатериалов для строительства.

**Ключевые слова:** конструктивные пиломатериалы; сердцевинные брусья; прочностные характеристики.

#### Список литературы

1. Боровиков А.М., Уголев Б.Н. Справочник по древесине. М.: Лесн. пром-сть, 1989. 293 с.
2. Савков Е.И. Прочность пиломатериалов. М.: Гослесбумиздат, 1962. 88 с.
3. Боровиков А.М. Качество пиломатериалов. М.: Лесн. пром-сть, 1990. 254 с.

А.И. ТРАУТВАИН, инженер (trautvain@bk.ru); В.В. ЯДЫКИНА, д-р техн. наук;  
А.М. ГРИДЧИН, д-р техн. наук, ГОУ ВПО Белгородский государственный  
технологический университет им. В.Г. Шухова

## Повышение реакционной способности наполнителей в результате помола

На сегодняшний день важнейшей задачей является использование местных минеральных материалов в качестве заполнителей и наполнителей для производства цемента- и асфальтобетона. Однако имеющееся сырье зачастую не отвечает нормативным требованиям, что вынуждает использовать различные технологии его обработки, которые могли бы улучшить качество готовой продукции.

Одним из путей реализации этой задачи является придание материалу необходимой структурной нестациональности или активности [1]. Это возможно через управление процессами переработки сырья, например в результате термической, механической или химической активации.

Большинство строительных композитов получают с использованием различных каменных материалов путем их измельчения. Это сложный процесс, на который оказывают влияние многие факторы, и его результатом является не только диспергирование, но и существенное изменение физико-химических свойств порошков, что, в свою очередь, приводит к изменению характеристик получаемых материалов с использованием активированных механическим способом порошков. В работах [2–3] приведены результаты повышения качества бетонов добавлением механоактивированных порошков.

Важнейшим и определяющим фактором, влияющим на физико-механические, физико-химические, технологические и эксплуатационные свойства композитов, является их структура. Структура асфальто- и цементобетона определяется количественным соотношением, взаимным расположением составляющих компонентов и характером связи между ними. При этом взаимодействие вяжущего и минеральных компонентов в асфальтобетонной смеси является основополагающим фактором структурообразования [4].

Так как наполнитель для асфальто- и цементобетона обычно получают путем помола и только небольшой процент сырья может применяться в исходном состоянии, значительный интерес для изучения представляет изменение активности материала в зависимости от величины его удельной поверхности и сохранения реакционной способности после помола в течение времени.

Между тем в производственных условиях и в научных исследованиях в качестве единственного критерия степени измельчения чаще всего принимают дисперсность. Роль структурных изменений при помоле не получила должного отражения. Уместно заметить также, что молекулярно-плотное агрегирование наряду с деструкцией решетки делает невозможным установление однозначной взаимосвязи между дисперсностью и химической активностью порошков [5]. Оба явления определяются условиями измельчения, и, следовательно, порошки, измельченные в разнотипных установках до равной дисперсности, могут обладать разными технологическими свойствами.

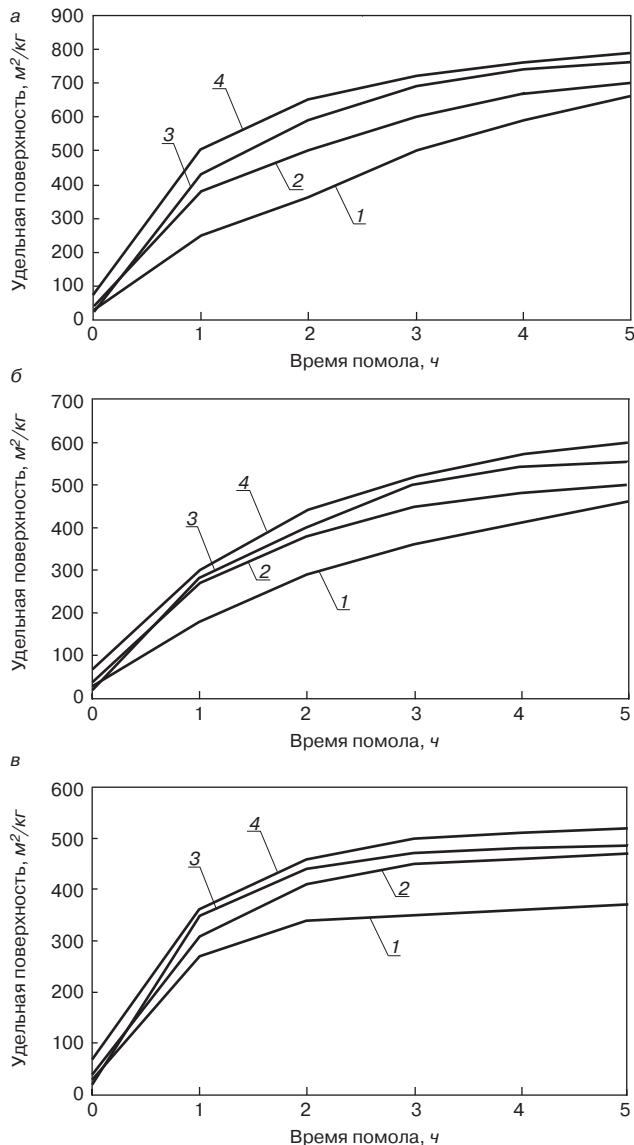
Одним из основных параметров, влияющих на эффективность помола и отличающих мельницы друг от друга, является способ воздействия мелющих тел на материал. Способ измельчения материалов в шаровой мельнице и вибромельнице практически идентичен – это истирающее действие на обрабатываемый материал. Основное различие между вибромельницей и мельницей шаровой – это способ инициирования мелющих тел. В вибромельнице материал измельчается под действием вибрирующих мелющих тел. При этом зерна материала размером не более 1–2 мм подвергаются отчасти дроблению, но преимущественно, как и в шаровой мельнице, истиранию между мелющими телами. Характер воздействия мелющих тел на материал при его измельчении в шаровой планетарной мельнице истирающий, ударный и смешанный. Поэтому представляет интерес исследование активирующей способности различных мельниц.

Объектами исследования были дисперсные материалы из техногенного сырья Курской магнитной аномалии (КМА) – кварцитопесчаник и отходы мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов (ММС) как наиболее перспективные с точки зрения использования местных сырьевых материалов. Для сравнения – кварцевый песок Нижнеольшанского месторождения и отсев дробления гранита. Зерновой состав исходных материалов представлен в табл. 1.

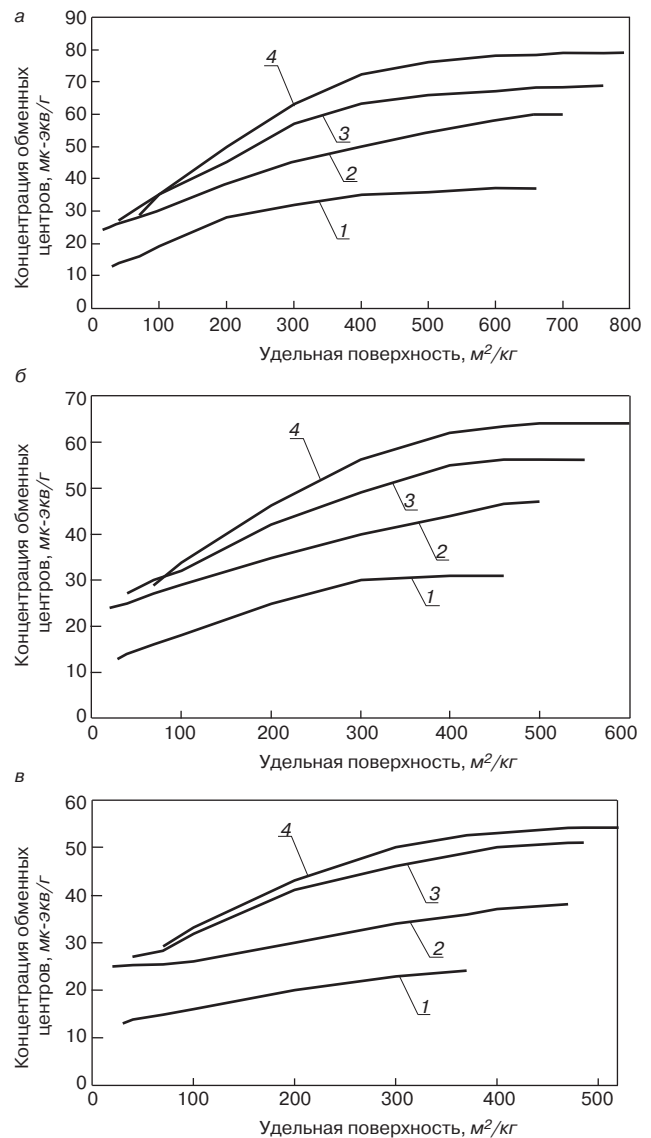
Активность материалов характеризовали наличием обменных кислотных брэнстедовских центров на их поверхности, так как известно, что именно они оказывают

Таблица 1

Минеральный материал	Остатки на сите, %					
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	менее 0,14
Отсев дробления кварцитопесчаника	19,6	42	56,8	69	85,8	99,9
Отходы ММС	0	0,1	3,4	21,6	65,3	99,9
Отсев дробления гранита	23,7	44	57,6	73,1	86,2	99,9
Кварцевый песок	0,2	0,4	4,9	43,3	92,1	99,9



**Рис. 1.** Зависимость величины удельной поверхности от времени помола исследуемых материалов: а – в шаровой планетарной мельнице; б – в вибромельнице; в – в вибрационном истирателе; 1 – песок; 2 – гранит; 3 – кварцитопесчаник; 4 – отходы ММС



**Рис. 2.** Зависимость концентрации обменных центров от величины удельной поверхности исследуемых материалов, измельченных: а – в шаровой планетарной мельнице; б – в вибромельнице; в – в вибрационном истирателе; 1 – песок; 2 – гранит; 3 – кварцитопесчаник; 4 – отходы ММС

наиболее существенное влияние на взаимодействие с цементом и битумом. Концентрацию активных центров определяли методом ионного обмена с гидроксидом кальция.

Цель работы – установление зависимостей:

- удельной поверхности от времени помола в различных мельницах;
- количества обменных центров от удельной поверхности, а также падение концентрации активных центров с течением времени после помола;
- физико-механических показателей асфальто вяжущего на свежеразмолотых минеральных порошках по сравнению с порошками в стабильном состоянии.

Для определения вышеперечисленных зависимостей навески исследуемых материалов размалывали в течение 5 ч в трех отличных друг от друга мельницах, а именно в шаровой планетарной, вибромельнице и вибрационном истирателе.

При помоле через определенные промежутки времени из мельниц отбирали пробы, для которых измеряли активность и параллельно удельную поверхность (при помощи прибора Товарова). Зависимость величины

удельной поверхности минеральных порошков от времени помола представлена на рис. 1.

Как видно, размол материалов происходит по-разному. Кварцевый песок во всех мельницах размалывается хуже других материалов. Это связано с большей прочностью зерен песка. Высокая степень размалываемости отходов ММС, по данным [7], обусловлена содержанием в этих отходах слюистой фракции и кварца различной степени кристалличности. Для кварцитопесчаника высокую размолоспособность можно объяснить содержанием кварца зеленосланцевой степени метаморфизма с дефектной структурой.

На рис. 1 видно, что интенсивное увеличение удельной поверхности происходит до определенной точки, после чего помол производить нецелесообразно, так как рост удельной поверхности значительно замедляется. В результате максимальную удельную поверхность имеют материалы, измельченные в шаровой планетарной мельнице, минимальную – в вибрационном истирателе. Для отходов ММС, например, помол которых осуществлялся в шаровой планетарной мельнице, эта величина составляет 790 м<sup>2</sup>/кг, в вибромельнице –

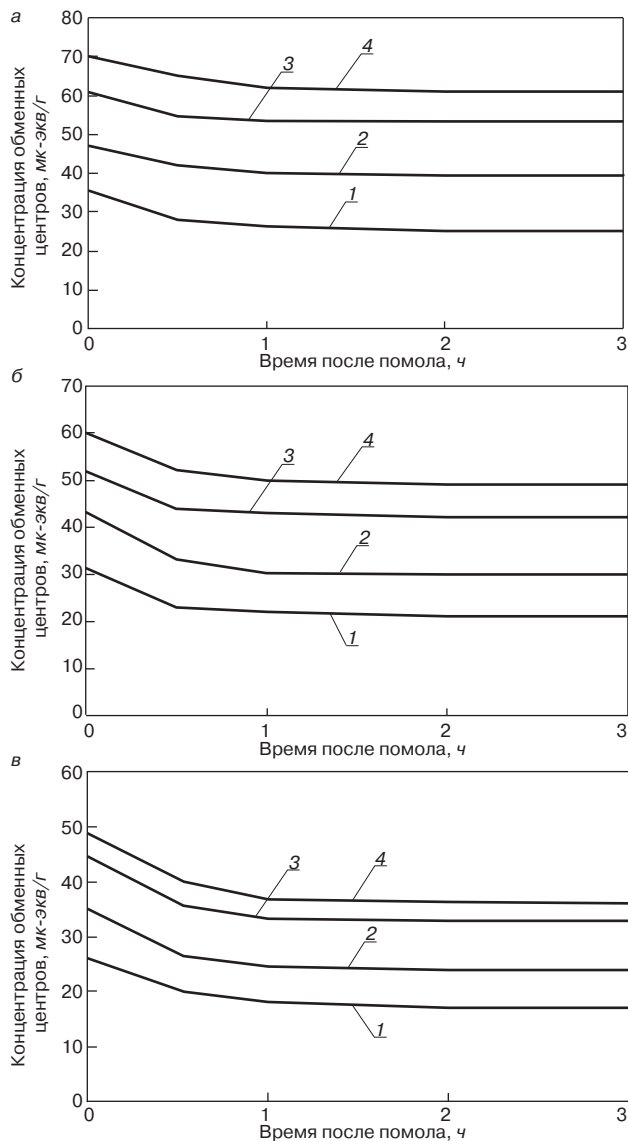


Рис. 3. Зависимость концентрации обменных центров от времени экспозиции материалов после помола: а – в шаровой планетарной мельнице; б – в вибромельнице; в – в вибрационном истритателе; 1 – песок; 2 – гранит; 3 – кварцитопесчаник; 4 – отходы ММС

600 м<sup>2</sup>/кг, в вибрационном истритателе – 520 м<sup>2</sup>/кг. Поэтому с точки зрения величины удельной поверхности наиболее эффективной мельницей является шаровая планетарная.

Формирование поверхностных свойств частиц начинается с образования поверхности как результата механического измельчения и сопутствующего ему процесса механической активации [8]. При образовании поверхности возникают структурные неоднородности на молекулярном и надмолекулярном уровнях. Взаиморасположение, состав и концентрацию атомов на поверхности определяют состав и кристаллическая структура минералов. При этом создание достаточно прочных адгезионных контактов в системе связующее – наполнитель возможно лишь в том случае, если поверхностная энергия последнего значительно выше, чем связующего [9].

Установлено [5], что наблюдаемое изменение физико-химических свойств тонкоизмельченных материалов не может быть связано только с уменьшением размеров частиц. Было обнаружено, что наряду с диспергированием при механическом измельчении

происходят значительные изменения кристаллической структуры поверхностных слоев частиц. Как выяснилось, во многих случаях технологические свойства тонких порошков обусловлены не столько дисперсностью, сколько именно такими нарушениями структуры. Скорость гетерогенных химических процессов с участием тонких порошков определяется в основном не величиной их удельной поверхности, а уменьшением энергии активации в результате разрушения структуры и аморфизации.

В связи с этим представляло интерес выявление зависимости активности поверхности исследуемых материалов, определенной сразу после помола, от их удельной поверхности. Зависимости концентрации обменных центров от удельной поверхности минеральных порошков представлены на рис. 2.

Из рисунка видно, что степень измельчения значительно влияет на концентрацию активных центров, причем полученные зависимости для всех материалов в различных мельницах имеют свои особенности. С повышением тонкости помола происходит рост концентрации обменных центров, то есть активности. Однако интенсивное увеличение концентрации обменных центров всех исследуемых материалов происходит до определенной удельной поверхности, после чего указанная тенденция значительно замедляется. Поскольку энергозатраты на помол минеральных материалов весьма значительны, при использовании свежеразмолотого материала важно определить рациональные значения удельной поверхности наполнителя, выше которой активность его поверхности возрастает незначительно. Например, при помоле в шаровой планетарной мельнице оптимальной удельной поверхностью с точки зрения роста концентрации обменных центров для кварцитопесчаника и отходов ММС будет 400 м<sup>2</sup>/кг; гранита – 650 м<sup>2</sup>/кг; песка – 200 м<sup>2</sup>/кг; в вибромельнице для кварцитопесчаника и отходов ММС эта величина составляет 400 м<sup>2</sup>/кг; песка – 300 м<sup>2</sup>/кг; гранита – 500 м<sup>2</sup>/кг; при измельчении отходов ММС и песка в вибрационном истритателе оптимальной удельной поверхностью является 300 м<sup>2</sup>/кг; кварцитопесчаника – 370 м<sup>2</sup>/кг; гранита – 450 м<sup>2</sup>/кг.

Из представленных результатов видно, что рациональное время помола с точки зрения роста концентрации обменных центров и с точки зрения оптимальной удельной поверхности отличается.

Как видно на графике, наибольшей активирующей способностью обладает шаровая планетарная мельница, наименьшей – вибрационный истритатель. В шаровой планетарной мельнице концентрация обменных центров в результате помола материалов увеличивается в среднем в 2,6 раза, в вибромельнице – в 2,1, в вибрационном истритателе – в 1,8 раза. Это связано с тем, что в шаровой планетарной мельнице разрушение материала происходит в местах структурных дефектов и образующиеся при этом частицы имеют осколочную форму, тогда как в результате измельчения в вибрационном истритателе образуются частицы только округлой формы, а материал, измельченный в вибромельнице, наряду с округлыми частицами имеет небольшой процент зерен осколочной формы. При этом лучше всего активации подвергается песок, так как концентрация обменных центров на его поверхности увеличилась в 2,9 раза при помоле в шаровой мельнице и в 1,9 раза при измельчении в вибрационном истритателе.

Поэтому при помоле материала необходимо учитывать не только его природу и свойства, но и тип мельницы, который оказывает наибольшее активирующее влияние на его поверхность.

Так как использование дисперсных материалов сразу после помола не всегда возможно, представляло инте-

Таблица 2

Наименование материала	Песок		Кварцитопесчаник		Гранит		Отходы ММС	
	свежераз-молотый	стабильный	свежераз-молотый	стабильный	свежераз-молотый	стабильный	свежераз-молотый	стабильный
Набухание, %	4,2	5,8	2,4	3,1	2,8	3,3	1,8	2,4
R <sub>20</sub> , МПа	3,2	2,3	4,4	3,6	4,1	3,3	4,8	4
K <sub>вод</sub> , %	0,81	0,56	0,91	0,72	0,86	0,7	0,94	0,78

рес изучение изменения поверхностных свойств наполнителей в зависимости от экспозиции после помола. Для этого после предварительного размолла материалов до удельной поверхности 350 м<sup>2</sup>/кг через определенные промежутки времени определяли концентрацию обменных центров на их поверхности.

Зависимость обменной емкости наполнителя от времени, прошедшего после помола, представлена на рис. 3. Как видно, активность материалов в течение времени после помола уменьшается и практически стабилизируется через 3 ч. При этом наибольшее падение количества активных центров наблюдается у материалов, измельченных в вибрационном истирателе: на 53% для песка, на 46% для гранита, на 36% для кварцитопесчаника и на 27% для отходов ММС; наименьшее – в шаровой планетарной мельнице: на 40% для песка, на 18% для гранита, на 15% для кварцитопесчаника и отходов ММС. В дальнейшем уменьшение концентрации обменных центров незначительно и составляет в течение недели от 2 до 5%, в последующее время падение практически не наблюдается.

Таким образом, наибольшей активирующей способностью обладает шаровая планетарная мельница. Кроме того, после помола в этой мельнице наблюдается наименьшее снижение величины концентрации обменных центров на поверхности дисперсных материалов. Поэтому именно этот помольный агрегат наиболее рационально использовать для повышения активности минеральных компонентов строительных композитов, например асфальтобетона.

Минеральный порошок, формирующий микроструктуру асфальтобетона, имеет в своем составе тонкодисперсные частицы, которые обеспечивают физико-химическое взаимодействие с органическими вяжущими. Активация его поверхности должна привести к более высокой интенсивности взаимодействия вяжущего с минеральными порошками по сравнению с неактивированными. Поэтому представляло интерес исследование влияния свойств поверхности минеральных материалов на процессы их взаимодействия с битумом. Для этого были определены физико-механические показатели асфальтовяжущего на свежеразмолотом минеральном порошке и наполнителе в стабильном состоянии.

Полученные результаты (табл. 2) показывают, что исследуемые минеральные порошки, активированные в различных мельницах, обеспечивают гораздо лучшее взаимодействие с битумом по сравнению с порошками в неактивированном состоянии. Наилучшие физико-механические показатели имеет асфальтовяжущее на минеральных порошках из отходов ММС и кварцитопесчаника, наихудшие – на минеральных порошках из гранита и песка. При росте концентрации обменных центров на поверхности минеральных порошков в результате помола происходит увеличение предела прочности при сжатии, коэффициента водостойкости (K<sub>вод</sub>) и уменьшение набухания образцов асфальтовяжущего; более того, повышение концентрации обменных центров коррелирует с изменением физико-механических

показателей асфальтовяжущего. Так, например, активность свежеразмолотого песка в вибрационном истирателе с удельной поверхностью 350 м<sup>2</sup>/кг на 55% выше по сравнению с материалом в стабильном состоянии, что привело к повышению предела прочности при сжатии на 39%, коэффициента водостойкости на 43% и снижению набухания на 38%.

Таким образом, различные мельницы в зависимости от их способа воздействия на измельчаемый материал дают продукты различной степени дисперсности и активности. Наиболее реакционноспособными являются материалы, измельченные в шаровой планетарной мельнице, наименее – в вибрационном истирателе. Повышение концентрации активных центров на поверхности минеральных порошков в результате помола положительно отразилось на интенсивности взаимодействия с битумом, а следовательно, на качестве органоминерального композита.

**Ключевые слова:** наполнители, структура цемента- и асфальтобетона, помол, разнотипные установки помола, концентрация активных обменных центров.

#### Список литературы

1. Айлер Р. Химия кремнезема: Пер с англ. М.: Мир, 1982. Ч. 2. 712 с.
2. Проконец В.С. Практический опыт получения дорожно-строительных материалов на основе механоактивированного исходного сырья / Мат. всерос. научно-практической конф. «Инновации, качество, образование – перспективы развития дорожного комплекса России». Барнаул: АлтГТУ, 2007. № 10. С. 55–62.
3. Суханов А.С., Лупанов А.П., Силкин А.В., Кондратьева Т.Н. Получение активированного минерального порошка в центробежно-ударной мельнице // Строит. материалы. 2009. № 11. С. 12–14.
4. Миронов В.А., Голубев А.И., Тимофеев А.Г. Улучшение качества асфальтобетона регулированием свойств сырьевых материалов // Строит. материалы. 2007. № 5. С. 26–27.
5. Ходаков Г.С. Тонкое измельчение строительных материалов. М. 1972. 239 с.
6. Рахимбаев Ш.М., Мосьпан В.И., Яшураева Л.И., Тарарин В.К. Кинетика помола компонентов портландцементной сырьевой смеси с использованием вторичных ресурсов ГОК КМА / Мат. седьмых академических чтений РААСН «Современные проблемы строительного материаловедения». Белгород, 2001. Ч. 1. С. 450–453.
7. Ходаков Г.С. Физико-химическая механика измельчения // Тезисы докладов V всесоюз. семинара «Дезинтеграторная технология». Таллин, 8–10 сентября 1987. С. 20–21.
8. Солматов В.И., Дворкин Л.И., Чудновский И.М. Пути активации наполнителей композиционных строительных материалов // Изв. вузов. Строительство и архитектура. 1987. № 1. С. 61–63.

А.С. СЕМЕНОВ, инженер (semenov-alex@mail.ru), Владимирский государственный университет

## Использование разрушающих и неразрушающих методов контроля физико-механических характеристик материала строительных конструкций

Обследование жилых зданий и сооружений в большинстве случаев предусматривает определение геометрических размеров, пространственного положения, дефектов и повреждений, а также фактических физико-механических характеристик материала конструкций. Одним из критериев оценки технического состояния элементов здания является прочность материала конструкции.

Расчетное сопротивление каменных конструкций в зависимости от их напряженного состояния определяется маркой составляющих ее элементов (камней, кирпичей, блоков) и маркой раствора кладки. В СНиП П-22–81 «Каменные и армокаменные конструкции» для конкретного вида напряженного состояния конструкции приведены таблицы по определению расчетного сопротивления каменной кладки в зависимости от марок камней и раствора.

При проведении детального инструментального обследования каменных конструкций необходимо отобрать образцы в виде отдельных камней (кирпичей) или фрагментов из нескольких камней для лабораторных исследований. Также допускается получение образцов в виде цилиндров-кернов из каменной кладки. Количество образцов определяется количеством требуемых параметров прочности (сжатие, изгиб) и необходимой точностью исследования.

Для определения марки раствора необходимо собрать пластинки раствора из горизонтальных стыков кладки. Количество пластинок должно быть достаточным для изготовления пяти кубов размерами ребра 2–4 см. Кубики необходимо склеивать из двух пластинок и выравнивать гипсовым тестом. Прочность раствора кладки определяется испытанием на лабораторном прессе и вычисляется как среднее прочности пяти испытанных образцов раствора. При невозможности получения образцов используют полевые неразрушающие методы определения физико-механических характеристик материала.

Прочность железобетона зависит от прочности бетона и параметров армирования. При исследовании наибольшую точность измерений прочности бетона дают лабораторные методы испытания образцов-кернов. Бетон кернов соответствует реальному материалу конструкции. Однако сложность отбора образцов, опасность нарушения целостности конструкции ограничивает использование данного метода. До выбурирования кернов необходимо обязательно установить наличие и расположение арматуры. Это достигается за счет поверхностного прозвучивания конструкции ультразвуковыми приборами типа ПУЛЬСАР-1.2 или приборами, основанными на магнитном методе типа ПОИСК-2.5.

Испытание отобранных образцов-кернов необходимо проводить в соответствии с ГОСТ 28570–90 «Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобранным

из конструкций», согласно которому возможно использование кернов диаметром 44–150 мм. Допускается также наличие в образцах арматуры диаметром не более 16 мм при диаметре керна не менее 100 мм для испытания на сжатие. Количество образцов для испытания зависит от их размера и определяется по табл. 1 ГОСТ 28570–90. Прочность бетона определяется как среднестатистическое значение прочности из серии отобранных образцов с учетом переводных коэффициентов, зависящих от формы и размера образца.

В случае невозможности получения образцов необходимо использовать полевые неразрушающие методы исследования.

В соответствии с ГОСТ 22690–88 «Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля» существуют следующие механические методы контроля прочности бетона:

- упругого отскока и пластических деформаций;
- ударного импульса;
- отрыва;
- отрыва со скалыванием;
- скалывания ребра.

Косвенными характеристиками прочности материала при использовании механических способов контроля являются отскок бойка от поверхности бетона, энергия удара, размер отпечатка при ударе, усилия для местного разрушения. Для определения прочности бетона предварительно необходимо установить зависимость между прочностью бетона и косвенной характеристикой.

Такой способ применяется на предприятиях по производству сборных железобетонных конструкций и на строительных площадках, когда необходимо определить распалубочную прочность бетона при одинаковых условиях твердения конструкции и образцов-кубов.

Во время обследования существующих зданий стандартные образцы-кубы получить не всегда удается.

В ГОСТ 22690–88 допускается применение методов отрыва со скалыванием и скалывания ребра для определения прочности бетона по стандартной градуировочной зависимости. Для метода отрыва со скалыванием используют следующую зависимость:

$$R = m_1 \cdot m_2 \cdot P, \quad (1)$$

где  $R$  – расчетная прочность бетона, кПа;  $m_1, m_2$  – стандартные коэффициенты, учитывающие максимальный размер заполнителя и вид бетона;  $P$  – усилие отрыва анкера, кН.

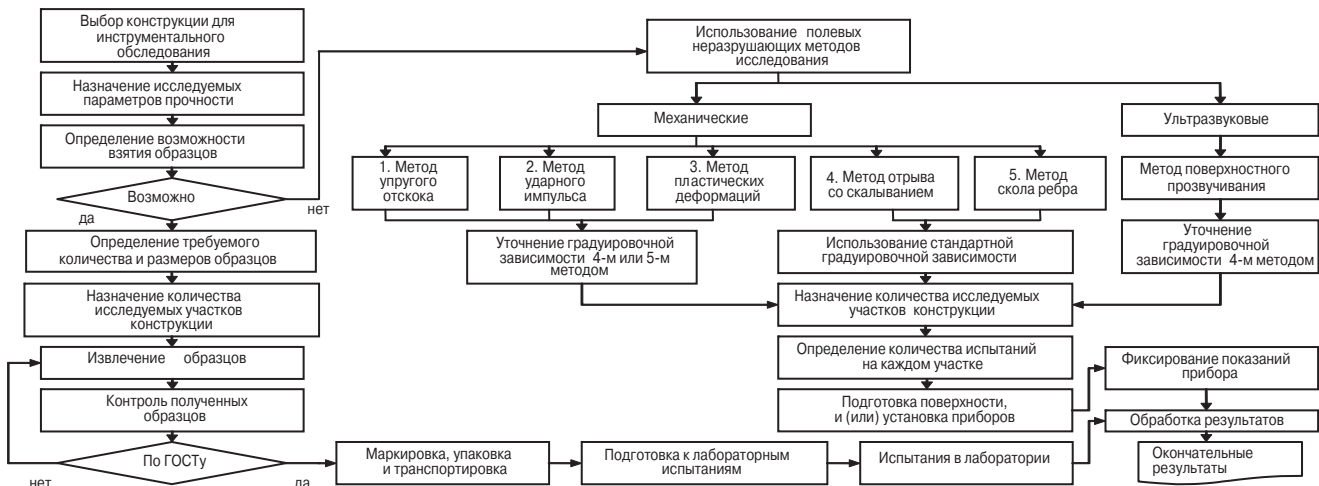
Для метода скалывания ребра используют зависимость:

$$R = 0,058m(30P + P^2), \quad (2)$$

где  $R$  – расчетная прочность бетона, кПа;  $m$  – коэффициент, учитывающий максимальный размер заполнителя;  $P$  – усилие скалывания, кН.

Методы упругого отскока, ударного импульса или пластических деформаций можно использовать с уточне-





Организационная схема использования разрушающих и неразрушающих методов контроля прочности материала строительных конструкций

нием стандартной градуировочной зависимости за счет использования метода отрыва со скалыванием или метода скалывания ребра. Уточнение производится за счет коэффициента совпадения, определяемого после трех испытаний по формуле:

$$K_c = \Sigma R / \Sigma R_y, \quad (3)$$

где  $R$  – прочность бетона на участке, определяемая методами отрыва со скалыванием или скалывания ребра, МПа;  $R_y$  – прочность бетона на участке, определяемая методами упругого отскока, ударного импульса или пластических деформаций, МПа.

Кроме механических методов неразрушающего контроля прочности бетона существуют физические методы (ультразвуковые). Метод ультразвукового прозвучивания позволяет в отличие от всех остальных методов неразрушающего контроля прочности контролировать не только прочность в приповерхностных слоях бетона, но и прочность тела бетона конструкции. Однако ультразвуковой метод требует уточнения градуировочной зависимости. Возможно использование универсальной градуировочной зависимости для ориентировочной оценки прочности бетона:

$$R_y = 0,016 \cdot V - 27,3, \quad (4)$$

где  $R_y$  – прочность бетона, определяемая ультразвуковым методом, МПа;  $V$  – скорость прохождения ультразвука.

В МДС 62–2.01 «Методические рекомендации по контролю прочности бетона монолитных конструкций ультразвуковым методом способом поверхностного прозвучивания» рекомендуется уточнять зависимость для конкретных условий испытаний по формуле:

$$R = R_y \cdot K_c, \quad (5)$$

где  $K_c$  – коэффициент совпадения, определяемый по результатам пяти испытаний ( $\Sigma R_0 / \Sigma R_y$ );  $R$  – прочность бетона, определяемая с применением коэффициента совпадения, МПа;  $R_0$  – прочность бетона, определяемая методом отрыва со скалыванием, МПа;  $R_y$  – прочность бетона, определяемая ультразвуковым методом, МПа;

Число участков для определения средней прочности бетона конструкции согласно СП 13-102–2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений» следует принимать не менее трех.

Для уточнения полученных результатов необходима статистическая оценка прочности бетона. При этом класс бетона определяется по формуле, приведенной в СП 13-102–2003:

$$B = R_m \cdot (1 - t_a \cdot V), \quad (6)$$

где  $R_m$  – средняя прочность бетона по результатам испытаний;  $t_a$  – коэффициент Стьюдента;  $V$  – коэффициент вариации прочности бетона.

Коэффициент вариации прочности бетона определяется по формуле:

$$V = S_m / R_m, \quad (7)$$

где  $S_m$  – среднее квадратичное отклонение прочности.

Задавая необходимую достоверность результатов прочности бетона, можно установить через коэффициент Стьюдента количество испытаний (проб).

При проведении обследования наибольшую точность измерений позволяют получить разрушающие методы контроля прочности образцов материала в лабораторных условиях. При отсутствии возможности получения образцов необходимо использовать наиболее точные из механических методов (методы местного разрушения) – метод отрыва со скалыванием или метод скалывания ребра. Возможно также использование прочных механических методов с уточнением их градуировочной зависимости тремя испытаниями с помощью метода отрыва со скалыванием или метода скола ребра. Кроме того, возможно использование ультразвукового метода с уточнением градуировочной зависимости пятью испытаниями методом отрыва со скалыванием. Организационная схема использования разрушающих и неразрушающих методов контроля прочности материала показана на рисунке.

Данная схема (см. рисунок) показывает последовательность и условия использования конкретного метода обследования, что позволяет формировать необходимый состав приборно-инструментального оснащения специализированных организаций по обследованию зданий, повысить качество проведения и точность результатов обследования.

При необходимости исследования значительного количества однотипных конструкций применение разрушающих методов и методов местного разрушения представляется трудоемким и нецелесообразным, в том числе из-за порчи внешнего вида здания. Использование методов упругого отскока или ультразвукового метода с уточнением их градуировочной зависимости на одной конструкции позволяет провести исследование других конструкций с меньшими трудовыми, материальными затратами и с требуемой точностью обследования.

Количество однотипных конструкций в здании, которые необходимо исследовать, определяется программой детального обследования и согласно СП 13-102–2003 принимается не менее трех. Программа детального обследования составляется после предварительного визуального осмотра, в процессе которого устанавливается количество конструкций, имеющих повреждения.

**Ключевые слова:** неразрушающие методы контроля, прочность материала в конструкции, ультразвуковое прозвучивание, образцы-керны.

И.И. ОВЧИННИКОВ, канд. техн. наук, М.И. КАЛИНОВСКИЙ, инженер,  
Саратовский государственный технический университет

## Напряженно-деформированное состояние и долговечность прямоугольной железобетонной трубы при действии агрессивной среды

Проблема учета воздействия агрессивной среды при расчете складчатых железобетонных конструкций водопропускных, канализационных труб, колодцев приобретает актуальность. Несмотря на наличие защитного слоя бетона, который должен обеспечивать долговечную и безопасную работу железобетонных изделий, тем не менее из-за несоблюдения толщины защитного слоя, тонкостенности самих конструкций, плохого качества материала, непредусмотренных параметров агрессивной среды коррозия и деградация материала все равно происходят [1, 2].

Коррозионное разрушение железобетонных труб происходит в основном из-за карбонизации и хлоридной коррозии, причем нередко эти факторы действуют совместно. Карбонизация происходит вследствие диффузии углекислого газа, который содержится в воздухе. Хлориды попадают в бетон водопропускных и канализационных труб и колодцев в результате использования солей-антиобледенителей или в случае эксплуатации этих конструкций в приморской атмосфере.

Рассмотрим сборную конструкцию коробчатой трубы, состоящую из корыта и распорки. Корыто считается состоящим из трех железобетонных пластин – двух стенок и дна. Стенки корыта рассматриваются как железобетонные пластины, находящиеся в состоянии цилиндрического изгиба. Разрешающее уравнение, описывающее поведение стенок прямоугольной железобетонной трубы, имеет вид:

$$\frac{\partial}{\partial x^2} \left( D_{11} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) = q(x). \quad (1)$$

Разрешающее уравнение, описывающее поведение днища трубы с учетом работы упругого основания, имеет вид:

$$\frac{\partial}{\partial x^2} \left( D_{11} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) = q(x) - p(x). \quad (2)$$

К этим дифференциальным уравнениям следует присоединить граничные условия, соответствующие характеру опирания стенок и днища трубы.

В этих уравнениях использованы обозначения  $w(x,y)$  – прогиб пластин (представляющих стенки или дно);  $D_{11}$  – условная жесткость, зависящая от уровня напряженного состояния пластин и степени коррозионного поражения бетона и арматуры.

Закон распределения концентрации хлоридов по толщине железобетонных пластин задается выражением:

$$C = \begin{cases} 0; & \text{при } -\frac{h}{2} \leq z \leq \frac{h}{2} - L, \\ C_0 \left( 1 + \frac{z}{L} - \frac{h}{2L} \right); & \text{при } \frac{h}{2} - L \leq z \leq \frac{h}{2}. \end{cases} \quad (3)$$

Фронт проникновения хлоридсодержащей среды моделируется так:

$$L = a\sqrt{t}, \quad (4)$$

где  $a$  – коэффициент;  $t$  – время. Кинетика коррозии арматуры моделируется зависимостью:

$$\delta = \begin{cases} 0, & t \leq t_{inc}; \\ \frac{\delta_0 (t - t_{inc})}{(t - t_{inc}) + T}, & t > t_{inc}, \end{cases} \quad (5)$$

где  $\delta_0$ ,  $T$  – коэффициенты;  $t_{inc}$  – продолжительность инкубационного периода.

Учет карбонизации приводит к тому, что критическая концентрация хлоридов становится в два раза меньше, а значит, инкубационный период в случае совместного действия хлоридов и карбонизации значительно короче, чем в случае действия только хлоридсодержащей среды.

Методика расчета железобетонной пластины включает три этапа: этап силового нагружения, этап погружения пластины в агрессивную среду, вызывающую хлоридную коррозию и карбонизацию, и этап деформирования пластины во времени с учетом изменения механических свойств бетона и коррозии арматуры под влиянием хлоридов и углекислого газа. На первом этапе расчет сводится к решению нелинейного разрешающего уравнения (1) или (2). Значения условной жесткости  $D_{11}$  и составляющих функций определяют для исходного состояния бетона и исходного состояния арматуры без коррозии. По найденному значению прогиба определяют значения кривизны и затем напряжения в бетоне и арматуре. На втором этапе происходит установление граничных условий для модели воздействия среды. Так как механические характеристики бетона зависят от концентрации углекислого газа и хлорид-ионов среды (С), на поверхностных точках железобетонной пластины, вступающих в контакт со средой, происходит изменение характеристик бетона на величину, соответствующую изменению концентрации от начального (нуле-

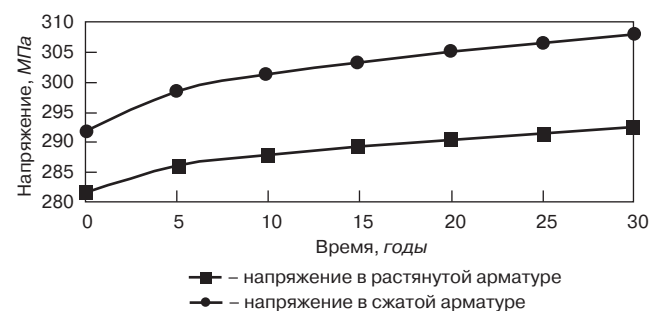


Рис. 1. Кинетика изменения напряжений в арматуре с течением времени

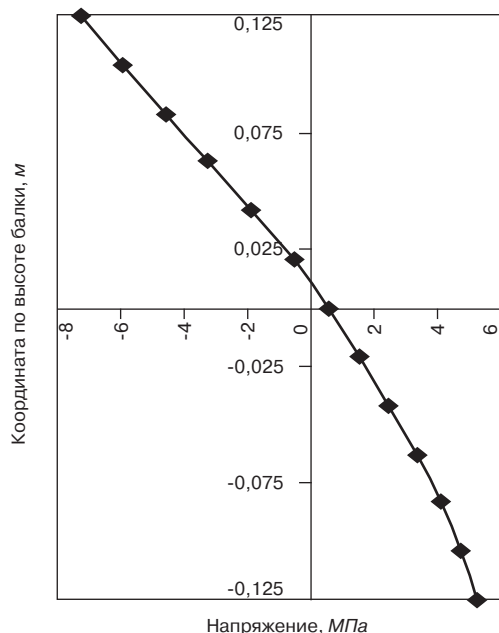


Рис. 2. Эпюра напряжений в бетоне в сечении пластины,  $t = 0$

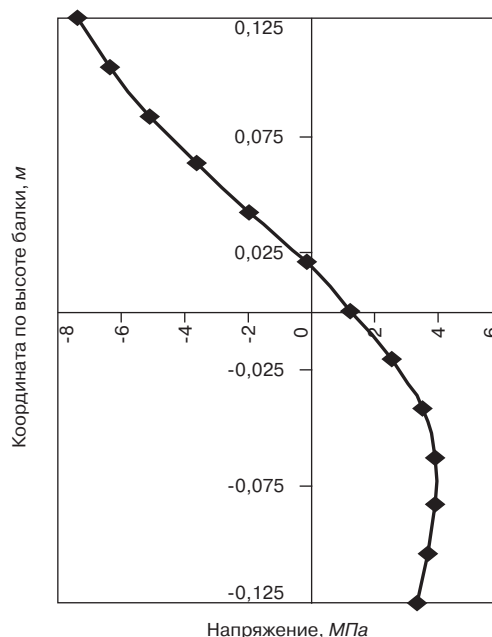


Рис. 3. Эпюра напряжений в бетоне в сечении пластины в момент наступления предельного состояния,  $t_{пред}$

Воздействие агрессивной среды	Критическая концентрация хлоридов, % массы цемента	Продолжительность инкубационного периода $t_{инс}$ , сут	Время наступления предельного состояния $t_{пред}$ , сут
Хлоридная коррозия опережает карбонизацию	0,4	1194	12751
Карбонизация опережает хлоридную коррозию	0,2	997	12554

вого) до предельного (равновесного) значения. В этих точках резко изменяются значения коэффициентов физических соотношения для бетона:

$$\sigma_x^b = \frac{\Psi_j}{1-\nu_j^2}(e_x + \nu_j e_y); \sigma_y^b = \frac{\Psi_j}{1-\nu_j^2}(e_y + \nu_j e_x); \tau_{xy}^b = \frac{\Psi_j}{2(1+\nu_j^2)}e_{xy}$$

с учетом того, что они зависят от концентрации  $C$ .

Все это приводит к значительному изменению напряжений в локальных областях, прилегающих к поверхностям пластины, контактирующим со средой. Для преодоления возникших трудностей используется прием смягчения градиента механических свойств, суть которого в предположении, что равновесная концентрация хлоридов и углекислого газа на поверхности пластины устанавливается не сразу, а за определенный промежуток времени, например в течение одних суток.

На этапе деформирования железобетонной пластины во времени задача решается шагами по времени. Величина шага по времени задается из условия, чтобы изменения всех наиболее чувствительных к шагу по времени параметров задачи (концентрация, напряжения) не превышали некоторых пороговых значений. На каждом шаге по времени решается уравнение (1) с теми или иными значениями жесткости и входящих в него коэффициентов, соответствующими положению фронта хлоридсодержащей среды и фронта карбонизации. Во всех точках, аппроксимирующих сечение пластины по длине и толщине, вычисляются напряжения и производится проверка условия наступления

предельного состояния. Если хотя бы в одной из точек пораженной или непораженной зоны бетона напряжение достигает предельного значения ( $\sigma_c = \sigma_c^{пред}$ ) либо напряжение в арматуре достигает предела текучести ( $\sigma_s = \sigma_s^{пред} = \sigma_s^t$ ), то считается, что происходит разрушение пластины и время наступления этого предельного состояния принимается за долговечность железобетонной пластины.

По изложенной методике был произведен расчет железобетонной пластины, представляющей собой перемычку трубы, нагруженной изгибающим моментом и подвергающейся воздействию хлорид- и  $CO_2$ -содержащей среды. Расчет производили для случая, когда хлоридсодержащая среда и карбонизация действуют на верхнюю и нижнюю поверхности пластины. Геометрические характеристики железобетонной пластины следующие: высота  $h = 0,25$  м; толщина защитного слоя бетона  $a_3 = 0,03$  м; диаметр арматурных стержней (верхних и нижних)  $d = 0,01$  м. Пластины нагружали изгибающим моментом  $M = 6667$  Н·м. Результаты расчетов приведены на рис. 1–3 и в таблице.

Как видно из таблицы, в случае, когда карбонизация начинает влиять на критическую концентрацию хлоридов, инкубационный период сокращается на 20%. Приведенные расчеты показывают, что при совместном воздействии хлоридов и углекислого газа инкубационный период коррозии арматуры в бетоне существенно сокращается, а разрушение конструкции наступает раньше.

**Ключевые слова:** напряженное состояние, железобетон, водонепроницаемая труба, хлоридная коррозия, карбонизация.

Список литературы

1. Маринин А.Н., Гарибов Р.Б., Овчинников И.Г. Моделирование напряженно-деформированного состояния железобетонных элементов конструкций в условиях хлоридной коррозии и карбонизации. Саратов: Рица, 2008. 296 с.
2. Овчинников И.И., Наумова Г.А. Накопление повреждений в стержневых и пластинчатых армированных конструкциях, взаимодействующих с агрессивными средами. Волгоград: Изд-во ВолгГАСУ, 2007. 272 с.

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

**Новый завод  
в Ленинградской области**

Группа ЛСР ввела в технологическую эксплуатацию цементный завод в г. Сланцы стоимостью 445 млн евро, из них 344 млн евро — кредитные средства, полученные во Внешэкономбанке и ABN Amro/HSBC; остальное — собственные средства Группы ЛСР.

В строй введена первая производственная линия мощностью 1,86 млн т цемента в год. Предприятие будет использовать сырье с двух собственных карьеров «Дубоем» и «Большие поля», а также отвалы горных пород, полученные в результате производства ОАО «Ленинградсланец» и ОАО «Сланцы».

Продукция нового завода будет поставляться в Петербург, Москву и Северо-Западный федеральный округ в целом. В настоящее время Северо-Западный регион потребляет около 4 млн т цемента в год.

Ввод второй очереди завода зависит от потребностей рынка и Группы ЛСР. По данным компании, рынок цемента в регионе вернется к докризисному уровню к 2013–2014 гг. По прогнозам Минэкономразвития РФ емкость рынка цемента в СЗФО в 2011 г. составит 6,221 млн т; в 2012 г. — 7,107 млн т; в 2013 г. — 7,597 млн т.

К строительству цементного завода компания приступила в 2008 г. Генеральным подрядчиком полного комплекса проектных и строительных работ является компания ООО «Цемент Северо-Запад», 100% дочернее предприятие китайской компании Hefei Cement Research and Design Institute. Завод оборудован производственными линиями датской компании FLSmidth.

По материалам  
пресс-службы Группы ЛСР

**Антимонопольные органы Евросоюза  
начали расследование  
против производителей цемента**

Еврокомиссия (ЕК) начала антимонопольное расследование в отношении ряда производителей цемента из 10 европейских стран по обвинениям в ограничении торговли в Евросоюзе.

Комиссия намеревается, в частности, расследовать возможные ограничения импорта и экспорта, раздел рынка и ценовой сговор на рынках цемента и сопутствующей продукции.

Помимо цемента следствие также интересуется товарными бетонными смесями и аналогичными строительными материалами.

Рассматривается деятельность компаний из Австрии, Бельгии, Великобритании, Германии, Испании, Италии, Люксембурга, Нидерландов, Франции и Чехии; Еврокомиссия рассчитывает на содействие регулирующих органов в этих странах.

За последние 20 лет антимонопольные органы Евросоюза неоднократно предпринимали действия в отношении цементной отрасли. Так, в 1994 г. предприятия отрасли были оштрафованы на 248 млн евро за органи-

зацию картеля. Однако в 2004 г. им удалось выиграть апелляционный суд, и сумма штрафа была снижена до 140 млн евро.

В 2008–2009 гг. регуляторы проводили следственные действия в офисах ряда крупных цементных компаний без официального объявления о начале антимонопольного расследования.

Еврокомиссия не стала публиковать список компаний, в отношении которых ведется следствие, однако некоторые производители сами подтвердили факт расследования их деятельности: Lafarge (Франция), HeidelbergCement и Dückerhoff (Германия), европейское подразделение Cemex (Мексика), Holcim (Швейцария), а также итальянские Buzzi Unicem и Italcementi.

В случае выявления нарушений комиссия может наложить штраф в размере до 10% годовой выручки отдельной компании.

По материалам  
информационного агентства  
«Финмаркет»

ИССЛЕДОВАНИЯ РЫНКОВ

**Керамогранит  
отвоевывает рынок  
у керамической плитки**

Одна из значимых тенденций на рынке отделочных материалов — это увеличение доли продуктов больших форматов в общем объеме керамогранита. Если в 2007 г. доля керамогранита с длиной большей стороны свыше 40 см составляла 15% в общем объеме рынка керамогранита, то к 2009 г. она увеличилась до 20%. То есть этот сегмент вырос более чем на треть за два года. При этом заметной стала доля продаж самых крупных форматов (длина стороны от 60 до 120 см).

Растет доля полированных и полуполированных плит, глазурованного керамогранита, а также продуктов, полученных по технологиям двойной засыпки. Если добавить к этому еще постоянное в течение 7 лет снижение цен на керамогранит и сближение их с це-

нами на облицовочную плитку, то можно говорить о постепенном замещении облицовочной плитки керамогранитом. Этот процесс подтверждается и цифрами: если в 2003 г. доля облицовочной плитки в общем объеме рынка плитки и керамогранита России составляла 83,9%, то в 2010 г. ожидается ее снижение до уровня 61%.

Говорить о полном вытеснении плитки с рынка в перспективе на ближайшие 10–15 лет нельзя. Игроков, обладающих значительными мощностями по производству облицовочной плитки и в России, и за рубежом, очень много. Они будут продвигать керамическую плитку на рынке, стремясь обеспечить загрузку своих мощностей. Но уже понятно, что будущее за керамогранитом и новыми материалами, созданными на его основе.

По материалам «РБК.Исследования рынков»

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

**Начато строительство  
помольно-смесительного комплекса**

ОАО «Мечел» сообщило о начале строительства комплекса по производству шлакопортландцемента мощностью 1,6 млн т своей дочерней компанией ООО «Мечел-Материалы». Строительство ведется на базе Челябинского металлургического комбината.

Генеральным подрядчиком является австрийская компания FMW GmbH, финансирующими банками — UniCredit Bank Austria AG (Австрия) и Commerzbank Aktiengesellschaft (Германия). Сумма инвестиций в проект оценивается в 110 млн евро. Ввод в эксплуатацию помольно-смесительного комплекса намечен на II квартал 2012 г.

Основным сырьем станет доменный шлак Челябинского металлургического комбината, что позволит сделать безотходным производство чугуна на предприятии. Это способ одновременной утилизации и рационального применения отходов доменного цеха ЧМК, который позволит получить дополнительный синергетический эффект.

Данный комплекс будет первым в России предприятием, ориентированным на производство высококачественного шлакопортландцемента марки ЦЕМШ/А. Этот материал широко используется в строительстве и доказал свою эффективность при возведении гидроэлектростанций, цехов предприятий черной металлургии и тяжелой индустрии.

По материалам ОАО «Мечел»

**В Южном Казахстане построен новый  
экологически чистый цементный завод**

В Сайрамском районе Южно-Казахстанской области завершено строительство нового цементного завода. Это первый в Казахстане цементный завод, где применяется сухой способ производства продукции. Оборудование поставлено китайской компанией.

Использование современных технологий позволило сократить срок возведения объекта «под ключ» с плановых двух лет до 18 месяцев. На всех этапах, от начала строительства до вывода предприятия на полную мощность, проект сопровождают китайские специалисты. Они не только контролируют все процессы, но и параллельно занимаются обучением специалистов.

На новом предприятии будут выпускать несколько марок цемента, включая высококачественные тампонажные цементы, используемые в нефтяной отрасли. Руководство завода рассматривает, что их продукция найдет применение при строительстве транспортного коридора Западная Европа — Западный Китай. Мощность предприятия при полной загрузке составляет один млн т цемента в год. На полную мощность завод заработает в I квартале 2011 г. Пока же ежемесячно загрузка будет увеличиваться на 50–60 т. Все технологические процессы, которые предполагают хоть какую-то пыльность, оснащены пылеулавливающими фильтрами. Водопотребление на заводе имеет замкнутый цикл, в ходе которого очищенная вода снова используется в процессе производства.

По материалам агентства «Казинформ»

**Объем производства цемента  
выйдет на докризисный уровень**

Союз производителей цемента России (Союзцемент) прогнозирует увеличение производства цемента в будущем году на 15%. По предварительным данным, в 2010 г. объем производства этого стройматериала составит 50,4 млн т. Для сравнения, в разгар кризиса, в 2009 г. в России было произведено всего 44,3 млн т цемента. Потенциально отрасль готова производить почти вдвое больше цемента, однако у отечественных застройщиков нет потребности в таких объемах.

Отечественная индустрия может производить 78 млн т цемента в год. В 2011–2012 гг. потенциальный объем производства может составить 85 млн т. Текущая потребность строителей в цементе не покрывает эти возможности. Так, спрос в текущем году составит около 49 млн т. В «РАТМ Цемент Холдинг» считают, что в 2011 г. реальный спрос на цемент и его производство составит 52–54 млн т. При этом Союзцемент намерен

произвести 58 млн т, практически достигнув докризисного уровня 2007 г. — 59,9 млн т.

Основным потребителем цемента являются строители жилья, однако официальная динамика ввода домов в России расходится с объемами производства стройматериала. Так, объем строительства жилья в 2008 г. вырос на 5,6% по сравнению с 2007 г., тогда как производство цемента упало на 10,7%. В 2009 г. динамика обеих отраслей была отрицательной: объемы строительства снизились на 6,1%, выработка цемента — на 17,1%.

Озвученные правительством планы по наращиванию объемов ввода жилья сильнее загрузят цементную отрасль, замечают эксперты. Так, для строительства намеченных на 2016 г. 100 млн м<sup>2</sup> жилья потребуется около 90 млн т цемента. По подсчетам участников рынка, это потребует от цементников суммарного наращивания объемов производства на 32 млн т. Помимо этого в ближайшие годы загрузку цементной отрасли будет обеспечивать мегастройка в Сочи.

По материалам Союза производителей цемента

ИССЛЕДОВАНИЯ РЫНКОВ

**Цены на керамический кирпич снизились**

По данным исследования, до ноября 2008 г. цены на керамический кирпич постепенно росли. Так, за период времени с января 2007 г. до ноября 2008 г. цены выросли с 5512 р. за 1000 усл. кирпича до 7942 р. Таким образом, общее увеличение цен за данный период составило 44,1%. Однако начало мирового финансово-экономического кризиса осенью 2008 г. повлекло за собой сокращение спроса на керамический кирпич со стороны строительных и подрядных организаций, а также частных лиц. По-

этому начиная с декабря 2008 г. цены поползли вниз. За период с ноября 2008 г. по июнь 2010 г. цены сократились с 7942 р. за 1000 усл. кирпича до 6625 р., или на 16,6%.

Тем не менее очевидно, что в последние месяцы ситуация с ценами начала выравниваться и в дальнейшем существенного снижения цен происходить не будет. Скорее наоборот, в условиях оживления строительной отрасли и увеличения спроса на строительные материалы, цены на керамический кирпич вновь начнут расти.

По материалам «РБК. Исследования рынков»





СТРОИТЕЛЬНЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ®

ЖИЛИЩНОЕ  
СТРОИТЕЛЬСТВО

Российская академия архитектуры и строительных наук (РААСН)

Центральный научно-исследовательский институт типового и экспериментального проектирования жилых и общественных зданий (ЦНИИЭП жилища)

Объединенная редакция научно-технических журналов «Жилищное строительство» и «Строительные материалы»®

## Международная научно-практическая конференция «Модернизация крупнопанельного домостроения – локомотив строительства жилья экономического класса»

19–20 апреля 2011 г. «Президент-отель», Москва, Б. Якиманка, д. 24

### Тематика конференции:

*Состояние базы крупнопанельного домостроения в РФ*  
*Зарубежный опыт строительства крупнопанельного жилья*  
*Инвестиционная привлекательность крупнопанельного домостроения*  
*Оборудование и технологии для предприятий крупнопанельного домостроения*  
*Архитектурно-планировочные решения крупнопанельных домов*  
*Наружные ограждающие конструкции*  
*Расчет и конструирование узлов сопряжения конструкций*  
*Проблемы армирования ЖБК для КПД*  
*Опыт строительства крупнопанельного жилья нового поколения в России*  
*Санация существующего крупнопанельного жилого фонда*  
*Снижение стоимости строительства и эксплуатации крупнопанельных зданий*

### Программа конференции включает:

*Пленарное заседание*  
*Основные докладчики:*  
С.В. Николаев – генеральный директор ОАО «ЦНИИЭП жилища»  
Ю.П. Григорьев – заместитель главного архитектора Москвы  
А.В. Шишкин – заместитель генерального директора фонда РЖС  
Ж.К. Шеф – президент компании «Аркомат» (Франция)  
Р. Бофилл – архитектор (Испания)

### Секции

«Архитектура и особенности проектных решений крупнопанельных зданий»  
«Технология и оборудование предприятий ДСК и КПД»  
Посещение одного из передовых домостроительных комбинатов Москвы  
Посещение строительства крупнопанельных зданий нового поколения

### Спонсор конференции:



К проведению конференции готовятся тематические номера журналов «Жилищное строительство» №3-2011 г. и «Строительные материалы»® №3-2011 г., в которых будут опубликованы основные пленарные и секционные доклады. Предоставление докладов в соответствии с требованиями редакции до 20. 02. 2011 г.

### Организационный комитет:

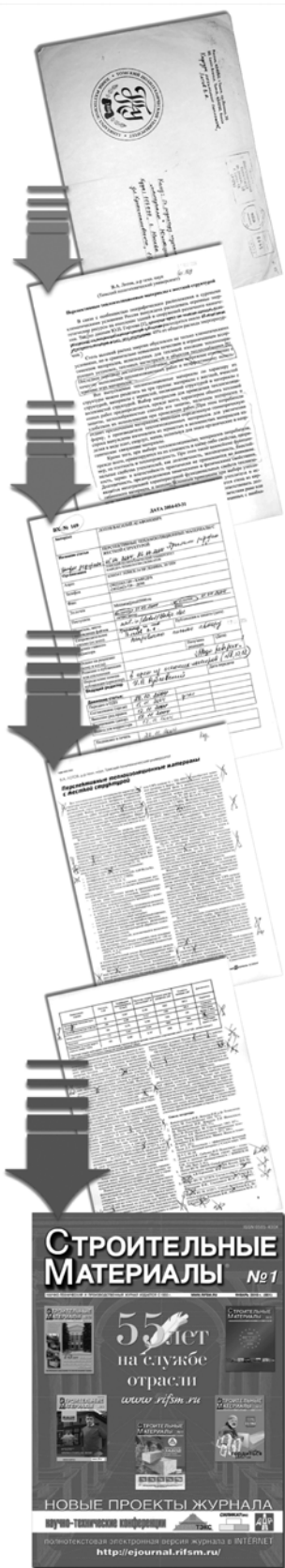
Телефон/факс: +7 (499) 976-20-36, 976-22-08 E-mail: kpd-conf@mail.ru; mail@rifsm.ru www.rifsm.ru

### Адрес для корреспонденции:

127434, Москва, Дмитровское ш., д. 9, стр. 3,  
редакция журналов «Строительные материалы»® и «Жилищное строительство»



# Как подготовить к публикации научно-техническую статью



Журнальная научно-техническая статья – это сочинение небольшого размера (до 4-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 и не содержать перечень всего ранее опубликованного автором, что перегружает объем статьи и часто является элементом саморекламы.

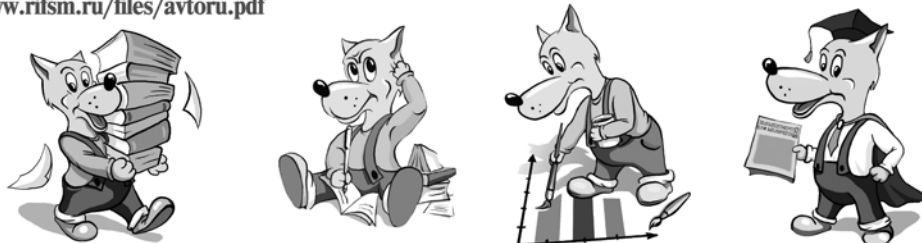
Кроме того, статьи, направляемые для опубликования, должны оформляться в соответствии с техническими требованиями изданий. Статьи, направляемые в редакцию журнала «Строительные материалы»®, должны соответствовать следующим **требованиям:**

- 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 языке; 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 году в журнале «Строительные материалы»® был опубликован ряд статей «Начинающему автору», ознакомится с которыми можно на сайте журнала

[www.rifsm.ru/files/avtoru.pdf](http://www.rifsm.ru/files/avtoru.pdf)



Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте издательства [www.rifsm.ru/page/7](http://www.rifsm.ru/page/7)





Строительные материалы и оборудование

**5-8 апреля 2011**

Москва ▪ ЦВК «Экспоцентр»

[www.mosbuild.com](http://www.mosbuild.com)



Реклама

Организатор:



ITE Москва  
+7 (495) 935 7350  
mosbuild@ite-expo.ru  
www.mosbuild.com

При поддержке:



При содействии:



# ВСЕЛУГ

## ЗАВОДЫ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СУХИХ СМЕСЕЙ

- фасовочные машины
- интенсивные смесители
- весовые дозаторы
- виброклассификаторы
- рукавные фильтры
- системы управления на базе PC и PLC

[www.vselug.ru](http://www.vselug.ru)

