

## СОДЕРЖАНИЕ

### Ячеистые бетоны: наука и практика

В.П. ВЫЛЕГЖАНИН, В.А. ПИНСКЕР

#### Газобетон в жилищном строительстве и перспективы его производства и применения в Российской Федерации ..... 6

Показана история внедрения технологии производства автоклавного ячеистого бетона в СССР с конца 30-х гг. XX в. и его массового применения с начала 60-х гг., когда на Домостроительном комбинате № 3 в Ленинграде был введен в действие завод, работающий по технологии «Сипорекс». Представлены различные варианты применения автоклавного газобетона в виде плит, крупных и мелких блоков для малоэтажного, многоэтажного и высотного строительства. На множестве примеров доказано, что автоклавный ячеистый бетон является одним из самых перспективных конструктивно-теплоизоляционных материалов для современного жилищного и гражданского строительства. Приведена информация по действующим в России заводам, их производственной мощности, а также перспективы развития данной подотрасли промышленности.

Е.Г. ВЕЛИЧКО

#### Теплопроводность пенобетона с оптимизированным дисперсным составом ..... 9

На основе фундаментальных научных положений описан механизм переноса тепла в твердом теле. Рассмотрены направления исследования теплопроводности реальных капиллярно-пористых тел, в том числе бетона, и дисперсных сред. Выявлены качественные закономерности переноса теплоты в таких системах, приведены расчетные соотношения. Показана зависимость теплопроводности от наличия кристаллической, аморфной фазы. Обосновано влияние мелкодисперсных добавок и пластификаторов на теплопроводность ячеистого бетона. Теоретические положения проиллюстрированы примером изготовления пенобетона с добавками тонкомолотого шлака, микрокремнезема и пластификаторов С-3 и Эмбэлит.

А.З. ЕФИМЕНКО

#### Неавтоклавный газобетон на песке из отходов дробления бетона ..... 13

Приведены результаты исследования возможности применения песчаной фракции, получаемой как отход дробления лома бетонных и железобетонных изделий. Показано, что для получения газобетонных блоков неавтоклавного твердения с плотностью 650–750 кг/м<sup>3</sup> и минимальной усадкой можно применять до 40% каменного песка. Прочность таких блоков составляет 4,5–5,5 МПа.

Л.В. МОРГУН, П.В. СМИРНОВА, В.Н. МОРГУН

#### О взаимосвязи между термодинамическими свойствами воды и пенобетонов ..... 14

Дано научное обоснование воздействия термодинамических свойств воды на рецептуру и структурообразование пенобетонов.

Н.Н. САЖНЕВА, Н.П. САЖНЕВ, Е.А. УРЕЦКАЯ

#### Защитные системы для отделки ячеистого бетона пониженной плотности ..... 17

Приведена структура применения различных стеновых материалов в строительстве Республики Беларусь. Показано, что материалы из автоклавного газобетона признаны приоритетными. Перечислены действующие предприятия и перспективы развития этой подотрасли. Обоснованы требования к защитно-декоративным материалам для ячеистого бетона, проанализированы работы, выполненные в этом направлении в разные годы. Представлена защитно-декоративная система ячеистого бетона плотностью 600–700 кг/м<sup>3</sup> на основе модифицированных сухих строительных смесей для послойной отделки изделий.

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.

ФЕРРОНСКАЯ А.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, корп. 3

Тел./факс: (495) 976-22-08  
(495) 976-20-36

Телефон: (926) 833-48-13

E-mail: mail@rifsm.ru

http://www.rifsm.ru

С.С. ГЛАЗКОВ, А.В. СКРИПЧЕНКОВ, О.Б. РУДАКОВ

**Эффективные декоративно-отделочные составы для наружной отделки изделий из газобетона . . . . . 20**

Показано, что предварительный термодинамический расчет совместимости между наполнителем и связующим по методу Оуэнса и Вендта коррелирует с экспериментальными результатами. При этом прочность сцепления карбоксилатного латекса БСК-70/2 с ингредиентами позволяет заменить шлаковую пемзу агломерированным ВПЭТ не менее, чем на 40% и исключить дорогостоящую ГКЖ из состава декоративно-отделочного состава.

Я.Б. ЯКИМЕЧКО

**Неавтоклавные газобетоны с полидисперсными наполнителями на основе отходов промышленности . . . . . 24**

Рассмотрены способы улучшения эксплуатационных характеристик неавтоклавного ячеистого газобетона. Показано, что совместное использование двух наполнителей различной природы и дисперсности значительно уплотняет межпоровую перегородку, тем самым создаются стесненные условия для перекристаллизации гелеобразных продуктов гидратации в более устойчивые. При наличии свободного СаО, который фиксируется до 2 сут, формируется более плотная структура цементного камня.

**Отрасль в новых экономических условиях**

Г.Р. БУТКЕВИЧ

**Промышленность нерудных строительных материалов в условиях экономического кризиса . . . . . 26**

Показано, что на основе анализа ряда производственных показателей, как зарубежных, так и отечественных предприятий нерудной промышленности ПСМ симптомы приближающегося кризиса можно было отметить около года назад. Отмечено, что зарубежные компании, более закаленные циклическим развитием экономики, чем российские, предусматривают стратегию функционирования в условиях промышленного спада. Предлагается ряд мер, применимых на отечественных предприятиях.

**Международной научно-технической конференции MixBUILD 10 лет! . . . . . 30****Материалы и конструкции**

Г.Ф. БАЛМАСОВ, А.Е. СКВОРЦОВ, П.И. МЕШКОВ

**Теплоизоляционные штукатурки с пеностеклом . . . . . 32**

Показаны достоинства пеностекла как теплоизоляционного материала, приведены возможности применения гранулированного пеностекла в штукатурных сухих смесях, составах для устройства полов и кладочных составах. Приведены технические характеристики штукатурной смеси Ivsil Termosil и легкого кладочного раствора Ivsil Termolit на основе гранулированного пеностекла, производимых компанией «Ивсил ЕвроТрейд».

П.Г. ВАСИЛИК, И.В. ГОЛУБЕВ

**Новые эфиры целлюлозы для производства гипсовых штукатурок . . . . . 36**

Приведены основные свойства эфиров целлюлозы компании Samsung Fine Chemicals нового поколения. Определены области применения добавок для получения гипсовых составов. Даны рецептуры гипсовых смесей машинного и ручного нанесения, а также гипсовой шпатлевки. Проиллюстрирована технология и временные параметры нанесения гипсовой штукатурки машинным способом.

**Технологии и оборудование**

В.И. СИНЯНСКИЙ, Е.Н. ЛЕОНТЬЕВ

**Расширение номенклатуры изделий и совершенствование оборудования заводов силикатного кирпича . . . . . 42**

Приведены исторические и экономические предпосылки создания новых производств ячеистого бетона автоклавного твердения на базе заводов силикатного кирпича. Описана технологическая линия производства ячеистого бетона на заводе силикатного кирпича в г. Боровичи (Новгородская обл.) с использованием оборудования фирмы «АВИС» производительностью 20 тыс. м<sup>3</sup>/г. Обоснована целесообразность производства несущих элементов (многопустотных панелей перекрытий, лестничных площадок, маршей, колонн, ригелей) зданий из плотного силикатного бетона. Приведена технология их производства.

С.Ф. СМИРНОВ

**Позиционирование рецикла в трубных мельницах с многопродуктовым классификатором . . . . . 44**

Предложена ячеечная модель измельчения замкнутого цикла с многопродуктовым классификатором. Сформулирована и решена задача оптимального многопродуктового позиционирования рецикла.

А.В. СИНЯНСКИЙ

**«Бюджетные» системы автоматизации . . . . . 46**

Представлена компания «АВС-МК», занимающаяся реконструкцией, модернизацией и автоматизацией действующих производств, разработкой программного обеспечения и производством оборудования и АСУ практически для любых технологических процессов, связанных с многокомпонентным дозированием. Приведены характеристики многофункционального весового терминала ET-02, являющегося основной разработкой компании.

## Результаты научных исследований

А.М. КРАСНОВ, С.В. ФЕДОСОВ, М.В. АКУЛОВА

### **Влияние высокого наполнения мелкозернистого бетона на структурную прочность** ..... 48

Приведены результаты исследований структуры, прочности мелкозернистого бетона при различных режимах виброуплотнения. Показано, что для получения плотной структуры необходимо фракционирование песков, применять модифицированный цемент и кварцевый песок при их совместном помоле, использовать поливибрационный режим уплотнения.

Н.И. МАКРИДИН, И.Н. МАКСИМОВА

### **Механическое поведение конструкционного керамзитобетона при осевом сжатии** ..... 51

Исследованы закономерности прочностных и деформативных свойств заполнителей, исходя из особенностей их строения и степени пористости. Приведены диаграммы сжатия гранул керамзита, удельные деформации ползучести керамзитобетона в зависимости от интенсивности его обжаривания.

А.А. ЛУКАШ, К.А. ДЬЯЧКОВ

### **Строительные изделия из шпона и измельченных древесных отходов** ..... 54

Обоснована возможность изготовления столярно-строительных изделий из измельченной древесины с одновременным их облицовыванием, приведены исследования условий и параметров режима прессования, изготовлены опытные образцы.

Е.Н. ПОКРОВСКАЯ, В.В. ДМИТРИЕВ, И.Н. ЧИСТОВ, Ю.Л. КОВАЛЬЧУК

### **Химико-микологические исследования древесины свай в основаниях фундаментов памятников архитектуры** ..... 56

Полученные данные химико-микологического исследования древесины свай оснований фундаментов позволили показать механизм разрушения свай, прогнозировать их долговечность. Результаты исследований могут быть использованы при проектировании малоэтажного домостроения.

### **Развитие производства силикатного кирпича в России. СИЛИКАТЭкс-2008** ..... 58

Б.М. ШОЙХЕТ

### **Структура и проницаемость волокнистых теплоизоляционных материалов** ..... 60

Приведены результаты экспериментальных исследований воздухопроницаемости волокнистых теплоизоляционных материалов на основе стекловолокна и каменной ваты, которые подтвердили значительное влияние структуры и плотности на проницаемость этих материалов. Дано понятие индекса качества волокна. Обосновано различие воздухопроницаемости стекловолокнистых материалов и каменной ваты за счет различий технологии производства.

Ю.Г. БОРИСЕНКО, А.А. СОЛДАТОВ, С.О. ЯШИН

### **Битумно-минеральные композиции, модифицированные высокодисперсными отсевами дробления керамзита** ..... 62

Приведены результаты экспериментальных исследований применения высокодисперсных отсевов дробления керамзита в составах битумно-минеральных композиций в качестве наполнителя. Показано значительное повышение прочностных, эксплуатационных свойств (температуро- и сдвигустойчивости, трещиностойкости) таких материалов.

А.В. КОРОЧКИН

### **Влияние дорожно-климатических зон на прочность жесткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием** ..... 64

Дан анализ состояния дорожной одежды, особенности работы и параметры материалов, составляющих конструкцию. Исследованы прочностные свойства асфальтобетона и цементобетона, их состояние в зависимости от дорожно-климатических зон и возможный срок службы.

И.Б. ЧЕЛПАНОВ, С.И. ВОЗНЫЙ, А.В. КОЧЕТКОВ, А.В. ЧВАНОВ

### **Объекты и стандарты испытаний материалов в технике и дорожном хозяйстве** ..... 66

Рассмотрен ряд известных ситуаций в науке и технике для обоснования принципов подхода к выбору эксплуатационных показателей, их нормирования и методов испытаний, в том числе строительных и дорожных материалов, для разработки технических регламентов в соответствии с Законом «О техническом регулировании». Полученные выводы позволяют определить особенности и требования к совершенствованию нормативно-методического обеспечения испытаний материалов в дорожном хозяйстве.

### **Новости** ..... 72

В.П. ВЫЛЕГЖАНИН, канд. техн. наук, директор,  
В.А. ПИНСКЕР, канд. техн. наук, научный руководитель,  
Центр ячеистых бетонов (г. Санкт-Петербург)

## **Газобетон в жилищном строительстве, перспективы его производства и применения в Российской Федерации**

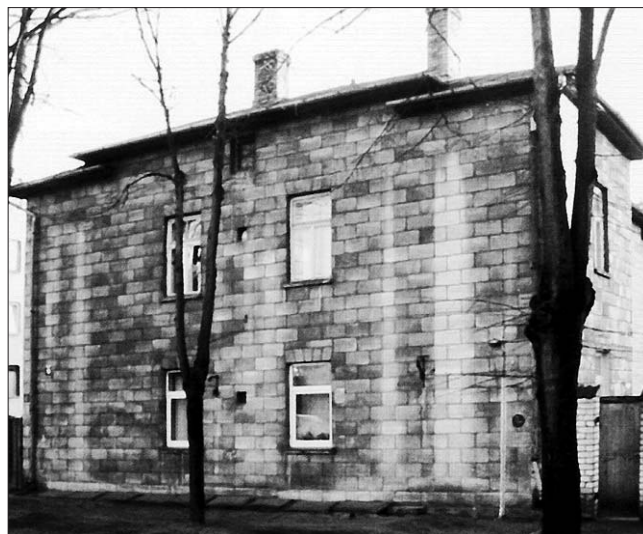
Промышленное производство автоклавного газобетона для жилищного строительства под названием Durox началось в 1924 г. в Швеции на фирме Skövde Gazobeton AB, который по лицензии был распространен в Дании, Франции, Голландии, Норвегии, Румынии и США.

На территории СССР первый газобетонный завод построен в 1937 г. в Риге (бывший завод «Ригипс», затем Цементно-шиферный завод) по лицензии фирмы «Сипорекс» (на цементе и песке). Жилые дома, построенные из мелких блоков, выпускавшихся этим заводом, успешно эксплуатируются уже 70 лет, не имея никаких дефектов даже при отсутствии наружной отделки (рис. 1).

В 1947 г. Польша купила у Швеции технологию и частично оборудование фирмы «Сипорекс» и построила у себя несколько заводов автоклавного газобетона, организовала их производство и начала продажу таких заводов. В СССР было продано десять заводов, построенных в Ленинграде, Ступино Московской области, Ижевске, Набережных Челнах, Пензе, Новосибирске, Барнауле, Павлодаре, Темиртау, Луганске. Все эти заводы работали на цементе и песке мокрого помола, за исключением Ступинского, освоившего технологию газосиликата.

Завод «Сипорекс» в Ленинграде (польской поставки) вошел в состав Домостроительного комбината № 3 (ДСК-3 Главленинградстроя), введен в эксплуатацию в 1959 г. Из-за несовершенства технологии изготовления мелких блоков в плоских формах размером

0,24×1,59×6 м с резкой толстыми струнами методом вертикального продавливания блоки оказались непригодными для массового строительства. Были запроектированы дома из крупных полупанелей, изготовляемых в этих формах, и отработана технология их изготовления, включая смесеприготовление, антикоррозионную защиту арматуры, установку арматурных каркасов с заклад-



**Рис. 1.** Дом из мелких газобетонных блоков без штукатурки (возраст 70 лет)



**Рис. 2.** Панорама застройки Ленинграда первыми газобетонными 5–9-этажными крупнопанельными домами





**Рис. 3.** Панорама застройки Санкт-Петербурга домами серии ЛГ-600.11

ными деталями, формование и автоклавирование. Из этих крупных полупанелей в 1960–1964 гг. были построены 5- и 9-этажные жилые дома общей площадью почти 900 тыс. м<sup>2</sup> и далее по 400 тыс. м<sup>2</sup> ежегодно. Панорама застройки такими домами представлена на рис. 2. В этих домах поперечные несущие стены с шагом 5,6 м выполняли из газобетона со средней плотностью 1000 кг/м<sup>3</sup>, классом прочности при сжатии В5, толщиной 240 мм, обеспечивающего при такой толщине и плотности требуемую звукоизоляцию от воздушного шума.

Для заводов автоклавного газобетона польской поставки, основываясь на исследованиях и опыте ДСК-3, Ленинградским филиалом Академии строительства и архитектуры СССР (преобразованным позднее в ЛенЗНИИЭП) были разработаны проекты цельногазобетонных 5-этажных жилых домов, построенных в Пензе в 1965 г. и Павлодаре в 1968 г., которые стали прототипом общесоюзной серии I-468 АЯ цельногазобетонных домов.

В 70-е гг. прошлого века на ДСК-3 были освоены резательная установка собственного изготовления, мешалка на 12 м<sup>3</sup> и формы для массива объемом 17,74 м<sup>3</sup> (длина 6, ширина 1,68 и высота 1,6 м), разрезаемого на изделия толщиной 0,24 м. Составы газобетонной смеси (на цементе и песчаном шламе, без добавки извести и гипса), включая стабилизаторы массы и регуляторы газообразования, разработаны сотрудниками ДСК-3. Соответствующие для этих изделий проекты домов (серия ЛГ-600, так называемые корабли) разработаны ЛенЗНИИЭП и Ленпроектom. Эти дома возводились не только в Ленинграде и области, но и в других городах, в том числе в Новом Уренгое (180 тыс. м<sup>2</sup> общей площади) с расчетной температурой – 50°С.

Газобетонными стенами производства ДСК-3 были одеты также дома серии 137 ГБ. В настоящее время ведется застройка домами усовершенствованной серии ЛГ-600.11 (рис. 3) со стенами из газобетона D600 толщиной 360 мм.

Используя плоские формы ДСК-3 изготовил комплект газобетонных изделий (наружные и внутренние стены из крупных блоков высотой на этаж, панели перекрытий и покрытий длиной 6 м, перегородки). И в 1971 г. ПМК-1 треста № 3 Главленинградстроя смонтировал блокированный 20-квартирный 20-секционный (каждая блок-секция



**Рис. 4.** 2–3-этажный дом серии 126, выстроенный в Риге (Латвия)



**Рис. 5.** Цельногазобетонные дома серии 126: а – в крупноблочном исполнении (гг. Тверь и Ржев); б – в мелкоблочном варианте (г. Астрахань)



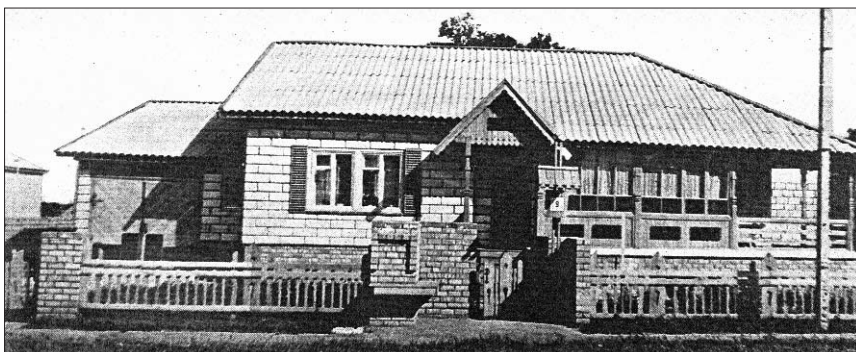


Рис. 6. Одноэтажный усадебный дом с гаражом серии 216



Рис. 7. Малоэтажные мелкоблочные дома



Рис. 8. Многоэтажные дома из газосиликатных блоков, строящиеся в Санкт-Петербурге

— на одну двухэтажную квартиру с подвалом) цельногазобетонный дом серии 126 (рис. 4). Этот дом, запроектированный ЛенЗНИИЭП, явился прототипом целой серии типовых домов высотой от одного до пяти этажей для городов и поселков (рис. 5). Дома этой серии были построены в Латвии, Белгороде-Днестровском (Украина), Твери, Ржеве и Астрахани. В последнем случае стены выполнены в мелкоблочном варианте (даже без отделки), а перекрытия — в панельном (длиной до 6 м) с поэтажным опиранием на них газобетонной кладки. Большое распространение двухэтажные блокированные дома этой серии получили в Казахстане на базе заводов автоклавного газобетона польской поставки (Павлодар и Темиртау).

Для сельских жителей ЛенЗНИИЭП был разработан проект усадебных домов с надворными постройками (типовая серия 216), получившая широкое применение в Саратовской области (рис. 6). Стены выполнены из мелких газобетонных блоков, уложенных на растворе, с расшивкой швов, без наружной отделки, что значительно снизило стоимость строительства без ухудшения качества. Из мелких газобетонных блоков в Санкт-Петербурге построены целые кварталы малоэтажных жилых домов в северной части города (рис. 7), а также дома от 16 до 30 этажей с поэтажным опиранием кладки и облицовкой ее кирпичом (рис. 8).

Отметим, что во всех домах, построенных в СССР, т. е. в странах, входивших в его состав, с применением мелких блоков, армирования швов между ними не производилось и, как показали результаты испытаний и обследований, никаких дефектов не обнаружено, что, кстати, соответствовало отечественным нормативным документам и типовым решениям, разработанным ведущими институтами страны (НИИЖБ, ЦНИИСК, НИИСФ, Уралпромстройниипроект Госстроя СССР, ЛенЗНИИЭП и ЦНИИИЭП жилища Госгражданстроя при Госстрое СССР, ВНИИСТРОМ, ВНИИжелезобетона и НИПИсиликатобетона Минстройматериалов СССР).

В Эстонии получило широкое распространение строительство жилых домов из сланцезольного газобе-



Рис. 9. Панорама застройки Екатеринбурга домами с газозолобетонными наружными стенами на два окна



тона (бесцементного) на базе золы-уноса от сжигания горючих сланцев и кварцевых хвостов комбината «Фосфорит». Сланцево-зольно-газобетонные изделия применялись как в крупнопанельном варианте, так и мелкоблочном. К сожалению, Нарвский комбинат, выпускавший эти изделия в объеме до 350 тыс. м<sup>3</sup> в год и решивший в Эстонии жилищную проблему, после отделения республики от России был закрыт.

Оригинальным видом автоклавных газоячеистых бетонов, разработанных в СССР, является газосиликальцит, технология которого основана на совместном помоле низкоактивной извести и кварцевого песка с помощью дезинтегратора (стержневого смесителя). Газосиликальцит, по нашему мнению, является незаслуженно забытым материалом, ибо он позволяет из низкокачественного сырья и отходов промышленности на простейшем оборудовании получать хороший материал низкой себестоимости. Мы считаем, что эту технологию необходимо возродить и развивать, особенно учитывая дороговизну цемента и наличие больших запасов известняков.

В Свердловске (ныне Екатеринбург) на основе отечественной технологии и оборудования (с автоклавами диаметром 3,6 м) было освоено производство двухмодульных (на два окна) панелей из автоклавного газозолобетона (на цементе и золе-уноса Свердловской ТЭЦ). ДСК-1, в состав которого входил завод им. Ленинского комсомола построил более 8 млн м<sup>2</sup> домов от 5 до 18 этажей с газозолобетонными панелями, изготовленными в плоских формах с отделкой «лицом вниз» дробленым уральским камнем, уложенным на дно форм (рис. 9). За 40-летний период эксплуатации этих домов никаких дефектов не обнаружено, по данным Уралпромстройинспекта, обследовавшего эти дома.

Массовое строительство жилья из автоклавного газосиликата по собственной технологии ведется в Якутии для работников алмазодобывающей промышленности (Айхал, Мирный, Удачное). Сырьем служат известняки вскрышных пород алмазных карьеров («трубок»). Панели поперечных несущих стен 5-этажных домов делают из плотного силикатного бетона (с добавкой вскрышного гравия, для повышения трещиностойкости), а панели наружных стен — из газосиликата на собственной извести-кипелке. Наружные стены выдержали 30-летнюю эксплуатацию при зимних температурах до -55°С.

В Белоруссии, где работают 9 заводов газосиликата, выпускающих более 2,5 млн м<sup>3</sup> в год изделий на основе собственной извести и по технологии с применением ударного формования, почти все жилищное городское (рис. 10) и сельское (рис. 11) строительство ведется с применением ячеистого бетона, который также поставляют в Москву и Санкт-Петербург.

Помимо отечественного имеется богатый зарубежный опыт жилищного строительства с применением автоклавного ячеистого бетона.

Уже в 1954 г. заводы фирмы «Итонг» работали в Бельгии, Израиле, Канаде, Норвегии, Польше, Германии. В Германии строили жилые односемейные дома из газосиликатных изделий фирмы «Итонг», возводились и многоэтажные дома из составных панелей размером на одну и две комнаты. Два завода поставки фирмы «Итонг» работают в России — в Новосибирске и Самаре, производя в настоящее время в основном мелкие блоки.

Как уже указывалось, большой опыт газобетонного производства и строительства имеет фирма «Сипорекс», явившаяся стимулятором и советского газобетонного строительства. Заводы «Сипорекс» работали в Бельгии, Канаде, Конго, Дании, Финляндии, Франции, Германии, Великобритании, Японии, Мексике, Норвегии, Польше, Швейцарии, Венесуэле, Югославии, Китае,



Рис. 10. Дома с газобетонными навесными панелями



Рис. 11. Сельское газобетонное строительство в Беларуси



Рис. 12. 7-этажный дом из блоков вертикальной разрезки





**Рис. 13.** 43-этажный небоскреб со стенами и перекрытиями фирмы «Сипорекс»



**Рис. 14.** 17-этажные дома в Швеции с навесными панелями фирмы «Сипорекс»

Италии, естественно, в самой Швеции и на Кубе. Заводы получили такое большое распространение потому, что цемент был дешев и хорошего качества, а пески, особенно мелкие, имеются везде.

На рис. 12 показано строительство 7-этажного дома в Швеции из вертикальных стеновых блоков. На рис. 13 представлен 43-этажный небоскреб в Мексике, где из газобетона фирмы «Сипорекс» выполнены наружные стены и перегородки. Небоскреб не имел дефектов даже после разрушительного землетрясения 1957 года. На рис. 14 изображены 17-этажные жилые дома в Швеции с навесными наружными стенами из «сипорексовых» панелей. Имеется также большой опыт строительства общественных и промышленных зданий, который здесь не освещается.

В Дании завод газобетонных изделий фирмы «Henriksen plus Henriksen» (H+N Industry) в Ольстедде вблизи Копенгагена работает с 1937 г. на базе известкового производства и выпускал 1000 м<sup>3</sup> газобетона в день. Помимо известеобжиговых печей компания «H+N» владела карьерами по разработке песка, гравия и камня. По лицензии компании работали два завода «Селкон» в Англии (вблизи Лондона и Бирмингема), выпускавшие газобетонные блоки на основе цемента и золы. Завод в Ольстедде работал по собственной оригинальной рецептуре с расходом на 1 м<sup>3</sup> газобетона 70 кг портландцемента, 90 кг извести, 50 кг золы из отвалов гидрозолоудаления местной ТЭЦ (без помола) и 50 кг песка мокрого помола. Использовалась также алюминиевая пудра, изготовляемая по специальной рецептуре завода, и химические добавки — ускорители схватывания и стабилизаторы. На одной технологической линии изготовлялись мелкие блоки, на другой — армированные изделия.

Во всем мире автоклавный газобетон имеет широкое применение в жилищном строительстве.

Нигде в эксплуатируемых и обследованных домах со стенами из автоклавного газобетона не обнаружено существенных дефектов, а тем более признаков разрушения (за срок эксплуатации 40–70 лет), даже при отсутствии поясного контурного армирования газобетонной кладки, которое не требуется по нашим нормам (на основании обследований и силовых испытаний).

В последнее время интерес отечественных строителей к ячеистым бетонам существенно возрос. Заметное увеличение его производства в РФ началось с 2000 г. Уже в 2003 г. газобетона выпускалось 2,6 млн м<sup>3</sup>, а в 2007 г. — 5,60 млн м<sup>3</sup>. За последние 5 лет было введено в строй и модернизировано в общей сложности 17 заводов. В 2008 г. действующие предприятия планируют увеличить объемы производства на 820 тыс. м<sup>3</sup>, т. е. выпускать автоклавного газобетона 6,4 млн м<sup>3</sup>. Практически все заводы, работающие на старом оборудовании и запущенные более 10 лет назад, рассматривают варианты замены устаревшего оборудования на современное.

В данный момент в стране строится и проектируется 31 новый завод. Предварительная суммарная мощность всех проектируемых заводов составит в 2010 г. около 10 млн м<sup>3</sup> автоклавного газобетона.

Таким образом, в 2010 г. выпуск автоклавного газобетона должен составить около 17 млн м<sup>3</sup>/год.

Однако для более широкого продвижения газобетона в строительстве необходимо, чтобы проектировщики не боялись закладывать его в проекты. Для этого они должны иметь пособия, в которых даны конструктивные решения, методы расчета таких конструкций и объективные сведения о его физико-технических характеристиках, его экологические, противопожарные и эксплуатационные преимущества в сравнении с другими стеновыми материалами.



Е.Г. ВЕЛИЧКО, д-р техн. наук,  
Московская государственная академия коммунального хозяйства и строительства

## Теплопроводность пенобетона с оптимизированным дисперсным составом

Ячеистый бетон, в том числе пенобетон, получает все более массовое применение для устройства однослойных ограждающих конструкций зданий, что связано с высоким уровнем комфортности жилых помещений, а также с его высоким коэффициентом теплотехнической однородности, в 1,3–1,5 раза превышающим теплотехническую однородность многослойных конструкций. Учет теплотехнической однородности при расчете термического сопротивления приводит к увеличению толщины однослойных ограждающих конструкций в 1,05 раза, а многослойных – в 1,3 раза и более. Для обеспечения более высокой конкурентоспособности является актуальным повышение прочности матрицы пенобетона, снижение его плотности и соответственно теплопроводности, обеспечивающей уменьшение толщины ограждающих конструкций здания, снижение их стоимости.

Таким образом, теплопроводность является одной из наиболее важных характеристик ячеистого бетона. Понимание механизма теплопередачи поможет в создании эффективных материалов для устройства ограждающих конструкций зданий и сооружений.

Механизм переноса тепла в твердом теле, в том числе в бетоне, обуславливается характером тепловых движений в нем [1]. Твердое тело представляет собой совокупность атомов, совершающих колебания. При этом наличие связи между атомами в кристалле приводит к возникновению колебаний групп атомов. Кристалл – это ограниченное по размерам тело, а в таком теле колебания приводят к возникновению стоячих волн. Наибольшая длина волны соответствует колебанию всего кристалла, по его длине устанавливается стоячая волна  $2l = \chi$  ( $\chi$  – длина свободного пробега волны). Но кристалл колеблется не только как одно целое – устанавливаются колебания отдельных групп молекул, отдельных атомов в молекуле. В кристалле устанавливается столько различных стоячих волн, сколько имеется степеней свободы. Твердое тело, состоящее из  $N$  атомов, имеет  $3N$  степеней свободы. Кроме того, группы атомов, образующих, например, молекулу в молекулярном кристалле, могут колебаться как единое целое, увеличивая этим общее число степеней свободы. В некоторых веществах могут быть еще и вращательные степени свободы. Если таких групп атомов будет  $n$ , то общее число возможных стоячих волн в твердом теле  $3nN$ . Наложение этих волн и составляет тепловое движение в кристалле. Самая длинная волна определяется размерами тела  $l$ ,  $\chi_1 = 2l$ , она называется акустической волной, самая короткая определяется периодом атомной решетки  $d$ ,  $\chi_2 = 2d$ . Стоячие волны, вызываемые колебаниями отдельных атомов и групп атомов, называются оптическими.

В теоретической физике установлено, что энергия тела меняется порциями – квантами, величина энергии

кванта  $\epsilon = h\nu$  ( $h$  – постоянная Планка) пропорциональна частоте колебаний  $\nu$ . Перенос энергии в твердом теле при возникновении в нем тепловых волн эквивалентен распространению некоторых квантов энергии, получивших название *фононов*.

Фононы, так же как электроны проводимости металлов, осуществляют теплопроводность твердого тела, то есть перенос тепла в так называемом *фононном газе* осуществляется столкновениями фононов с атомами решетки. Они рассеиваются при столкновениях с дефектами кристаллической решетки и при столкновениях друг с другом. Энергия фонона, как и кванта, определяется частотой  $\nu$ , поэтому для данного вида фононов энергия постоянна. Изменение температуры тела означает изменение числа фононов в нем. *Фононы обычно называют квазичастицами*, так как в отличие от обычных стабильных частиц они могут возникать и исчезать при нагревании и охлаждении тела. При температуре абсолютного нуля фононы отсутствуют, а с повышением температуры их число возрастает, но не линейно, а по более сложному закону.

Поскольку фононы появляются как некоторая форма упругих колебаний в твердом теле, скорость их распространения должна равняться скорости распространения упругой волны, то есть скорости звука. Это обстоятельство должно было бы обеспечить очень большую теплопроводность твердого тела, во много раз превышающую наблюдаемую на практике. Однако фононы, как указывалось выше, испытывают многочисленные столкновения с атомами, дефектами решетки, другими фононами и рассеиваются при этом, поэтому скорость их распространения оказывается очень малой.

Поскольку фононы рассматриваются как квазичастицы или как газ, состоящий из фононов, вводится понятие о длине свободного пробега фонона аналогично понятию о длине свободного пробега молекулы. Свободный пробег фонона ограничивается столкновениями с граничными поверхностями и неоднородностями кристалла и столкновениями фононов между собой. Весьма сложные расчеты показывают, что средняя длина свободного пробега фононов  $\lambda$  обратно пропорциональна абсолютной температуре ( $1/T$ ). Поэтому и коэффициент теплопроводности  $\lambda$  обратно пропорционален температуре:

$$\lambda = \frac{a}{T},$$

где  $a$  – некоторая константа, различная для различных веществ.

По аналогии с теплопроводностью газов считают, что теплопроводность неметаллических кристаллов пропорциональна длине свободного пробега фононов  $\lambda$ , тогда коэффициент теплопроводности кристалла

$$\lambda = \frac{1}{3} c u \chi,$$

где  $c$  — теплоемкость единицы объема;  $u$  — скорость звука.

Формула Фурье для теплопроводности кристалла имеет вид:

$$Q = \frac{1}{3} c u \chi S t \frac{T_1 - T_2}{l},$$

где  $S$  — площадь сечения кристалла, перпендикулярная направлению теплового потока;  $t$  — время;  $l$  — длина кристалла;  $T_1 - T_2$  — разность температуры.

Теплопроводность металлических кристаллов на один-два порядка больше, что связано с участием в передаче теплоты электронов проводимости (закон Видемана—Франца). При обычной температуре электронная часть теплопроводности много больше решеточной. Этим и объясняется высокая теплопроводность металлов по сравнению с неметаллами, в том числе бетонами, в которых фононы — единственные переносчики тепла, а теплопроводность называют решеточной.

Так, коэффициент теплопроводности алюминия равен 238 Вт/(м·°С), железа — 58,5–71 Вт/(м·°С), у кварца он не превышает 5 Вт/(м·°С), а у тяжелого бетона — 1,51 Вт/(м·°С). Коэффициент теплопроводности газов при нормальных условиях  $\sim 10^{-3}$  Вт/(м·°С), у воздуха он равен 0,023 Вт/(м·°С). На низкой теплопроводности воздуха основано снижение коэффициента теплопроводности пористых строительных материалов, в том числе ячеистых бетонов.

Теплопроводность реальных капиллярно-пористых тел, в том числе бетона, и дисперсных сред исследуется двумя путями [2].

Первый путь — экспериментальное исследование теплофизических характеристик материалов при помощи известных методов, базирующихся на решении задач теплопроводности для тел различного состава и формы. Теоретические положения при этом соблюдаются с некоторым приближением, хотя эффективные значения теплофизических свойств материала определяются с достаточно высокой точностью. Этот путь получил преимущественное применение при исследовании теплофизических характеристик строительных материалов.

Однако чисто эмпирический подход к проблеме переноса теплоты в капиллярно-пористых и дисперсных системах не позволяет учитывать взаимного влияния различных факторов на фундаментальные процессы ее переноса в гетерогенных системах и соответственно осуществлять оптимизацию состава таких систем по теплофизическим параметрам.

В настоящее время распространение получает второй путь, основанный на рассмотрении фактической структуры капиллярно-пористого или дисперсного материала, моделировании такой системы и последующем расчете ее эффективной теплопроводности для реальных условий работы материала.

Широко распространенным и достаточно эффективным методом теоретического исследования теплопроводности капиллярно-пористых тел и дисперсных сред по А.В. Лыкову [2] является использование для этой цели принципа обобщенной проводимости. Он базируется на аналогии между дифференциальными уравнениями стационарного потока теплоты, электрического тока, электрической и магнитной индукции, потока массы. Такая аналогия дает возможность использовать для расчета тепловой проводимости системы основные соотношения электростатики и электродинамики.

Использование принципа обобщенной проводимости оказывается наиболее эффективным, если оно со-

провождается рассмотрением структуры материала, оценкой пористости системы, размеров частиц и пор, способов контактирования частиц между собой, оценкой влияния кондуктивной, конвективной и радиационной составляющих на эффективную теплопроводность системы.

Передача теплоты в дисперсных материалах по А.В. Лыкову [2] осуществляется посредством:

1) теплопроводности самих частиц материала;  
2) теплопроводности газа, заполняющего поры материала;

3) теплопроводности газового микроразора между частицами;

4) передачи теплоты теплопроводностью от одной частицы к другой в местах их соприкосновения (контактной теплопроводностью);

5) конвекции газа, в среде которого находится материал, например, засыпка;

6) излучения от частицы к частице.

Очевидно, что эффективная теплопроводность такой системы является сложнейшей функцией температуры, давления газа, состояния вещества (аморфное, кристаллическое), химического состава материала и газа, пористости, размеров и формы частиц и пор, степени черноты и температуры граничных поверхностей, коэффициента accommodation поверхности частиц по отношению к газу-наполнителю и многих других факторов.

Поэтому применяемые расчетные соотношения выведены на основе некоторых принципиальных и частных допущений, на основе упрощения физической модели переноса теплоты и идеализированного представления о структуре материала. Одним из основных допущений, общепринятых при рассмотрении процессов переноса теплоты в капиллярно-пористых и дисперсных средах при определенных условиях, является предположение об аддитивности различных механизмов переноса теплоты в таких системах и в связи с этим о возможности пренебрежения тем или иным видом переноса теплоты в определенных условиях. Анализ многочисленных теоретических исследований и большого числа экспериментальных данных позволил в общем случае выявить следующие качественные закономерности переноса теплоты в капиллярно-пористых телах и дисперсных средах [2].

1. Теплопроводность материала частиц не оказывает решающего влияния на эффективную теплопроводность дисперсного материала, и ее роль, особенно для неметаллических материалов, достаточно мала.

2. Эффективная теплопроводность капиллярно-пористых и дисперсных материалов очень сильно зависит от теплопроводности газа-наполнителя. В бетоне это обычно воздух или паровоздушная смесь с коэффициентом теплопроводности 0,023 Вт/(м·°С).

3. Значительное влияние на эффективную теплопроводность материала оказывает теплопроводность газового микроразора между частицами.

4. Контактная теплопроводность между частицами является определяющей при невысокой температуре и низком давлении газа; при нормальном давлении ею можно пренебречь.

5. При глубоком вакууме эффективная теплопроводность дисперсного материала при повышенной температуре почти полностью обусловлена лучистым теплообменом; в условиях высокой температуры лучистая составляющая теплопроводности является определяющей при любых давлениях газа-наполнителя.

6. Конвективным переносом теплоты в дисперсной или капиллярно-пористой системе в подавляющем большинстве случаев можно пренебречь, так как очень малые размеры пор и микроразоров на стыке частиц препятствуют возникновению конвективных потоков под действием температурного градиента. Конвективным теплообменом



в порах можно пренебречь при частицах диаметром не более 4–6 мм или размере пор менее 2 мм. При размере частиц 4–6 мм и их наименее плотной простой кубической упаковке диаметр окружности, вписанной между четырьмя соседними частицами, равен  $0,41D$  ( $D$  – диаметр сферической частицы), или 1,64–2,46 мм – в среднем 2,05 мм. Диаметр в наиболее широкой части равен  $0,73D$ ; или 2,92–4,38 мм. Большинство реальных капиллярно-пористых и дисперсных систем имеет размер частиц меньше указанного. При этом тонкодисперсная структура пор и ячеек при равной интегральной пористости обеспечивает более низкую теплопроводность бетона.

7. Значимое влияние на эффективную теплопроводность дисперсной системы при повышенных температурах оказывает диаметр частиц, так как он определяет «число рассеивающих экранов». При прочих равных условиях системы с меньшим диаметром частиц имеют меньшую теплопроводность, так как «число рассеивающих экранов» при этом увеличивается.

Расчетные соотношения, полученные для определения эффективной теплопроводности капиллярно-пористых и дисперсных систем, условно делят на три группы: соотношения, позволяющие оценить их эффективную теплопроводность при давлении, близком к атмосферному, при низкой и умеренной температуре; соотношения, учитывающие зависимость теплопроводности газа от давления и поэтому используемые для расчета эффективной теплопроводности материалов в разреженной среде; соотношения, учитывающие лучистую теплопередачу и используемые при расчете эффективной теплопроводности при повышенной температуре.

В качестве простейшей капиллярно-пористой или дисперсной системы рассматривается система, состоящая из чередующихся друг с другом плоских слоев твердого скелета системы и газа, где слои могут быть расположены как перпендикулярно направлению теплового потока, так и параллельно ему. В первом случае эффективная теплопроводность системы минимальна и определяется выражением:

$$\lambda_{эфф}^{мин} = \frac{\lambda_d \cdot \lambda_n}{P\lambda_d + (1-P)\lambda_n}$$

Во втором случае эффективная теплопроводность максимальная:

$$\lambda_{эфф}^{макс} = P\lambda_n + (1-P)\lambda_d$$

где  $\lambda_d$  и  $\lambda_n$  – теплопроводность соответственно диспергированной и непрерывной фазы;  $P$  – пористость.

Эти соотношения ввиду исключительности описываемых ими предельных случаев и игнорирования характера контактов и структуры применяются лишь для определения диапазона, в котором находятся значения эффективной теплопроводности реальных капиллярно-пористых и дисперсных систем. Они не учитывают также состояния вещества – кристаллическое, аморфное или смешанное (например, доменный гранулированный шлак). Теплопроводность одного и того же вещества, например кварца, в кристаллическом и аморфном состояниях может значительно отличаться между собой при низкой температуре, а при повышении температуры их коэффициенты теплопроводности становятся более близкими друг к другу [3]. При этом теплопроводность вещества в аморфном состоянии обычно остается более низкой. Такое положение связано со средней длиной свободного пробега фононов и ее зависимостью от температуры, степени неупорядоченности структуры и размеров структурных ячеек материала.

Теплопроводность веществ, представленных частично кристаллической и аморфной составляющими, находящимися в полном механическом контакте, также характеризуется более низкими ее значениями относительно веществ кристаллического строения. В снижение коэффициента теплопроводности вносит вклад аморфная составляющая материала, а также увеличение теплового сопротивления в местах контактов аморфных и кристаллических областей, и, это, видимо, связано с увеличением числа дефектов решетки в граничной зоне, рассеивающих фононы. Поэтому бетоны с использованием в качестве вяжущего вещества шлакопортландцемента характеризуются более низким (на 10–15% и более) коэффициентом теплопроводности относительно портландцементных бетонов [4, 5].

Очевидно, что высокоэффективным минеральным модификатором бетона, существенно снижающим его коэффициент теплопроводности, является микрокремнезем с дисперсностью 20–30 м<sup>2</sup>/г, представленный аморфным диоксидом кремния в количестве 85–98%. Дисперсность микрокремнезема на уровне наночастиц обеспечит большое число экранов, рассеивающих фононы, что значительно снизит коэффициент теплопроводности бетона.

Влияние на теплопроводность бетона оказывает также его влагосодержание, так как во влажном капиллярно-пористом теле вместе с переносом энергии в виде теплоты происходит перенос энергии за счет массопереноса. Вода в бетоне распределяется в порах. Коэффициент теплопроводности воды в 25 раз превышает теплопроводность воздуха и составляет 0,58 Вт/(м·°С). В результате зависимости между коэффициентом теплопроводности  $\lambda_3$  и влагосодержанием имеет следующий характер: при увеличении влагосодержания коэффициент теплопроводности увеличивается, а затем достигает максимального значения. Дальнейшее увеличение влагосодержания тела незначительно влияет на теплопроводность, а для некоторых влажных материалов даже наблюдается снижение  $\lambda_3$  (зависимость  $\lambda_3$  (W) имеет экстремальный характер) [2]. При замораживании бетона и переходе воды в лед наблюдается повышение его теплопроводности, так как коэффициент теплопроводности льда составляет 2,3 Вт/(м·°С).

Положительным аспектом применения микрокремнезема в пенобетоне является также то, что если капиллярный потенциал его частиц, распределенных по поверхности пузырьков пены, будет превышать упругость пленки, то поверхность жидкости пузырька будет подниматься по капилляру до состояния равновесия действующих сил, повышая упругость и устойчивость пленки и препятствуя стеканию жидкости на границу Плато. Такой механизм действия микрокремнезема определяет высокую устойчивость и дисперсность пузырьков пены, а также повышенный коэффициент ее использования (КИП). Стеканию жидкости будут препятствовать также частицы микрокремнезема, связанные с поверхностью пузырька адсорбционными и электростатическими силами, обеспечивая его высокую поверхностную вязкость и придавая пене состояние, соответствующее псевдотвердому.

Стекание жидкости на границу Плато является негативным фактором, так как приводит к уменьшению КИП и интегральному снижению прочности за счет образования в пенобетоне микрообъемов пониженной прочности с повышенным значением В/Ц, являющихся зародышами разрушения [5]. Кроме того, практически все используемые виды пенообразователей замедляют твердение цементных систем, снижая их прочность.

В экспериментальной работе модификация структуры пенобетона осуществлялась путем использования химических и минеральных модификаторов. В качестве химических модификаторов применялись суперпласти-

фикатор С-3 в количестве 0,6% и ускоритель твердения «АС» – 0,07% массы цемента, а в качестве минеральных – тонкодисперсный шлак Новолипецкого металлургического комбината с оптимальной дисперсностью [6], на 140–150 м<sup>2</sup>/кг превышающей удельную поверхность цемента – первый уровень оптимизации дисперсного состава пенобетона. Основное распределение частиц тонкодисперсного шлака происходит в межчастичных пустотах портландцемента [6].

Модификатор Эмбэлит 10-100 – второй уровень оптимизации применялся с дисперсностью 1500 м<sup>2</sup>/кг, которая в 4,8–4,9 раза превышает дисперсность портландцемента. В межчастичных пустотах многокомпонентного цемента (портландцемент + тонкодисперсный шлак) распределяется по одной или две частицы размером 3–5 мкм модификатора Эмбэлит 10-100, а пустотность системы уменьшается на 3–4 абс. %.

Третий уровень оптимизации дисперсного состава пенобетона обеспечивался применением микрокремнезема с дисперсностью 20000–30000 м<sup>2</sup>/кг [5]. Соотношение дисперсности микрокремнезема и портландцемента приблизительно в два раза больше отношения дисперсности портландцемента к удельной поверхности мелкого и крупного заполнителей для бетона. По закону аналогии частицы микрокремнезема при содержании в количестве 5–8% за счет адсорбционных и электростатических сил обволакивают частицы портландцемента, тонкодисперсного шлака и модификатора Эмбэлит 10-100, частично распределяясь в пустотах последнего, образуя самоорганизованную наноструктуру цементного камня. Многоуровневая оптимизация дисперсного состава пенобетона обеспечивает снижение его межчастичной пустотности на 9–12%.

Для приготовления пенобетона применялись портландцемент ПЦ500-Д0 и пенообразователь ПБ-2000.

Применение тонкодисперсного шлака в количестве 40% взамен эквивалентной части цемента снизило водотвердое отношение пенобетонной смеси на 5%, повысило прочность пенобетона на 24–29% и на 22,4% снизило его коэффициент теплопроводности при сохранении деформаций усадки практически на уровне усадки контрольного состава (см. таблицу).

При комплексном использовании тонкодисперсного шлака, микрокремнезема в количестве 8% массы цемента и суперпластификатора С-3 наблюдается более

значимое (на 59–68%) повышение прочности пенобетона и снижение (на 26,6%) коэффициента теплопроводности. В большей степени (на 34%) уменьшились деформации усадки пенобетона.

Таким образом, экспериментальные исследования подтверждают теоретические положения о существенном снижении теплопроводности пенобетона при использовании тонкодисперсного шлака со смешанным состоянием (аморфное и кристаллическое) и высокодисперсного аморфного диоксида кремния в виде микрокремнезема, выполняющих роль «рассеивающих экранов» для фононов.

Дополнительное введение в состав бетона ускорителя твердения «АС» обеспечивает в большей степени (на 88–94%) прирост прочности, практически не влияет на коэффициент теплопроводности относительно состава с минеральными модификаторами и СП С-3, но сильно снижает (на 74,8%) усадку пенобетона, значение которой составляет 0,75 мм/м, то есть она находится на уровне требований к газобетону автоклавного твердения. Полученные результаты связаны с образованием и однородным распределением в цементном камне наноразмерных игольчато-волокнистых кристаллогидратов расширяющего типа, то есть наблюдается самоорганизующее наноармирование структуры пенобетона.

Наиболее значимое снижение (на 76,5%) деформаций усадки наблюдается при комплексном использовании тонкодисперсного шлака и модификатора Эмбэлит 10-100, значение которой также находится на уровне газобетона автоклавного твердения.

Экспериментальные данные показывают, что многоуровневая оптимизация дисперсного состава пенобетона путем применения минеральных модификаторов различной дисперсности обеспечивает высокую реакционную способность матрицы, в том числе по протеканию пуццолановой реакции и соответственно его высокую прочность. Кроме того, использование оригинальных свойств минеральных модификаторов обеспечивает также низкую усадку и теплопроводность пенобетона.

**Выводы**

1. Теплопроводность пенобетона, как и любых неметаллических тел, осуществляется квазичастицами-фононами, является решеточной и существенно зависит от теплопроводности газа-наполнителя, дисперсности и

Характеристика состава	Содержание, %	Показатели свойств пенобетона					
		Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при сжатии после ТВО, МПа/%, в возрасте		Коэффициент теплопроводности в сухом состоянии, Вт/(м·°С) %	Усадка, мм/м %	
			1	28			
Контрольный состав	–	398	0,75 100	1,02 100	0,098 100	2,98 100	
Тонкодисперсный шлак	40	384	0,93 124	1,32 129	0,077 78,6	2,67 89,6	
СП С-3	0,6	409	1,01	1,49	0,101	0,98	
Ускоритель твердения «АС»	0,007		137	146	103	32,9	
Тонкодисперсный шлак	40	382	1,19	1,71	0,072	1,97	
Микрокремнезем	8		159	168	73,4	66	
СП С-3	0,6	386	1,41	1,98	0,074	0,75	
Тонкодисперсный шлак	40		188	194	75,5	25,2	
Микрокремнезем	8		157	1,18	1,69	0,81	0,7
СП С-3	0,6			167	167	82,6	23,5
Ускоритель твердения «АС»	0,07	20					



состояния (кристаллическое, аморфное, смешанное) частиц твердой фазы, влажности и других факторов.

2. Низкая теплопроводность твердой фазы пенобетона обеспечивается путем применения высокодисперсных минеральных модификаторов, выполняющих роль экранов, рассеивающих фононы.

3. Применение тонкодисперсного доменного гранулированного шлака оптимальной дисперсности редуцирует водосодержание пенобетона на 5%, снижает коэффициент теплопроводности на 22,4%, повышает прочность на 24–29% при сохранении деформаций усадки практически на уровне контрольного состава.

4. Комплексное применение тонкодисперсного доменного гранулированного шлака, микрокремнезема и химических модификаторов повышает прочность пенобетона на 88–94%, снижает коэффициент теплопроводности на 26,6%, а его усадка находится на уровне деформаций усадки автоклавного газобетона.

**Список литературы**

1. *Телеснин Р.В.* Молекулярная физика. М.: Высшая школа, 1973. 360 с.
2. *Лыков А.В.* Теплообмен: (Справочник). М.: Энергия, 1978. 480 с.
3. *Берман Р.* Теплопроводность твердых тел. М.: Мир, 1978. 288 с.
4. *Ярмаковский В.Н., Шапиро Г.И.* Монолитный полистиролбетон – надежная теплозащита зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2002. № 9. С. 31–33.
5. *Величко Е.Г., Комар А.Г.* и др. О физико-химической механике модификации бетона // Строит. материалы. 2006. № 11 / Technology. № 8. С. 2–4.
6. *Величко Е.Г., Белякова Ж.С.* Некоторые аспекты физикохимии и механики композитов многокомпонентных цементных систем // Строит. материалы. 1997. № 2. С. 21–25.

## **Неавтоклавный газобетон на песке из отходов дробления бетона**

В настоящее время вопросы рационального использования ресурсов, экономии топлива и энергосбережения приобретают все большую актуальность не только за рубежом, но и в России.

С каждым годом во всем мире неуклонно растет объем строительных отходов от разборки зданий и сооружений, отслуживших свой срок. Разобранные бетонные и железобетонные конструкции дробят на специальных установках. Арматура отделяется, а из каменной части получают щебень различных фракций для повторного использования в качестве крупного заполнителя в производстве новых бетонных и железобетонных изделий и конструкций.

В процессе дробления и сортировки образуется до 30 % не находящего сбыта песка из разрушенного цементного камня, половина которого состоит из фракций менее 0,14 мм в виде пылевидных частиц и мельчайших образований.

Этот песок состоит из аморфной и кристаллической фаз, содержит следующие материалы: кварц, полевые шпаты, кальцит, доломит, портландит, этрингит, гидросиликаты кальция и минералы негидратированного цемента [1].

Объектом исследования была выбрана фракция песка из бетонных конструкций, в которых в качестве заполнителей применялись гранитный щебень и кварцевый песок, прошедшая через сито 0,63 мм.

Рентгеноструктурный анализ продукта показал следующие соединения: кварц  $SiO_2$ , кальцит  $CaCO_3$ , доломит  $CaMg(CO_3)_2$ , ватерит  $\mu-CaCO_3$ , гидросиликаты кальция  $CSH$ , портландит  $Ca(OH)_2$ , полевые шпаты типа альбита  $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ , монтмориллонит и слюда.

Несортированную фракцию, прошедшую через сито 5 мм, пропускали через лабораторную щековую дробилку и просеивали через сита 2,5 и 0,63 мм. Материал, прошедший через сито 0,63 мм использовали в качестве заполнителя в газобетоне (удельная поверхность 1630  $cm^2/g$ , щелочная реакция  $pH=8$ ). Фракцию  $-0,63+2,5$  мм – в качестве заполнителя раствора декоративного отделочного состава.

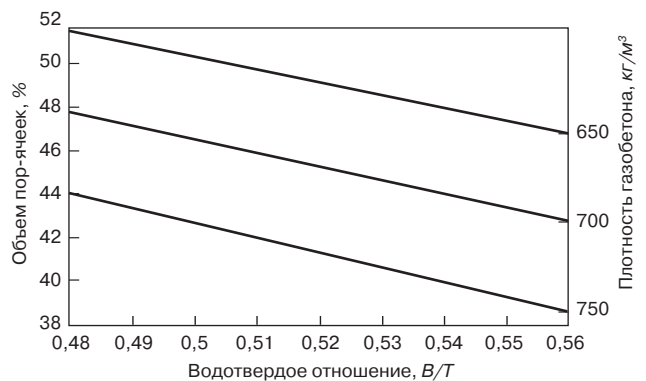
В качестве исходных компонентов также использовали портландцемент М 500; алюминиевую пудру ПАП-3 в качестве газообразующего вещества; поверхностно-активное вещество для приготовления водно-алюминиевой суспензии.

Известно, что физико-механические показатели ячеистого бетона во многом определяются плотностью и

прочностью стенок пор-ячеек (межпоровых перегородок).

Были проведены исследования с различным соотношением цемента и каменного песка (80:20, 70:30, 60:40) при водотвердом отношении В/Т от 0,48 до 0,56. Для получения оптимальной пористости варьировали величину В/Т и расход алюминиевой пудры.

Зависимость плотности газобетона от водотвердого отношения и объема пор-ячеек в газобетоне представлена на рисунке.



Опыты проводили на стандартном лабораторном оборудовании с отделкой поверхности образцов «лицом вверх» и «лицом вниз». Наиболее простой является технология с отделкой «лицом вверх», так как не требует срезки горбушки.

Основным результатом работы стало получение газобетонных стеновых камней неавтоклавного твердения по литевой технологии средней плотностью 650–750  $kg/m^3$  с оптимальной структурой, не допускающей усадочных деформаций. Прочность при сжатии 4,5–5,5 МПа.

**Литература**

1. *Баженов Ю.М.* Технология бетона. М.: Издательство АСВ, 2002.

**А.З. Ефименко,  
д-р техн. наук, МГСУ**

Л.В. МОРГУН, д-р техн. наук, П.В. СМИРНОВА, магистр,  
В.Н. МОРГУН, канд. техн. наук, Ростовский государственный строительный университет

## О взаимосвязи между термодинамическими свойствами воды и пенобетонов

Получение пенобетонов высокой механической прочности является одной из важных технологических задач современности. Анализ факторов, влияющих на механические свойства этого композиционного материала, показывает, что мера дефектности межпоровых перегородок, предопределяющая прочность затвердевшего бетона, весьма существенно зависит от водосодержания смесей, количества поверхностно-активных веществ (ПАВ), остающихся в межзерновом пространстве в ходе изготовления [1, 2, 3], и скорости перехода из вязкопластичного в упругое состояние.

Свойства пленок ПАВ в период раннего структурообразования управляют параметрами поровой структуры и агрегативной устойчивостью пенобетонных смесей [3]. Поэтому на первом этапе исследований оценивалось влияние температуры воды на устойчивость чистых пен. На рис. 1 представлен график кинетики разрушения пен в зависимости от температуры воды затвердения.

Из эксперимента следует, что полураспад пен, изготовленных на воде с температурой +4°C («холодных»), достигался за 220 минут. Пены, изготовленные на воде с температурой + 37°C («горячих»), наполовину разрушались за 150 минут. При этом только «холодные» пены в первые 50 минут эксперимента сохраняли структуру, полученную в период воздухововлечения. «Теплые» за этот же промежуток времени утрачивали до 15% объема, а «горячие» — до 25%.

Причиной устойчивости «холодных» пен следует считать термодинамические, т. е. зависящие от интенсивности теплового движения молекул, свойства воды в исследуемом диапазоне температур. А.С. Холманким [4] установлено, что в структуре воды для плотности, теплоемкости, сжимаемости и скорости звука существует универсальный физический механизм, обуславливающий аномалии ее термодинамических свойств.

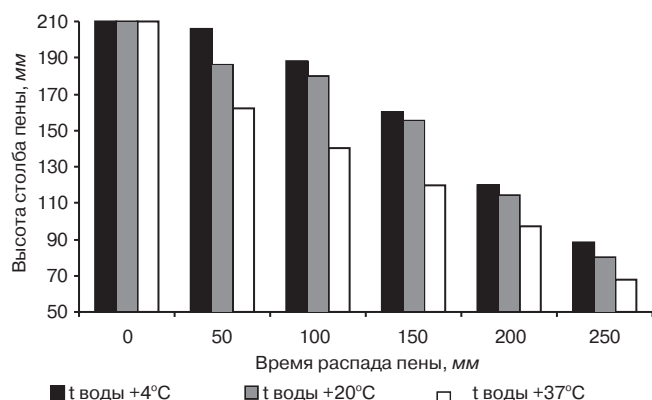


Рис. 1. Кинетика разрушения пены в зависимости от температуры воды

Главной особенностью этого механизма является безбарьерный характер его кинетики. Равновесие и переходы между кластерами с участием свободных молекул воды включают химическую стадию (разрыв водородной связи) и диффузную (миграция молекулы воды, в полость или из полости кластера). По мнению исследователя, скорость гетерогенной реакции перестройки кластерной структуры воды (W) будет пропорциональна произведению константы скорости химической реакции ( $K_{хим}$ ) и коэффициента диффузии (D):

$$W \sim K_{хим} D.$$

Вблизи любой критической точки основную роль в термодинамических процессах играют тепловые кванты  $k(\Delta T)$  ( $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж  $K^{-1}$ ). Поскольку при температуре +4°C количество тепловых квантов (кинетической энергии, которой обладают молекулы) воды минимально, согласно теории Майера-Заупе [5] в жидких кристаллах, из которых состоят пленки ПАВ, будет наблюдаться максимальная упорядоченность молекул. Величина статической упругости пленок ПАВ прямо пропорциональна степени упорядоченности молекул, из которых состоит жидкий кристалл. То есть пены, приготовленные из жидких компонентов, в течение некоторого промежутка времени характеризуются свойствами твердого тела [6, с. 215], которое обладает модулем упругости и статической прочностью.

Под действием гравитационных сил вода, слабо связанная с ПАВ, способна покидать жидкий кристалл, что и приводит к разрушению пен. Результаты эксперимента (рис. 1) показывают, что чем ниже температура воды, тем дольше пены способны сохранять свойства твердых тел. Это чрезвычайно важно для меры дефектности межпоровых перегородок в пенобетонах. Чем дольше пены сохраняют свойства твердых тел, тем компактнее по отношению друг к другу будут располагаться дисперсные частицы твердой фазы в составе межпоровых перегородок.

Пенобетоны характеризуются высоким содержанием цемента на единицу объема твердой фазы, поэтому далее нами исследовалось влияние температуры воды на свойства цементов, оценку которых осуществляли по ГОСТ 310. Свойства цементов оценивались при использовании водопроводной воды с температурой +9–12°C и воды, охлажденной до +4°C. Установлено, что при температуре воды +4°C:

- показатель нормальной плотности цементного теста снижается на 6–12%;
- сокращаются сроки схватывания — начало на 20–135 мин, конец на 50–60 мин;
- показатель активности возрастает на марку.

Температура воды весьма существенно влияет и на водопотребность равноподвижных цементно-песчаных суспензий, она уменьшается на 24–28%. Полученные результаты позволяют прогнозировать возможность улуч-



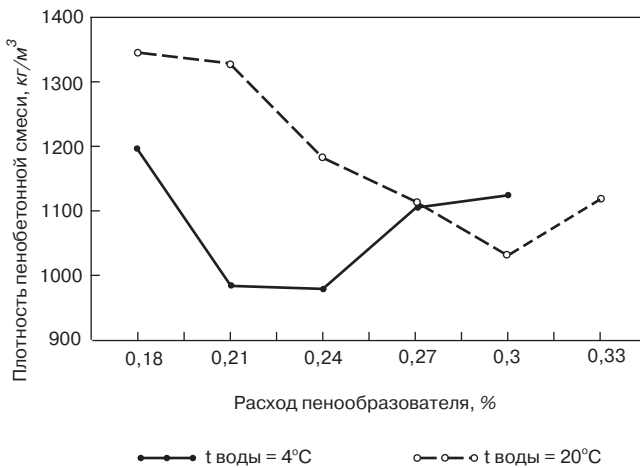


Рис. 2. Зависимость средней плотности фибропенбетонных смесей от расхода пенообразователя и температуры воды затворения

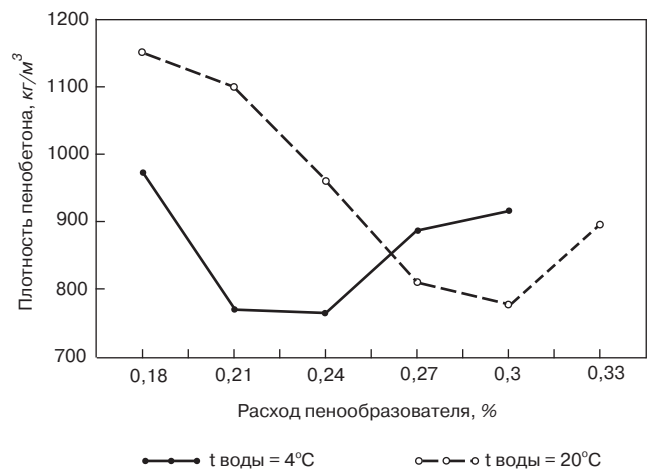


Рис. 3. Зависимость средней плотности фибропенбетона от расхода пенообразователя и температуры воды затворения

шения физических и конструкционных свойств пенобетонов из смесей, затворенных холодной водой, потому что сокращение водопотребности и сроков формирования упругих связей между компонентами объективно способствует уменьшению дефектности твердой фазы.

Известно [2], что растворимость ПАВ регулируется температурой. Поэтому мы предположили, что пониженная температура воды затворения может оказывать влияние на параметры рационального расхода ПАВ при изготовлении смесей. Нами исследовались идентичные по составу фибропенбетонные смеси с разным расходом пенообразователя «Ареком-4» (ТУ 31-10).

Установлено, что для изготовления равноплотных агрегативно устойчивых фибропенбетонных смесей, затворенных водой разной температуры, требуется разное количество ПАВ (см. табл.). Если температура воды затворения +4°C, то целесообразный расход ПАВ составляет 0,24%, а при температуре +20°C расход ПАВ увеличивается до 0,3%, т. е. на 20–25%.

Повышение концентрации ПАВ ведет к проявлению начальных признаков коалесценции (табл. 1). При расходе ПАВ 0,27% еще не наблюдается видимой осадки смесей, но перестройка структуры в связи с избытком ПАВ уже имеет место [7], и это выражается в росте средней плотности пенбетонной смеси (рис. 2) и понижении показателей пластической прочности (табл. и рис. 4). Из графика на рис. 2 следует, что минимальная средняя плотность смеси при температуре воды затворения +4°C достигается при расходе ПАВ 0,21–0,24%.

Анализ физических свойств затвердевших бетонов (рис. 3) показывает, что для материалов, приготовленных на воде с температурой +4°C, существует некий диапазон целесообразного расхода пенообразователя, в котором можно получать материалы с минимальной средней плотностью 0,21–0,24%. Недостаток и избыток пенообразователя способствуют ее повышению. Надо полагать, что и при более высокой температуре воды затворения такой диапазон также существует. Однако шаг дозировок, принятый при выполнении данного эксперимента, не позволил его установить, но показал, что при повышении температуры воды затворения величина целесообразного расхода пенообразователя сдвигается в сторону повышения, а диапазон сужается (рис. 2 и 3). Причиной роста средней плотности следует признать коалесценцию, вызывающую накопление дефектов в межпоровых перегородках в связи с перестройкой поровой структуры пенбетонных смесей в период раннего структурообразования.

В ходе настоящих экспериментальных исследований установлено, что кинетика пластической прочности

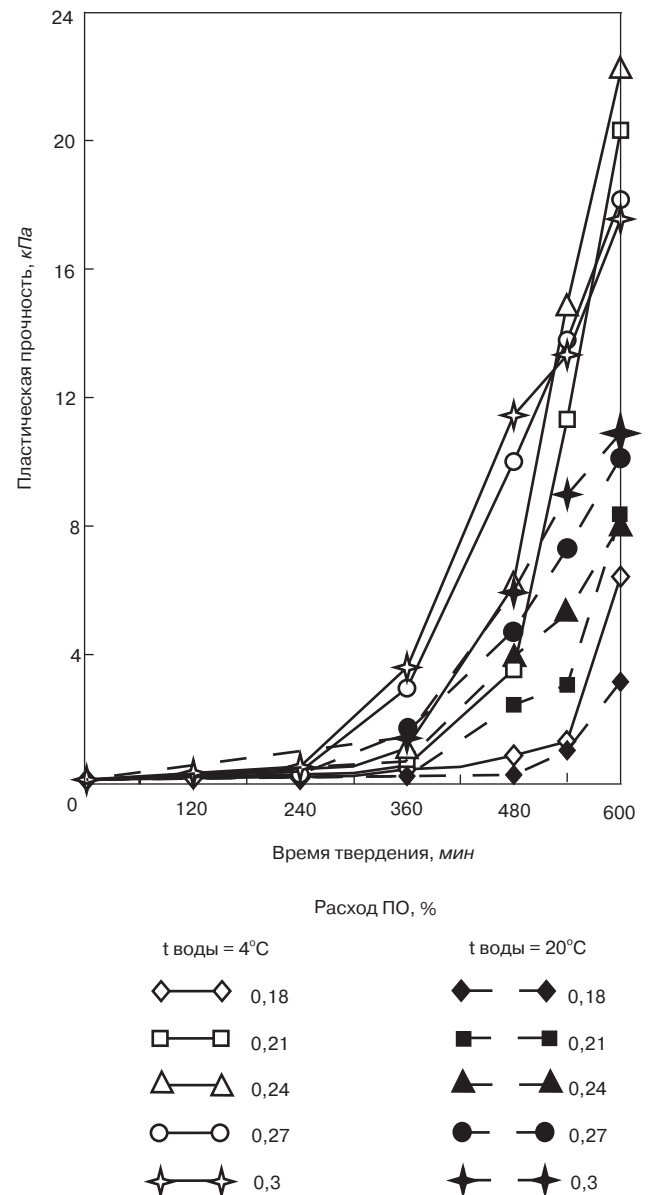


Рис. 4. Влияние температуры воды и расхода пенообразователя на кинетику набора пластической прочности пенбетонных смесей

**Влияние температуры воды затворения и расхода ПАВ на кинетику пластической прочности фибропенбетонных смесей**

Время твердения, мин	Начальная температура воды затворения, °С										
	+4					+20					
	Расход пенообразователя, % от количества воды										
	0,18	0,21	0,24	0,27*	0,3**	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3	0,33*
Пластическая прочность, Па											
0	52	55	56	51	43	27	36	40	42	45	43
30	56	58	57	52	41	30	42	47	60	62	55
60	68	60	66	59	52	44	55	60	65	79	59
180	72	74	152	103	142	53	128	139	169	184	100
240	79	80	235	201	228	67	173	184	188	191	197
300	132	193	512	467	500	99	187	260	362	446	434
360	229	229	685	3029	3749	113	206	783	1453	1576	11300
480	589	3726	6123	10080	11653	323	3642	3986	4889	5965	3780
540	1342	11472	14945	13920	13637	1028	3246	5300	7396	8950	5950
600	6395	20485	22458	18268	17700	3234	8175	8072	10100	10825	8282

**Примечания.**  
 \* После укладки в емкости на поверхности смесей наблюдались редкие проявления коалесценции в виде всплывающих газовых включений диаметром 4–6 мм, осадки не происходило.  
 \*\* После укладки в емкости на поверхности смесей наблюдались проявления коалесценции в виде всплывающих газовых включений диаметром 8–12 мм, итоговая осадка смеси по высоте составила 12–18%.

фибропенбетонных смесей зависит как от расхода пенообразователя, так и от температуры воды затворения. При оптимальном расходе ПАВ холодные смеси обладали максимальной скоростью роста пластической прочности в течение первых пяти часов твердения. Далее смеси, содержавшие избыточное количество пенообразователя, в связи с проявлением коалесценции некоторое время характеризовались повышенными показателями пластической прочности, однако к возрасту 10 часов твердения снова уступали оптимальным составам по величине пластической прочности (табл. и рис. 4).

Все смеси, затворенные водой с температурой +20°С, твердели практически вдвое медленнее. К 10 часам твердения их пластическая прочность не превышала 11 КПа.

Опираясь на вышеизложенное, можно утверждать, что термодинамические свойства воды оказывают управляющее воздействие на:

- воздухововлекающие свойства ПАВ;
- прочность жидких кристаллов пленок ПАВ;
- водопотребность цементосодержащих дисперсных систем;
- активность цементного вяжущего;
- скорость набора пластической прочности пенобетонными смесями.

**Список литературы**

1. Управление процессами технологии, структурой и свойствами бетонов/ Под ред. Е.М.Чернышева, Е.И. Шмигко. Воронеж: ГАСУ, 2002. 344 с.
2. Русанов А.И. Мицеллообразование в растворах поверхностно-активных веществ. СПб: Химия, 1992. 280 с.
3. Моргунов В.Н. Теоретическое обоснование закономерностей конструирования структуры пенобетонов // Труды международного конгресса «Наука и инновации в строительстве SIB-2008». Т. 1. Современные проблемы строительного материаловедения и технологии. Кн. 1. Воронежский ГАСУ, 2008. С. 333–337.
4. Холманский А.С. Линейные аппроксимации температурных зависимостей свойств воды // Вестник ДИТУД. УльГТУ. № 4 (30). 2006. С.29–35.

5. Веденов А.А. Физика растворов // Современные проблемы физики. М.: Наука, 1984. 110 с.
6. Шароварников А.Ф., Шароварников С.А. Пенообразователи и пены для тушения пожаров. Состав. Свойства. Применение. М.: Пожнаука, 2005. 335 с.
7. Моргунов В.Н. Способ определения пластической прочности пенобетонной смеси. Патент на изобретение № 2316750.

Российская академия наук  
Кольский научный центр  
Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Танаева  
Мурманский государственный технический университет  
Администрация Мурманской области

**Конференция молодых ученых  
«Научно-практические проблемы  
в области химии и химических  
технологий»**

**8-10 апреля 2009 г. Апатиты**

**Тематика конференции:**

- Химия и технология комплексной переработки минерального сырья и техногенных отходов
- Синтез, свойства и применение новых материалов
- Утилизация отходов. Строительные и технические материалы на основе техногенных продуктов
- Повышение экологической безопасности переработки минерального сырья. Новые природоохранные технологии переработки концентратов

**ИХТРЭМС КНЦ РАН:**  
184209, г. Апатиты Мурманской обл., ул. Ферсмана, 26а  
(Академгородок)  
Тел.: (81555) 79549, 75295 Факс: (81555) 61658  
Ученый секретарь конференции Нестеров Д.П. (81555) 79105



Н.Н. САЖНЕВА, инженер; Н.П. САЖНЕВ, канд. техн. наук;  
Е.А. УРЕЦКАЯ, канд. хим. наук, РУП «Институт БелНИИС» (Минск РБ)

## Защитные системы для отделки ячеистого бетона пониженной плотности

Для строительного комплекса Республики Беларусь характерны высокие темпы роста объемов вновь возводимого жилья. Годовое задание по жилищному строительству на 2008 г. составляет 5,2 млн м<sup>2</sup>, а к 2010 г. объем ежегодного строительства должен составить 6,3 млн м<sup>2</sup> жилья. Активно ведется строительство и на селе в соответствии с государственной программой возрождения села.

По данным государственной статистики, для возведения стен зданий в Республике Беларусь в 2007 г. использовались различные материалы. Структура введенных в эксплуатацию площадей при использовании различных стеновых материалов приведена на диаграмме.

Оценка объема использования автоклавного газобетона в строительстве затруднена тем, что он применяется в качестве стенового материала в каркасно-блочном домостроении и частично в крупнопанельном домостроении, а также является одним из основных (до 50% от введенных площадей) стеновых материалов в нежилом строительстве.

В соответствии с программой «Основные направления развития материально-технической базы строительства Республики Беларусь на период 1998–2015 гг.» стеновым материалом на базе автоклавного газобетона отведена главенствующая роль. В соответствии с этим документом потребность в изделиях из автоклавного газобетона к 2010 г. составит 2951,9 тыс. м<sup>3</sup>, а к 2015 г. – 3416 тыс. м<sup>3</sup>.

Оценка, основанная на планируемой структуре возводимого жилья, показывает, что к 2015–2020 гг. доля зданий с использованием изделий из ячеистого бетона для устройства стен возрастет до 55%. Следует отметить, что в указанную оценку не входят объекты нежилого строительства [1].

В настоящее время в Республике Беларусь изделия из автоклавного газобетона производят 9 предприятий – ОАО «Забудова», ОАО «Гомельстройматериалы», ОАО «Гродненский КСМ», АО «Минский КСИ», КУП «Могилевский КСИ», ОАО «Оршастройматериалы»,

ОАО «Березовский КСИ», ОАО «Сморгоньсиликатобетон» и ОАО «Любанский завод стеновых блоков».

В соответствии с инвестиционной программой развития организаций Министерства архитектуры и строительства планируется создание новых производств автоклавного газобетона на базе производств цемента – ПРУП «Белорусский цементный завод» и ОАО «Красносельскстройматериалы». Ведется модернизация существующих производственных мощностей в городах Минске и Березе.

Автоклавный ячеистый бетон является одним из немногих материалов, применяемых для устройства однослойных наружных стен, сопротивление теплопередаче которых удовлетворяет требованиям строительных норм, а в некоторых случаях и значительно их превышает, что особенно актуально для индивидуальных жилых домах.

Уникальные свойства ячеистого бетона позволяют использовать его как при строительстве зданий малой и средней этажности, так и при возведении многоэтажных зданий для устройства поэтажно опертых стен. Он находит применение не только в массовом строительстве, но и при сооружении уникальных объектов.

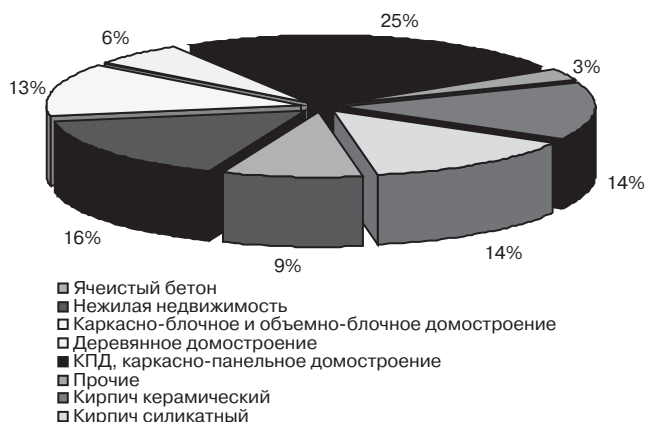
Говоря о применении ячеистого бетона в современном жилищно-гражданском строительстве, нельзя не упомянуть об использовании автоклавных газобетонных изделий для тепловой модернизации эксплуатируемых зданий и при реконструкции жилых домов, в том числе путем надстройки этажей, сопровождающейся, как правило, повышением степени огнестойкости здания. [2]

Фасадные конструкции в процессе эксплуатации здания подвергаются различным агрессивным воздействиям окружающей среды в виде осадков, солнечной радиации и пр. Следовательно необходимо устройство защитного покрытия с целью минимизации вредного воздействия указанных факторов на конструкционный материал стены. При этом для конструкций из ячеистого бетона вопрос создания системы защитного покрытия встает достаточно остро вследствие того, что газобетон является материалом, обладающим повышенными влаго-, паро-, газопроницаемостью и повышенной деформативностью.

Поэтому отделка ячеисто-бетонных изделий необходима не только для получения декоративной поверхности, но и для защиты газобетона от увлажнения, агрессивных действий CO<sub>2</sub> и других веществ. Эти обстоятельства предъявляют не только требования по эстетике и долговечности, но и требования по паропроницаемости, адгезии с бетоном и водонепроницаемости.

Можно выделить следующие функции отделки автоклавного газобетона:

- выравнивающая (скрывать неровности кладки, дефекты резки и формования);
- защитная (низкое водопоглощение, высокая паропроницаемость, высокая адгезия, стойкость к термовлажностным и термоциклическим нагрузкам, морозо- и атмосферостойкость);



Структура использования стеновых материалов

— декоративная (повышение архитектурной выразительности здания).

Накоплено достаточно много рекомендаций по отделке газобетонных поверхностей.

Работы, посвященные этой проблеме, проведенные в период с 1968 по 1987 гг. [3, 4, 5], в большей мере касаются технологии заводской отделки изделий, как правило панелей, с применением мозаичной плитки и различных дробленых материалов, а также посредством пропитки лицевой поверхности укрепляющими гидрофобизирующими составами [6, 7]. Однако в связи с тем, что основным видом продукции сегодня являются мелкие стеновые блоки, а кладка из них подвергается отделке в условиях строительной площадки, предлагаемые [6, 7] способы отделки теряют свою актуальность. Кроме того, способ отделки с применением плитки оказался несостоятельным, поскольку пар, выходящий сквозь ячеистый бетон наружу, скапливается под плиткой, замерзает (образуются так называемые ледяные линзы) и, как следствие, отрывает плитку.

Для отделки стен в постройных условиях [8] рекомендует использовать штукатурные растворы, поризованные при помощи различных воздухововлекающих добавок или введением строительной пены. При этом средняя плотность рекомендованных растворов (после нанесения их на поверхность и твердения) не должна превышать  $1500 \text{ кг/м}^3$ . Однако на практике этот способ себя не оправдал ввиду сложности получения материала со стабильными свойствами при его приготовлении в условиях строительной площадки. Кроме того, поризованные штукатурки плохо защищают стены от увлажнения и тем самым ухудшают теплофизические характеристики конструкции.

Решение проблемы защитно-декоративных покрытий стен из автоклавного газобетона авторы [9] видят в использовании плотных отделочных растворов, наносимых методом торкретирования. Такой способ позволяет получить между плотной штукатуркой и высокопористым ячеистым бетоном переходный по плотности и прочности слой, предотвращающий отслаивание покрытий из-за разной паропроницаемости. При этом исследование кинетики высыхания стены показало: не смотря на то что торкретированная штукатурка замедляет высыхание стен летом, она же препятствует их увлажнению осенью. Проведенные исследования доказывают целесообразность создания переходного по плотности, прочности и паропроницаемости слоя, который будет предотвращать все негативные моменты, возникающие на границе раздела материалов с различными физико-механическими показателями.

Мировой опыт в отделке конструкций из ячеистого бетона показал, что наиболее полно этим требованиям отвечают сухие строительные смеси, в состав которых входят специальные добавки.

Взяв за основу идею о создании между плотной штукатуркой и высокопористым ячеистым бетоном промежуточного слоя, был проведен комплекс исследований и подобраны оптимальные составы сухих строительных смесей со специальными модифицирующими добавками для послойной отделки изделий из автоклавного газобетона [10, 11].

Следует отметить, что данные исследования проводились на автоклавном газобетоне средней плотностью  $600 \text{ кг/м}^3$  (производство АП «Минский КСИ») и  $700 \text{ кг/м}^3$  (производство ОАО «Забудова»).

Предлагаемая технология отделки конструкций из ячеистого бетона состоит из следующих этапов:

#### *Нанесение грунтовки.*

В качестве грунтовок рекомендуется использовать проникающие, укрепляющие грунтовки. Они проникают в основание, укрепляют поверхностный слой, увели-

чивая его прочность на растяжение в два раза. При температуре воздуха выше  $+20^\circ\text{C}$  поверхность газобетона перед грунтованием следует смачивать водой.

*Нанесение первого выравнивающего слоя штукатурного состава.*

Растворную смесь (осадка конуса 13–14 см) следует наносить вручную шпателем или машинным способом (осадка конуса 16–18 см) под давлением 0,3–0,5 МПа. Толщина первого слоя должна быть 2–3 мм (формируется переходный по плотности и прочности слой, который, проникая в ячеистый бетон, закрывает поверхностные поры, трещины, дефекты разрезки и т. п.). Паропроницаемость системы практически не изменяется, водопоглощение при капиллярном подсосе снижается и достигает величины  $4,5 \text{ кг/м}^2$ .

*Нанесение второго выравнивающего слоя штукатурного состава толщиной 5–7 мм.*

При общей толщине штукатурного слоя до 10 мм коэффициент паропроницаемости системы снижается до  $0,1 \text{ мг/м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па}$ , а водопоглощение при капиллярном подсосе до  $2,5 \text{ кг/м}^2$ .

*Нанесение защитно-отделочного слоя штукатурного состава.*

Окрасочный состав наносится толщиной 1–3 мм в зависимости от дисперсности наполнителя. Водопоглощение при капиллярном подсосе при этом снижается почти в 7 раз, а коэффициент паропроницаемости системы незначительно снижается и достигает величины  $0,068\text{--}0,072 \text{ мг/м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па}$ . Изменения паропроницаемости и водопоглощения при капиллярном подсосе ячеистого бетона при послойной отделке представлены в таблице.

Получаемая по такому способу система бетон–покрытие отличается достаточно высокой паропроницаемостью и низким водопоглощением при капиллярном подсосе. Разработанная технология отделки широко и успешно используется в настоящее время как в Республике Беларусь, так и за ее пределами.

Интересен также и зарубежный опыт. В Европе ведущие производители газобетона — HEBEL, YTONG и др. в комплексе с технологией кладки газобетона предлагают свои технологические схемы по его защитно-декоративной отделке. Эти схемы также предполагают создание выравнивающего слоя раствором низкой плотности и отделочного слоя. Для финишной защитно-декоративной отделки предлагают легкие минеральные и силикатные штукатурки с использованием легких наполнителей и армирующих фиброволокон.

Построение отделочных слоев должно рассчитываться таким образом, чтобы паропроницающая способность каждого последующего слоя была выше, а водопоглощение ниже, чем у предыдущего; необходимо, чтобы соблюдалось условие (пропорция, выведенная Институтом строительной физики):

$W \times Sd < 0,2 \text{ кг} / (\text{м} \cdot \text{ч}^{0,5})$  — для промежуточного покрытия;

$W \times Sd < 0,1 \text{ кг} / (\text{м} \cdot \text{ч}^{0,5})$  — для заключительного покрытия,

где  $Sd$  — сопротивление паропроницанию ( $\leq 2 \text{ м}$ );  $W$  — коэффициент водопоглощения ( $\leq 0,5 \text{ кг} / (\text{м}^2 \cdot \text{ч}^{0,5})$ ).

При невыполнении этих соотношений отделочный слой может полностью отслоиться от газобетона за несколько лет эксплуатации [12].

Так как эти исследования проводились на образцах автоклавного газобетона со средней плотностью  $600 \text{ кг/м}^3$  и  $700 \text{ кг/м}^3$ , а в современном строительстве все более широко находит применение в ограждающих конструкциях автоклавный газобетон со средней плотностью  $400 \text{ кг/м}^3$  и ниже, необходимо провести аналогичный комплекс исследований защитных систем для этого класса газобетона. При этом необходимо учесть

Слой	Коэффициент паропроницаемости, мг/м·ч·Па	Водопоглощение при капиллярном подсосе, кг/м <sup>2</sup>
Ячеистый бетон	0,118	6,5
Ячеистый бетон – грунтовка	0,116	5,2
Ячеистый бетон – грунтовка – штукатурный состав (1-й слой)	0,11	4,5
Ячеистый бетон – грунтовка – штукатурный состав (1-й слой) – штукатурный состав (2-й слой)	0,1	2,1
Ячеистый бетон – грунтовка – штукатурный состав (1-й слой) – штукатурный состав (2-й слой) – защитно-отделочный слой	0,068	0,9

как физико-механические показатели защитного покрытия и газобетона (работающих как взаимосвязанная система), так и кинетику их изменений в период эксплуатации здания.

**Список литературы**

1. Обзор рынка стеновых материалов Республики Беларусь. Мн.: КГ «Инваконт», 2007.
2. *Рыхленок Ю.А.* Некоторые проблемы применения ячеистого бетона в конструкциях стен жилых зданий // Белорусский строительный рынок. 2008. № 5. С. 54–56.

3. *Лийв Э.Х., Машегиров А.Д.* Критерии основных свойств фасадных покрытий для газобетонных поверхностей // Тезисы докладов I Республиканской конференции. Ч. II. Долговечность конструкций из автоклавных бетонов. Таллин, 1986. С. 43–45.
4. Методы испытаний и оценки долговечности ячеистых бетонов и панелей из них: Сб. трудов № 20 / Под ред. Е.С. Силаенкова. Свердловск, 1968.
5. Вопросы технологии ячеистых бетонов и конструкций из них / Под ред. А.Т. Баранова, В.В. Макаричева/ М., 1972.
6. Рекомендации по применению стеновых мелких блоков из ячеистых бетонов, М., 1987.
7. СН-277–80 Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона. М., Государственный комитет по делам строительства (Госстроя СССР), 1980.
8. Инструкция по архитектурной отделке и защите от атмосферных воздействий фасадных поверхностей стеновых панелей из ячеистых бетонов в заводских условиях. ВНИИстром им. П.П.Будникова. М., 1977.
9. *Меркин А.П., Мурадов А.Н.* Отделочные составы для фасадной и интерьерной отделки зданий из ячеистого бетона // Строит. материалы. 1993. № 6. С. 14–16.
10. *Урецкая Е.А., Плотникова Е.М., Конюшик И.О.* Особенности технологии отделки конструкций из ячеистого бетона // Архитектура и строительство. 2002. № 4. С. 46–48.
11. *Урецкая Е.А., Плотникова Е.М., Конюшик И.О.* Критерии выбора материала для отделки изделий из ячеистого бетона // Белорусский строительный рынок. 2004. № 9–10. Минск: НП ООО «Стринко», С. 37–38.
12. *Багдасаров А.С.* Отделка ячеистого бетона материалами CAPAROL // Белорусский строительный рынок. 2004. № 12. Минск: НП ООО «Стринко», С. 14–15.

**ООО «Би.Эл.Спектр»**

**Пигменты для бетонов, силикатного кирпича, строительных смесей, полимерных материалов**

115432, Москва, Проектируемый проезд 4062, д. 6, оф. 520  
 Тел./факс: (495) 677-6683, производство - (499) 270-5070  
 www.bspigment.ru E-mail: info@bspigment.ru



**Сухие латексные краски «АКВАМИКС» для наружных и внутренних отделочных работ**

**ДОСТОИНСТВА И ПРЕИМУЩЕСТВА**

- Простота применения: достаточно развести водой, чтобы получить водно-дисперсионную краску
- Хранение и транспортировка при любой температуре без потери качества – Вы не возите воду!
- Высокие атмосферостойкость и долговечность
- Широкий ассортимент цветов и оттенков
- Возможность приготовления краски на месте применения в необходимом количестве
- Отсутствие запаха
- Без растворителей, консервантов и вредных добавок
- Упаковка пигментов и красок – бумажные многослойные мешки 25 кг



Д.А. ВЕРБОВ



С.С. ГЛАЗКОВ, канд. техн. наук, А.В. СКРИПЧЕНКОВ, инженер,  
О.Б. РУДАКОВ, д-р хим. наук,  
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

## **Эффективные декоративно-отделочные составы для наружной отделки изделий из газобетона**

Наружные стены промышленных и гражданских зданий из газобетонных конструкций имеют множество достоинств, однако требуют обязательной защиты от воздействия внешней среды и отделки для создания архитектурной выразительности. Поэтому роль и функциональное назначение защитно-декоративных покрытий наружных стен из газобетона значительно выше, чем для фасадов из других материалов [1].

Наружные покрытия для газобетонных конструкций должны обладать комплексом показателей: морозостойкость, эластичность, водонепроницаемость, высокая паро- и воздухопроницаемость. Для защитно-декоративной отделки ячеисто-бетонных поверхностей в настоящее время используют сайдинг, плитку. Разработали ряд специальных штукатурных составов. Реже применяются пасты на основе дисперсий ПВА, дивинилстирольного латекса, акриловых смол, так как функциональные полимеры относительно дороги и дефицитны. Латексные системы широко применяют для отделочных работ в строительстве [2]. Ранее авторами рассмотрены для отделки газобетонных конструкций композиции на основе латексных систем, модификатора и заполнителей. В качестве последних использованы тонкомолотый или речной песок, а также шлаковая пемза фракции 2–2,5 мм [3].

В данной работе авторами предложено использовать в качестве наполнителя вторичный полиэтилентерефталат (ВПЭТ) являющийся многотоннажным отходом. Главной задачей было оценить совместимость его с остальными ингредиентами композита и главным образом со связующим материалом.

Предварительная переработка ВПЭТ в виде бутылок и различного упаковочного материала включала измельчение на роторном агломераторе с получением частиц размерами 1–3 мм.

В качестве пленкообразующей основы были испытаны клеевые латексные системы на основе синтетических бутадиенсодержащих латексов.

Определено, что высокие эксплуатационные свойства характерны для клеевых латексных композиций (КЛК) при следующем содержании компонентов, масс ч. (по сухому остатку):

Латекс .....	100
КМЦ – загуститель и стабилизатор .....	3–6
Бутадиен-стирольная метакрилатная дисперсия (БСМК) по ТУ 38740380–87 .....	0,2–0,8
Тиксотропная добавка – аэросил .....	1–2

Применялись КЛК с различным составом на основе отечественных синтетических латексов следующих типов: БС-65А (бутадиен-стирольный латекс) КЛК-1; ДММА-65 ГП (дивинил метилметакрилатный латекс) КЛК-2; БСК-70/2 (бутадиен-стирольный метакрилат-

ный латекс) – КЛК-3; СКС-50 ГПС (бутадиен-стирольный латекс) – КЛК-4.

Для композиционных систем особое значение имеет фактор совместимости ее компонентов, особенно наполнителя с полимерным связующим, так как это существенным образом определяет уровень эксплуатационных показателей композиционного материала [4].

Известно [5], что совместимость материалов тем выше, чем ближе по полярности поверхности совмещаемых материалов. Провести оценку совместимости поверхностей двух фаз, и определить устойчивость адгезионного контакта, можно воспользовавшись уравнением, предложенным Оуэнсом и Вендтом (1), и соотношением Дюпре (2)[5].

$$1 + \cos\theta \approx 2 \cdot \left[ \frac{(\gamma_s^d)^{1/2} \cdot (\gamma_L^d)^{1/2}}{\gamma_L} + \frac{(\gamma_s^h)^{1/2} \cdot (\gamma_L^h)^{1/2}}{\gamma_L} \right] \quad (1)$$

$$W_{ав} = \gamma_{s_1} + \gamma_{s_2} - \gamma_{s_1s_2} \approx 2 \cdot [(\gamma_{s_1}^d \cdot \gamma_{s_2}^d)^{1/2} + (\gamma_{s_1}^h \cdot \gamma_{s_2}^h)^{1/2}] \quad (2)$$

В отличие от жидкостей, для которых существуют прямые методы определения свободной поверхностной энергии (СПЭ), для твердых тел известны только косвенные методы. Одним из наиболее доступных и перспективных методов является метод тестовых жидкостей [6]. В основе метода лежит теория краевого угла смачивания и определение краевого угла смачивания неподвижной капли тестовой жидкости на поверхности исследуемого твердого тела. Для тестовых жидкостей (табл. 1) величины СПЭ и ее компоненты известны [5].

Для определения интенсивности адгезионного взаимодействия, а также устойчивости адгезионного контакта между компонентами системы были найдены значения угла смачивания ( $\theta$ ) представленные в табл. 2. Причем краевые углы смачивания определялись для предварительно полученной и высушенной в комнатных условиях пленки на основе КЛК и исходного агломерированного ВПЭТ.

Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что по уровню полярности (гидрофобности) наиболее близки поверхности ВПЭТ и КЛК-3.

**Таблица 1**

Жидкость	$\gamma_s^d$ , мДж/м <sup>2</sup>	$\gamma_s^h$ , мДж/м <sup>2</sup>	$\gamma_s$ , мДж/м <sup>2</sup>	$\gamma_s^h/\gamma_s$ , %
Вода	21,8	51	72,8	70,1
Глицерин	34	30	64	46,9

Таблица 2

Материал	Краевой угол смачивания тестовой жидкостью, град	
	вода	глицерин
ВПЭТ	74	55
КЛК-1	78	65
КЛК-2	68	55
КЛК-3	75	57
КЛК-4	77	62

Воспользовавшись данными, представленными в табл. 1, 2, используя уравнения (1) и (2) были рассчитаны значения адгезионного контакта ( $W_{адг}$ ), свободной поверхностной энергии ( $\gamma_s$ ) твердого тела, их дисперсионная составляющая ( $\gamma_s^d$ ) и составляющая, обусловленная образованием водородных связей ( $\gamma_s^h$ ) (табл. 2).

Анализ значений, приведенных в табл. 3, показал, что наибольшей величиной водородной составляющей СПЭ обладает КЛК-2 на основе дивинил метилметакрилатного латекса (ДММА-65 ГП). КЛК на основе бутадиенстирольных латексов характеризуются значительно меньшей величиной данного показателя. При достаточно близкой полярности данных латексов ( $\gamma_s^h$ ) отмечено, что для КЛК-3 наблюдается наибольший уровень величины свободной поверхностной энергии ( $\gamma_s$ ) и минимальная доля водородной составляющей ( $\gamma_s^h/\gamma_s$ ). Вероятно, последнее обстоятельство, определило максимальный адгезионный контакт КЛК-3 с ВПЭТ.

На практике важно знать, является ли в действительности адгезионный контакт устойчивым по отношению к жидкостям, главным образом воде как основному климатическому фактору, ускоряющему процесс старения и деградации покрытия. В данном случае работа адгезии будет определяться следующим уравнением

$$W_{адг} = \gamma_{S_1L} + \gamma_{S_2L} - \gamma_{S_1S_2},$$

где поверхность контакта ПЭТ ( $S_1$ ) и КЛК ( $S_2$ ) погружена в воду (L). При этом все межфазные натяжения можно рассчитать с помощью уравнения, предложенного Оуэнсом и Вендтом

$$\gamma_{12} = \gamma_1 + \gamma_2 - 2 \cdot (\gamma_1^d \cdot \gamma_2^d)^{1/2} - 2 \cdot (\gamma_1^h \cdot \gamma_2^h)^{1/2}.$$

Как следует из табл. 3 для величин  $W_{адг}$  наблюдаются положительные значения во всех рассматриваемых случаях. Однако система ПЭТ-КЛК-3 отличается наибольшей устойчивостью к действию воды, так как разделение в данном случае сопровождается максимальным ростом свободной энергии системы и не способствует самопроизвольным процессам. В отличие от ос-

Таблица 3

Материалы	$\gamma_s^d$	$\gamma_s^h$	$\gamma_s$	$\gamma_s^h/\gamma_s, \%$	$W_{адг}$	$W_{адг}'$
ВПЭТ	42,9	4,9	47,9	10,2	-	-
КЛК-1	27,5	7,4	34,9	21,2	80,9	47,7
КЛК-2	28,4	12,4	40,8	30,4	85,4	38,2
КЛК-3	40,3	5,1	45,4	11,2	90,5	53,8
КЛК-4	32,5	6,3	38,8	16,2	83,9	49,5

тальных КЛК, КЛК-3 получен из бутадиенстирольного сополимера, на поверхности глобул которого привиты мономеры метакриловой кислоты [7], что способствует повышенной устойчивости при наполнении и согласуется с величинами компонентов СПЭ.

На основе латексной системы КЛК-3 предложены декоративно-отделочные покрытия, составы которых представлены в табл. 4.

Соотношения компонентов были определены на основе результатов исследований их совместимости, технологических свойств рабочего раствора и физико-механических показателей сформированного покрытия. Отделочные составы готовились по стандартным методикам [8], принятым для связующих на основе латексов.

Три опытных состава, представленные в табл. 4, отличаются от контрольной композиции наполнением агломерированным ВПЭТ. Отсутствие ГКЖ в предлагаемых составах обусловлено достаточно высокой гидрофобностью ВПЭТ, что наглядно отражено в табл. 1. В частности, водородная составляющая СПЭ для ВПЭТ ниже, чем для связующих на основе латексов до 3 раз.

Перед нанесением основного раствора поверхность мелкоячеистого бетона плотностью 500–600 кг/м<sup>3</sup> грунтовали латексом БСК-70/2 разбавленным водой в соотношении 1:4. Через 1,5–3 ч малярным валиком наносили основной раствор толщиной 1,5–3 мм.

Результаты физико-механических испытаний вышеприведенных композиционных покрытий отражены в табл. 5.

Установлено (табл. 5), что по основным эксплуатационным характеристикам предложенные составы имеют оптимальное содержание наполнителя в виде ВПЭТ. В исследуемом интервале некоторое преимущество по основным показателям имеет второй состав, согласно которому количество ВПЭТ в композиции составляет не более 25 мас. ч. на 30 мас. ч. связующего. Отделочные композиции выполняют не только защитные функции, но и обладают хорошими декоративными показателями.

Они позволяют выровнять поверхность, скрыть неровности, мелкие дефекты, клеевой шов и придать цветовую окраску.

Таблица 4

Компоненты	Составы, кг			
	Контрольный	1	2	3
Латекс БСК-70/2	29,9	30	30	30
КМЦ (2%-ный водный раствор)	4,5	4,5	4,5	4,5
ГКЖ-10 или ГКЖ	1,5	-	-	-
Тонкомолотый или мелкий речной песок	22,5	18,6	18,6	18,6
Шлаковая пемза фракции 2–2,5 мм	39	30	20	15
Агломерированный ВПЭТ	-	13	23	28,6
Пигменты	7,46	7	7	7
Вода		До рабочей консистенции		

Таблица 5

Показатели	Составы			
	Контрольный	1	2	3
Подвижность растворной смеси	10–12	8–10	10–12	11–13
Водопроницаемость при капиллярном подсосе, кг/м <sup>2</sup>	2,5	2,46	2,38	2,15
Морозостойкость, циклы	После 55 циклов испытания поверхность без видимых разрушений. Прочность сцепления составляет 90% от первоначальной			
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1350	1400	1450	1510
Прочность сцепления, МПа	0,84	0,88	0,94	0,8
Атмосферостойкость	500 часов облучений без видимых разрушений, меления			

Таким образом, показано, что латексные системы могут найти эффективное применение в качестве связующего материала для декоративной отделки газобетонных конструкций. Достаточно высокая совместимость связующего материала с наполнителем на основе ВПЭТ обуславливает необходимый уровень эксплуатационных показателей композиции. Производство защитно-декоративных составов с использованием ВПЭТ является перспективным направлением рекуперации много-тоннажного отхода.

**Список литературы**

1. Хрулев В.М., Тентиев Ж.Т., Курдюмова В.М. Состав и структура композиционных материалов, Бишкек, 1997. 120 с.
2. Еркова Л.Н., Чечик О.С. Латексы Л.: Химия, 1983. 224 с.
3. Глазков С.С., Скрипченков А.В., Еськова И.А., Рудаков О.Б. Наружная отделка изделий из газобетона // Техника и технология производства теплоизоля-

ционных материалов из минерального сырья: Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции / ФГУП «ЦНИИХМ», г. Белокураха. – Москва. 2007. С. 94–96.

4. Глазков С.С. Критерии термодинамической устойчивости полимерных и композиционных материалов // Строит. материалы. 2007. № 1. С. 63–65.
5. Ван Кревелен Д.В. Свойства и химическое строение полимеров / Под ред. А.Я. Малкина. М.: Химия, 1976. 414 с.
6. Good R.J. Contact angle, wetting, and adhesion: a critical review // Contact Angle, Wettability and Adhesion. – The Netherlands: Ed. K.L. Mittal. VSP, Utrecht. – P. 3 – 36.
7. Глазков С.С. Использование латексных систем для регулирования свойств карбамидоформальдегидных смол // Журн. прикл. химии. 2004. Т.77. Вып. 10. С. 1725–1728.
8. Кисина А.М., Куценко В.И. Полимербитумные, кровельные и гидроизоляционные материалы Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1983. 134 с.

# 18-20 марта 2009 г.

# ЯРОСЛАВСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ

открытый перспективный

## 5 юбилейная специализированная выставка-форум

[WWW.YCFEXPO.YAROSLAVL.RU](http://WWW.YCFEXPO.YAROSLAVL.RU)

Оргкомитет: (4852) 733-181, 951-980 • E-mail: [ycf@yarinfo.com](mailto:ycf@yarinfo.com)

Организаторы



ИНФОКОМ  
[www.yarinfo.com](http://www.yarinfo.com)

Генеральный информационный спонсор



СТРОИТЕЛЬСТВО

Информационные спонсоры



СТРОЙКА  
ГРУППА ГАЗЕТ

КРОВЕЛЬНЫЕ И ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ



КРОВЛИ  
EXPONET  
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ



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



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

**ИЗМЕРИТЕЛИ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА, КИРПИЧА**

**ИПС-МГ4.01 / ИПС-МГ4.03**  
 ударно-импульсный  
 автоматическая обработка измерений  
  
 диапазон 3...100 МПа

**УКС-МГ4 / УКС-МГ4 С**  
 ультразвуковой  
 поверхностное и сквозное прозвучивание  
  
 частота 60...70 кГц  
 диапазон 10...2000 мкс

**ПОС-50МГ4 / ПОС-50МГ4 Д / ПОС-50МГ4 "Скол"**  
 отрыв со скалыванием и скалывание ребра  
 предельное усилие 60 кН  
 диапазон 5...100 МПа  



**ПОС-2МГ4 П**  
 испытание прочности ячеистых бетонов  
 предельное усилие вырыва 2,5 кН  


**Прессы испытательные малогабаритные**  
**ПГМ-100МГ4 / ПГМ-500МГ4 / ПГМ-1000МГ4**  
 с гидравлическим приводом для испытания бетона, асфальтобетона, кирпича  
 ■ предельная нагрузка 100 / 500 / 1000 кН  
 ■ масса 70 / 120 / 180 кг  


**ПСО-10МГ4 КЛ**  
 испытание прочности сцепления в каменной кладке  
 предельное усилие отрыва 15 кН  



**ДИНАМОМЕТРЫ**  
**ДМС-МГ4 / ДМР-МГ4**  
 эталонные  
 сжатия / растяжения  
 предельная нагрузка 1...1000 кН  


**ПМ-1МГ4 / ПМ-2МГ4 / ПМ-3МГ4 / ПМ-5МГ4 / ПМ-10МГ4**  
 с ручным / электрическим приводом для испытания утеплителей на изгиб и сжатие при 10% линейной деформации  
 ■ предельная нагрузка 1 / 2 / 3 / 5 / 10 кН  
 ■ масса 20 / 25 кг

**АДГЕЗИМЕТРЫ**  
**ПСО-МГ4**  
 испытание прочности сцепления покрытия с основанием  
 предельная нагрузка 1 / 2,5 / 5 / 10 кН  


**ИЗМЕРИТЕЛИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ**

**ИТП-МГ4 "100" / "250" / "Зонд"**  
 стационарный и зондовый режимы  
 диапазон 0,02...1,5 Вт/м·К  


**АНЕМОМЕТРЫ, ГИГРОМЕТРЫ**  
**ИСП-МГ4 / ИСП-МГ4.01**  
 анемометр-термометр  
 диапазон 0,1...20 (1...30) м/с  
 -30...+100 °С  
**ТГЦ-МГ4 / ТГЦ-МГ4.01**  
 термогигрометр  
 диапазон 0...99,9 % / -30...+85 °С  


**ИЗМЕРИТЕЛИ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ**

**ИТП-МГ4.03 "Поток"**  
 3...5, 10 и 100-канальные регистраторы  
 диапазон 10...999 Вт/м<sup>2</sup>  
 -40...+70 °С  


**ИЗМЕРИТЕЛИ ВЛАЖНОСТИ**

**ВЛАГОМЕР-МГ4**  
 для измерения влажности бетона, сыпучих, древесины  
 диапазон 1...45 %  


**ТЕРМОМЕТРЫ**

**ТМР-МГ4**  
 модульные регистрирующие для зимнего бетонирования и пропарочных камер  
 до 20 модулей в комплекте  
 диапазон -40...+100 / 250 °С  


**ИЗМЕРИТЕЛИ СИЛЫ НАТЯЖЕНИЯ АРМАТУРЫ**

**ДО-40 / 60 / 80МГ4**  
 метод поперечной оттяжки  
 диапазон контролируемых усилий 2...120 кН  
 диаметр арматуры 3...12 мм  


**ИЗМЕРИТЕЛИ ТОЛЩИНЫ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА**

**ИПА-МГ4**  
 диаметр контролируемой арматуры 3...40 мм  
 диапазон измерения защитного слоя 3...140 мм  


**ТЦЗ-МГ4 / ТЦЗ-МГ4.01**  
 зондовые / контактные 1...2-канальные  
 диапазон -40...+250 °С  


**ИЗМЕРИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЙ В АРМАТУРЕ**

**ЗИН-МГ4**  
 частотный метод  
 диаметр арматуры 3...32 мм  
 диапазон 100...1800 МПа  


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

АВТОМАТ

Я.Б. ЯКИМЕЧКО, канд. техн. наук, Национальный университет «Львовская политехника», (Львов, Украина)

## Неавтоклавные газобетоны с полидисперсными наполнителями на основе отходов промышленности

На современном этапе развития строительства ячеистые бетоны являются одним из наиболее эффективных теплоизоляционных и одновременно конструкционных материалов. Они обладают низким коэффициентом теплопроводности, достаточной механической прочностью и изготавливаются из дешевого исходного сырья. Наиболее распространены ячеистые бетоны автоклавного способа производства, где прочность изделий обусловлена синтезом при повышенных давлениях и температурах высокоакристаллизованных продуктов [1]. Интерес к неавтоклавным ячеистым бетонам обусловлен низкой энергоемкостью его производства, а также простотой и относительно невысокой ценой оборудования. На Украине большое развитие получили технологии производства пенобетонов, а в настоящее время стремительно увеличивается количество произ-

водств, выпускающих неавтоклавный газобетон. Основным недостатком неавтоклавного газобетона является повышенная величина усадки, которая связана с низкой степенью закристаллизованности первичных продуктов гидратации цемента, а также с образованием повышенных количеств гидроалюминатов кальция в результате реакций газообразования между металлическим алюминием и известью [2].

На практике используется множество технологических приемов для устранения этого недостатка. В частности, разрабатываются различные способы уплотнения межпоровых перегородок за счет введения наполнителей, расширяющихся цементов, волокнистых добавок, уменьшения количества воды затворения.

В настоящей работе рассмотрены способы увеличения плотности межпоровых перегородок неавто-

клавного газобетона при использовании двух или более наполнителей различной природы, состава и дисперсности, а также путем целенаправленного регулирования структуры образующегося цементного камня.

В качестве исходных материалов использовался бездобавочный портландцемент М500 ОАО «Николаевцемент», молотый доменный шлак комбината «Криворожсталь», зола-уноса Бурштынской ТЭС (Ивано-Франковская обл.), отвальный микрокремнезем Луганского завода ферросплавов, молотая негашеная известь 2-го сорта. При получении газобетона применялась виброактивация газобетонной смеси на стадии перемешивания и виброударный способ вспучивания массива.

В табл. 1 приведены некоторые физические характеристики используемых компонентов. Данные таблицы показывают, что наполнители характеризуются более низкой истинной плотностью, чем портландцемент, а также обладают определенной активностью по отношению к извести. Причем количество связанной извести зависит как от природы наполнителя, так и от его дисперсности.

Определение водотвердого отношения, при котором достигается подвижность смеси, необходимая для процесса виброраспучивания (по Суттарду 16 см), показало, что портландцемент и микрокремнезем характеризуются наиболее высокими значениями В/Т. Это объясняется в случае с микрокремнеземом высокой дисперсностью, а для портландцемента – высокой истинной плотностью частиц при одинаковой удельной поверхности по сравнению с золой-уноса и доменным гранулированным шлаком. Исходя из этого для достижения минимального В/Т при максимальной подвижности количество таких наполнителей, как шлак или зола, должно быть максимальным.

Известно [3], что прочность ячеистого бетона определяется проч-

Таблица 1

Вид материала	Истинная плотность, г/см <sup>3</sup>	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Остаток на сите №008, %	В/Т при распыле по Суттарду 16 см	Гидравлическая активность, мг/г
Молотый доменный шлак	2,83	1110	6	29	98
Зола Бурштынской ТЭС	2,65	930	4	26	65
Микрокремнезем	1,65	390	0	45	220
Молотый кварцевый песок	2,75	1100	25	21	45
Молотый известняк	2,55	1030	11	24	-
Портландцемент	3,2	1280	10	42	-

Таблица 2

Вид наполнителя*	Прочность при сжатии, МПа, в возрасте, сут				В/Т
	4	7	14	28	
Доменный шлак	21	24,1	30,6	44,2	0,27
Зола уноса	19,1	32,8	37,8	48,6	0,26
Песок	19,5	22,8	29,8	37,8	0,28
Известняк	19,2	25,7	32,6	36,9	0,29

**Примечание.** \* Количество наполнителя 50% от массы цемента.

Таблица 3

Состав композиции, мас. % <sup>1</sup>			В/Т	Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте, сут <sup>2</sup>		
Цемент	Шлак	Зола		7	14	28
50	5	45	0,27	14,6	20,4	33,6
50	10	40	0,29	15,7	21,9	27,8
50	15	35	0,31	15,6	18,3	26,4
50	20	30	0,31	11,4	17,7	32,8
50	25	25	0,32	16,5	34	51,1
50	30	20	0,31	10,8	20	30,9
50	35	15	0,32	18,8	21,9	36,6
50	40	10	0,32	17	28,9	42,1
50	45	5	0,31	16,6	22,9	34,7

**Примечание.** <sup>1</sup> – подвижность раствора 16 см по Суттарду; <sup>2</sup> – образцы-кубики 40×40×40 мм

ностью межпоровых перегородок. Причем для достижения необходимого коэффициента конструктивного качества она должна достигать значений не менее 30 МПа. Определялись физико-механические характеристики материала перегородок, полученного на основе портландцемента и наполнителей (табл. 2). Образцы на основе шлака и золы характеризуются наивысшей прочностью, наиболее интенсивный рост которой наблюдается в более отдаленные сроки твердения.

Усадка неавтоклавного газобетона в процессе высыхания может достигать величины 2–3,5 мм/м. На нее значительно влияет состояние межпоровой перегородки. Существует несколько способов повышения плотности и соответственно прочности перегородки. Например, этого можно достичь рациональной упаковкой частиц наполнителя. При этом наиболее компактная упаковка достигается при использовании полидисперсного наполнителя. Эксперименты показали, что при совместном введении в состав ком-

позиции золы-уноса и молотого шлака при соотношении 1:1 механическая прочность цементного камня на 40% выше по сравнению с композицией на одном виде наполнителя (табл. 3).

Сочетание более крупнодисперсного компонента – доменного шлака и высокодисперсного – микрокремнезема позволяет получить максимальную прочность камня при введении 40% шлака и 10% микрокремнезема. Микрокремнезем играет роль не только наполнителя, а проявляет себя как гидравлически активная минеральная добавка (рис. 1).

Кривые имеют два пика: при содержании микрокремнезема 7–12% и 38–42%. С этими количествами микрокремнезема прочность достигает максимального значения в более отдаленные сроки твердения. При содержании микрокремнезема 7–12% основную роль в наборе прочности, очевидно, играет компактность упаковки частиц, а при больших количествах более эффективно проявляется его гидравличес-

кая активность. Таким образом, для достижения максимальной прочности межпоровой перегородки оптимальным является совместное использование нескольких видов наполнителей с различной природой гидравлической активности и величиной дисперсности.

Следует отметить, что повышение компактности упаковки частиц наполнителя положительно влияет на газодерживающую способность бетонной массы. Это в первую очередь проявляется в увеличении кратности вспучивания композиций, содержащих одновременно два вида наполнителя по сравнению с одним (рис. 2).

На основе двухкомпонентных наполнителей был получен неавтоклавный газобетон. В качестве активатора вспучивания использовалась добавка частично гашеной извести и сульфата натрия. Частично гашеную известь получали при смешивании молотой негашеной извести и наполнителя, содержащего заданное количество влаги. Полученная смесь выдерживалась в силосах не менее 3 сут. В результате такого технологического приема около 50% извести находилось в виде гидратной извести, а другая часть содержала частицы негидратированного СаО. Карбонизация поверхностных слоев негидратированных частиц в процессе выдерживания в силосах изменяла время гашения извести с 10 мин до 85 мин.

Определение реологических свойств, кинетики вспучивания, температуры массива и механической прочности проводилось в промышленных условиях. Массив объемом 2,45 м<sup>3</sup> формовали способом виброударного вспучивания в теплоизолированных формах. При начальной температуре воды затворения 35°С время подъема массива



Рис. 1. Влияние количества микрокремнезема на механическую прочность камня с наполнителем – молотым доменным шлаком. 1 – прочность через 7 суток твердения; 2 – через 14 суток; 3 – через 28 суток

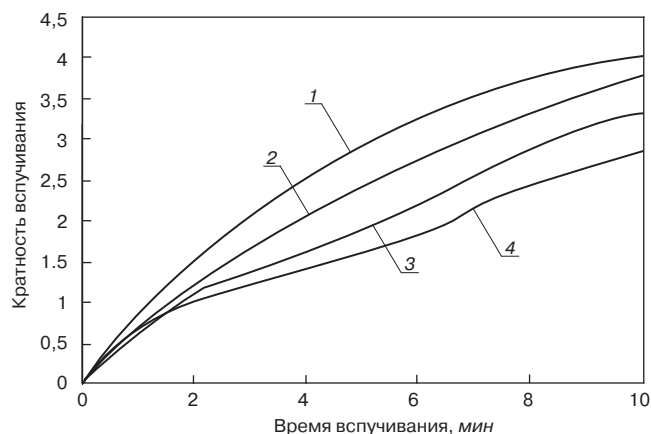


Рис. 2. Влияние вида наполнителя на кратность вспучивания газобетонной массы при содержании наполнителей: 1 – 10% микрокремнезема + 40% шлака; 2 – 25% золы-уноса + 25% шлака; 3 – 50% шлака; 4 – 50% золы-уноса



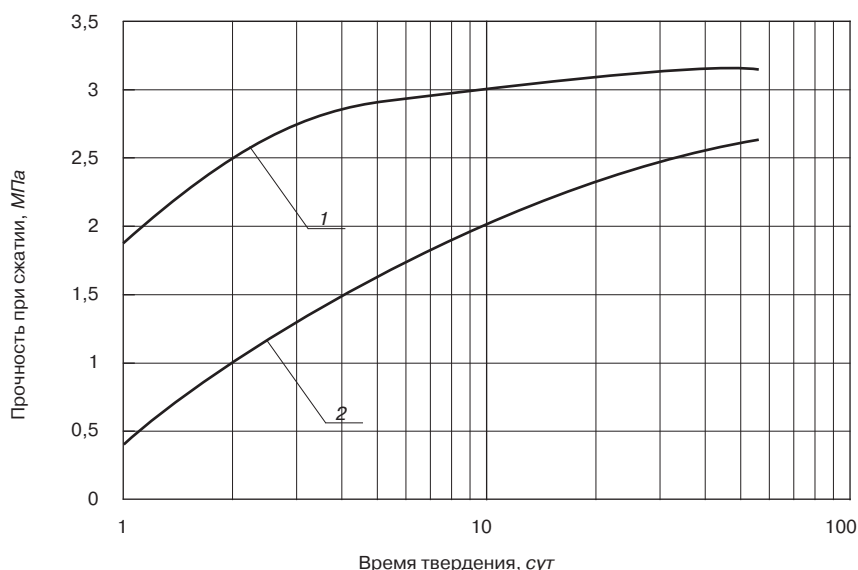


Рис. 3. Кинетика нарастания прочности газобетона: 1 — образцы, вырезанные из массива; 2 — газобетон, твердевший в формах 150×150×150 мм

составляло 7 мин. Проводились измерения температуры в центральной части формы с помощью специально установленных термодатчиков. Значительное количество тепла, которое выделяется при гашении извести за счет экзотермической реакции образования водорода, а также теплота гидратации клинкерных минералов приводят к повышению температуры до 55°C уже через два часа после начала формования. Максимальная температура 85°C была достигнута через 6 ч твердения.

В то же время температура образцов, залитых в стандартные формы 150×150×150 мм, составила всего 40°C через 10 часов твердения. Физико-механические испытания показали, что эффект саморазогрева, который можно назвать гидратационным автокатализом, положительно влияет на механическую прочность газобетона. Образцы, вырезанные из массива и испытанные через 48 ч, имели прочность при сжатии 2,2–2,7 МПа. Для образцов из стандартной формы

150×150×150 мм характерно медленное нарастание прочности и более низкие абсолютные ее значения в возрасте 28 сут (рис. 3).

Высокая температура, развивающаяся в массиве, создает условия самопропаривания. При этом ускоряются процессы гидратации клинкерных минералов, а также увеличивается гидратационная активность наполнителя. Повышенное давление в образованных пузырьках, которое создается водородом и испаряющейся влагой, уплотняет межпоровые перегородки, находящиеся в пластичном состоянии. Тем самым создаются стесненные условия, при которых развиваются процессы перекристаллизации первичных неустойчивых продуктов гидратации в более стабильные. В результате этого формируется структура с мелкими порами, что в конечном результате влияет на прочность системы (рис. 4).

Положительное влияние на уплотнение материала перегородок оказывает наличие в структу-

ре свободного CaO, линии которого фиксируются с помощью рентгенофазового анализа на протяжении 36 ч твердения. Образующийся при гидратации извести Ca(OH)<sub>2</sub> (d = 2,61; 4,93) постепенно связывается активными составляющими наполнителя с образованием в начальный период гидросиликатов C<sub>2</sub>SH<sub>2</sub>. Самопропаривание (при 80°C) приводит к образованию твердого раствора переменного состава C<sub>4</sub>AH<sub>13</sub> – C<sub>3</sub>ASH<sub>12</sub>. Последующее постепенное уменьшение концентрации Ca(OH)<sub>2</sub> вызывает переход высокоосновных гидросиликатов в низкоосновные гидросиликаты CSH(I) (d = 3,03; 3,07), а высокоосновных гидроалюминатов в менее основные. На рентгенограммах также обнаружены линии гидрогранатов состава 3CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·xSiO<sub>2</sub>(6-2x)H<sub>2</sub>O, которые значительно быстрее образуются при автоклавной обработке. Вышеописанные процессы положительно влияют на синтез прочности межпоровых перегородок в газобетоне.

Таким образом, для получения неавтоклавного газобетона с высоким коэффициентом конструктивного качества и низкой усадкой необходимо применять следующие приемы: для формирования массива использовать теплоизолированные формы максимально большого объема; время выдержки до резки массива должно составлять не менее 6 ч; в состав смеси вводить максимально возможное количество нескольких видов полидисперсных наполнителей; для создания эффекта расширения использовать медленногасящую известь. При таких условиях наиболее целесообразно применение дисковых или ленточных пил для резки массива, поскольку достигаемая прочность за это время не позволяет распиливать массивы с помощью струнных агрегатов.

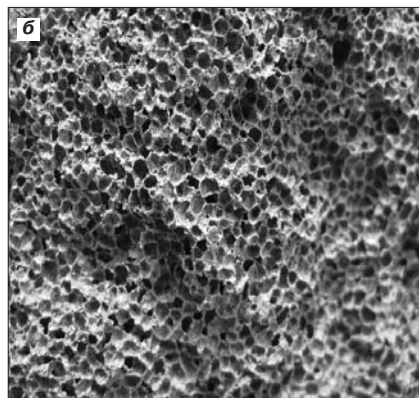
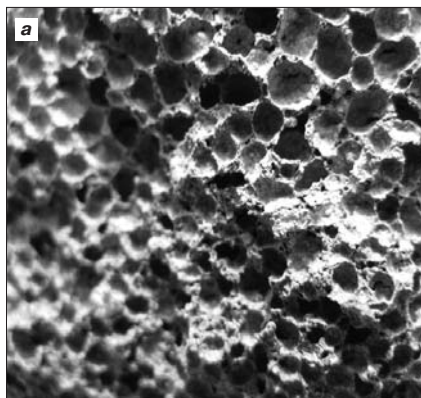


Рис. 4. Макроструктура неавтоклавного газобетона (×2,5): а — образец из формы 150×150×150 мм; б — образец из центральной части массива

#### Список литературы

1. Ухова Т.А. Перспективы развития производства и применения ячеистых бетонов // Строит. материалы. 2005. №1. С. 18–20.
2. Лотов В.А., Митина Н.А. Формирование оптимальной пористой структуры газобетона неавтоклавного твердения. // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2000. Т. 43. Вып. 3. С. 118–119.
3. Кривицкий М.Я., Левин Н.И., Макарычев В.В. Ячеистые бетоны (технология, свойства и конструкции). М.: Стройиздат, 1972. 136 с.

Г.Р. БУТКЕВИЧ, канд. техн. наук, ФГУП «ВНИПИИстромсырье» (Москва)

## Промышленность нерудных строительных материалов в условиях экономического кризиса

Объем производства нерудных строительных материалов (НСМ) в России в 2007 г. достиг 373 млн м<sup>3</sup>, или около 540 млн т, что составляет всего 51% от уровня 1989 г. При этом объем производства НСМ в мире превышает 20 млрд т (табл. 1), примерно столько же суммарно добывается всех остальных твердых полезных ископаемых.

Глобальный спрос на НСМ имеет тенденцию к непрерывному увеличению. Однако среднегодовые темпы роста производства НСМ за период 2006–2011 гг. по прогнозу должны снизиться с 5,9% до 4,7%. Максимальный рост потребления НСМ ожидается в развивающихся странах, таких как Китай и Индия, где бурно развивается индустриализация, создается инфраструктура, обеспечивая растущий спрос на различные строительные материалы. Предполагается, что в Западной Европе, США, Японии основной объем НСМ будет использован уже не для создания, а для ремонта инфраструктуры и сооружений, среди нежилых объектов должно преобладать дорожное строительство.

Повышение экологических требований и освоение территорий, в том числе для строительства промышленных объектов, увеличивает интерес к использованию вместо природного сырья, запасы которого на доступных для разработки территориях сокращаются, вторичного (бетон, асфальт, шлак, зола-унос). Особенно нагляден пример Великобритании, где был принят двадцатилетний, до 2011 г., план развития промышленности НСМ, предусматривающий интенсивную замену полезных ископаемых, добываемых на островах с целью производства НСМ, вторичным сырьем и извлекаемым со дна морей песком.

Промышленность НСМ в небольших странах представлена сотнями, а в более крупных – тысячами карьеров (табл. 2). Преобладают предприятия сравнительно небольшой производительности, хотя основной объем

производства обеспечивают крупные карьеры. Большинство компаний владеют 1–3 карьерами. Хотя имеются компании, в том числе глобального охвата, в собственности которых находятся сотни карьеров. Такие компании часто занимаются производством не только НСМ, но и железобетона, растворов.

Производство НСМ на жителя значительно различается. В европейских странах (данные по 18 государствам) в среднем потребляется 7 т/чел. Причем колебания высоки: от 2 до 32 т (Ирландия).

Европейские страны, так же как и РФ, ощутили влияние спада в 2002 г.: объем производства НСМ по сравнению с 1999 г. сократился на 1,6%. В 2003 и 2004 гг. рост производства составил 1,4 и 5,4% соответственно. Тревожная картина в строительстве США многими недооценивалась, хотя сокращение жилищного строительства продолжается несколько лет (табл. 3). Аналитики считали, как оказалось, ошибочно, что объемы производства по другим секторам строительства перекроют спад в строительстве жилья, несмотря на то что основные отраслевые журналы «Пит энд Квори» (Pit & Quarry) и «Рок продактс» (Rock Products) систематически приводили данные о заметном снижении объемов жилищного строительства и скачкообразном изменении сумм заключенных контрактов в других секторах строительного бизнеса.

Убеждение, что отечественная промышленность продолжает успешно развиваться, господствовало в России еще в начале III квартала 2008 г. Спад производства не ожидали ни правительство страны, ни предприниматели (табл. 4).

Дальновидные собственники уловили признаки надвигающегося кризиса и начали готовиться к возможным потрясениям. Так, компания «Лафарж», в составе которой около тысячи карьеров, более года назад запланировала провести инвентаризацию своих карьеров, чтобы закрыть неэффективные.

**Таблица 1**  
Производство нерудных строительных материалов в мире  
(Rock Products, 2008, February, p. 17)

Потребление, млрд т	Годы			Среднегодовые темпы роста за период 2001–2006 гг., %
	2001	2006	2011	
Всего	16	21,4	26,8	5,9
Из них:				
Северная Америка	3,2	3,8	4,6	3,9
Западная Европа	2,6	2,9	3,2	1,7
Азиатско-Тихоокеанский р-н	7,2	10,8	14,2	8,5
Остальной мир	2,9	3,9	4,8	5,8

**Таблица 2**  
Промышленность НСМ западно-европейских стран

Показатели	Страны			
	Чехия	Италия	Швеция	Англия
Количество компаний / карьеров	300/520	1796/2460	170/1940	350*/1280
Объем производства НСМ из строительного лома, млн т	2,5	3,7	8	68
Производство НСМ на 1 жителя, т	5	6	8	5
Средняя производительность карьера / компании, т/т	96/167	144/198	39/441	215/786

**Примечание.** \* Крупные и средние компании.

Какую стратегию выбирают компании и условиях кризиса? Для рыночной экономики характерно волнообразное развитие, напоминающее циклоиду. За относительно короткое постсоветское время Россия уже преодолела два кризиса различной разрушительной силы в 1998 и 2002 гг. В условиях кризиса при значительном количестве поставщиков и получателей продукции выработать единую политику взаимоотношений производителей с заказчиками невозможно. Поведение различных фирм отличается нередко нелогичностью и непредсказуемостью.

Известные решения руководства страны показывают, что горным подотраслям промышленности строительных материалов рассчитывать на финансовую помощь государства не приходится. Поэтому предприятиям нужно самим выбрать модель поведения в соответствии с субъективной оценкой ситуации и финансовыми возможностями. Например, покупка подешевевших предприятий и месторождений; консервация производства с увольнением персонала; снижение объемов производства и предоставление части сотрудников отпусков без сохранения заработной платы; модернизация производства; частичное перепрофилирование и организация выпуска новых видов продукции, преимущественно на основе минерального сырья.

Хотя Россия уже окунулась в стихию рыночной экономики, нельзя недооценивать возможного позитивного влияния властных структур различного уровня. В выступлениях первых лиц страны по кардинальным вопросам содержится, как правило, общая информация, не затрагивающая положение в строительном комплексе, и в частности в стройиндустрии. В связи с этим чрезвычайно важной является информация о позиции Министерства регионального развития. Ведь кто-то планирует распределение финансовых средств из расчета, что оживление экономики начнется в марте, а другие полагают, что через 1–1,5 года.

Многие крупные компании считают период спада благоприятным для приобретения новых предприятий. Согласно данным ряда публикаций при покупке главное внимание обращается на обеспеченность запасами.

*Примеры антикризисной политики крупнейших компаний США – производителей НСМ.* Компания «Вулкан матириалз» в I квартале 2008 г. реализовала продукции на 722 млн USD. Прирост в стоимостном выражении составил 14,6% при сокращении отгрузки на 4%.

Характерная особенность переживаемого периода – опережающий рост цен (в данной компании в среднем на 9%), причем на большие величины, чем это было в прошлые годы. То есть при спаде производства и уменьшении спроса цены повсеместно и непропорционально растут (табл. 5, рис.).

Отмечается, что за тот же период стоимость дизтоплива возросла на 53%.

«Вулкан матириалз» в середине ноября 2007 г. приобрела компанию «Флорида рок», которая в 2007 г. произвела 231 млн т НСМ. «Вулкан матириалз» в течение

2008 г. планировала поднять цену продукции в среднем на 8%, на разных объектах в пределах 5–15%. Хотя потребность в НСМ снижается, падения цен руководители фирм не ждут. Характерно, что компания считает важным сообщить, что она располагает запасами, обеспечивающими ее существование на 44 года.

*Как пережить кризис?* Основными потребителями НСМ являются строители автодорог, производители строительных конструкций и железнодорожники. Вероятно, такие работы, как строительство и ремонт автомобильных и железных дорог, строительство аэродромов и инфраструктуры в условиях кризиса, останутся важнейшими потребителями НСМ и других строительных материалов, производимых на их основе, поскольку они финансируются из федерального или региональных бюджетов.

На строительство и ремонт автодорог тратятся огромные средства. Так, в США затраты Федерального правительства и штатов на эти цели составляют 148 млрд USD в год (*РЖ «Автомобильные дороги», 2008, № 11, реферат № 08.11-09.93*). Такой путь преодоления кризиса известен. Его обычно отождествляют с «новым курсом» Ф.Д. Рузвельта. Представляется, что идеология такого курса должна быть понятна руководителям других государств. Но для его осуществления нужны не только средства, которые пока в нашей стране не рассчитаны, но и политическая воля руководителей. Пока такие планы не озвучены.

Период кризиса для предприятий может быть использован для технического перевооружения.

Самым отсталым процессом на отечественных предприятиях остается складское хозяйство. Эксплуатационные расходы на размещение на складах и отгрузку продукции достигают половины затрат по переработке горной массы на ДСЗ. Кроме дороговизны процесса снижается качество продукции, в частности из-за сегрегации по крупности при укладке в штабель, перемещения в пределах погрузочной площадки бульдозером и при переэкскавации.

**Таблица 3**

**Контракты на строительство в США:  
9 месяцев 2008 г. к 9 месяцам 2007 г.**  
(*Pit & Quarry, 2008, December, p.72*)

Виды строительства	Стоимость контрактов, млрд USD		Изменения, %	
	9 мес 2008 / 9 мес 2007	2008 / 2007	9 мес 2008 / 9 мес 2007	2008 / 2007
Гражданское	188	241	+6	-8
Жилищное	133	160	-38	+2
Прочее	113	129	+1	-9
Всего	434	530	-14	-5

**Таблица 4**

**Динамика производства некоторых видов строительных материалов в РФ**

Материал	Годы							
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Цемент, млн т	32,4	35,3	37,7	41	45,6	48,5	54,7	59,9
НСМ, млн м <sup>3</sup>	190	197	192	211	230 ?	270	317	373
Сорный железобетон, млн м <sup>3</sup>	18,3	19,8	21,1	21,1	22,6	23,2	25,6	28,9
Инвестиции в основной капитал, % к предыдущему году в сопоставимых ценах*	117,4	110	102,8	112,5	113,7	110,9	113,7	-

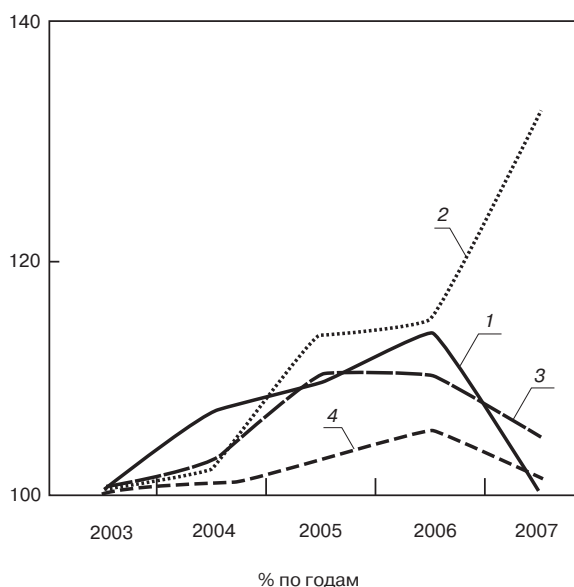
**Примечание.** \* Российский статистический ежегодник. М.: Росстат, 2007. С. 705–706.



Таблица 4

**Показатели производства НСМ из песчано-гравийных пород в США (по данным различных оперативных источников)**

Показатели	Годы				
	2003	2004	2005	2006	2007
Объем производства НСМ, млн т	1160	1240	1270	1320	1170
Импорт/экспорт НСМ, млн т	4/2	5/1	7/1	5/1	4/1
Средняя цена, USD/т	5,16	5,32	5,86	6,46	6,83
Заработная плата работника, тыс. USD в год	36,5	37	37,7	38,5	37,3



Динамика показателей производства НСМ из песчано-гравийных пород в США. За исходные приняты данные 2003 г. 1 — объем производства НСМ; 2 — средняя цена; 3 — то же по отношению к предыдущему году; 4 — заработная плата работника

Альтернативное решение — использование не только одноковшовых погрузчиков, но и штабелеукладчиков, над совершенствованием конструкции которых усиленно работают конструкторы ведущих зарубежных фирм. Начали выпускаться телескопические штабелеукладчики, которые позволяют уменьшать сегрегацию и эффективнее использовать площадь складов.

Другое направление — проведение плановой, рассчитанной на перспективу модернизации производства с целью улучшения технико-экономических показателей. Технологии переработки минерального сырья консервативны и фондоемки. Их реконструкция требует не только материальных затрат, но и прекращения работы комплекса. Поэтому период вынужденного простоя логично использовать и для таких целей. Одна из задач модернизации — снижение трудоемкости производственных процессов, поскольку в отрасли до 1/3 эксплуатационных затрат приходится на оплату труда, а резервы повышения производительности труда на отечественных предприятиях велики. Рост производительности труда должен стать не только одним из важнейших элементов снижения затрат. Процессы, сопутствующие кризису, обостряют уже выявившуюся нехватку квалифицированных кадров.

Период кризиса и следующих за ним нескольких лет, во время которых произойдет выход на докризисные рубежи, по всей вероятности, будет сопровождаться внедрением новых технологий в строительстве. По этой причине возникнет спрос на новые виды НСМ, продукцию более высокого качества, выпуск которой окажется невозможным при использовании прежних технологий.

Значительный рост потребности в НСМ должен возникнуть в период выхода из кризиса. К этому нужно готовиться, поскольку потребуются оперативное введение новых мощностей. Быстрый рост производства смогут обеспечить только неординарные решения, которые в основном связываются с установкой быстромонтируемых модульных передвижных и самоходных перерабатывающих агрегатов.

Имеются многочисленные примеры, в том числе отечественные, когда самоходные и передвижные перерабатывающие комплексы использовались на строящихся или реконструируемых объектах. На крупных предприятиях для увеличения производительной мощности создаются параллельные технологические линии, благодаря чему реконструкция проходит без остановки основного производства. Нередко один самоходный дробильно-сортировочный комплекс обслуживает несколько карьеров. Такие комплексы могут поочередно работать на переработке минерального сырья и строительного лома. В развитых странах многие компании специализируются на производстве НСМ из различных видов техногенного сырья. Небольшое число таких предприятий, являющихся конкурентоспособными, функционирует в нашей стране.

Интересен необычный опыт американской компании «Мидвест минералз», который показывает, как при хорошо отлаженной системе управления можно сократить затраты на приобретение оборудования. Компания владеет пятью передвижными комплексами, которые обслуживают 17 карьеров, разрабатывающих месторождения известняка. Предприятия выпускают 15 видов НСМ, а также известняковую муку. Часть щебня используется как цементное сырье. Среднее расстояние перевозки оборудования составляет 110 км. Каждый агрегат перевозят 2–3 раза в год. Квалифицированный персонал фирмы может демонтировать, перевезти и смонтировать на новой площадке агрегаты за 6–7 рабочих дней. Производительность карьеров 100–350 тыс. т. Количество сотрудников 110 человек. Принятая организация работ позволяет компании оперативно удовлетворять заказы клиентов в трех различных штатах (*Rock Products, 2008, October, p. 16*).

Имеются другие направления, которые позволяют выстоять в это непростое время. Например, значительным, но практически не освоенным резервом повышения прибыли остается комплексное освоение различных видов природных и техногенных ресурсов, включая содержащуюся в водоносных горизонтах воду, выработанное пространство карьера.

Таким образом, в зависимости от финансового положения предприятия и условий получения кредита владельцы и руководители предприятий имеют выбор пассивной, выжидательной или активной деятельности. Хотя условия получения кредита осложнились, возросли процентные ставки по кредиту и лизингу, и кредиторы стали предъявлять повышенные требования к залого.

Цена решения — благополучие многих семей, поскольку горные предприятия обычно являются градообразующими. Ситуация представляется особенно тревожной, поскольку в стране отсутствуют четкие прогнозы и целенаправленная политика развития горной отрасли промышленности строительных материалов.

# Международной научно-технической конференции MixBUILD 10 лет!

В ноябре 2008 г. в Москве проходили: Российская неделя сухих строительных смесей, включающая научно-техническую конференцию MixBUILD, специализированную выставку EXPOmix, международный фестиваль ТЕХНОстрой; Международный цементный форум; Национальный конгресс по бетону. Научные конференции и выставки организованы при поддержке Государственной думы РФ, Министерства регионального развития РФ, Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству, Правительства Москвы и Правительства Московской области.

История международной научно-технической конференции MixBUILD «Современные технологии сухих смесей в строительстве» началась в 1999 г., когда в Санкт-Петербурге по инициативе АНТЦ «АЛИТ» собрались ведущие специалисты отрасли, чтобы обсудить насущные проблемы и перспективы развития российского рынка сухих строительных смесей. Итоги первой конференции оказались настолько важными и интересными для всех участников, что было принято решение о регулярном проведении мероприятия. Значимым шагом для становления отрасли стала организация выставки EXPOmix, где участники рынка сухих строительных смесей смогли представить свои материалы, оборудование и технологии.

Интересные дискуссии, обмен опытом, налаживание деловых связей – все это оказало практическую пользу специалистам. Со временем мероприятие вызвало интерес и у представителей смежных областей – производителей бетона и цемента. Начиная с 2004 г. научно-техническая конференция MixBUILD, выставка EXPOmix и присоединившийся к ним Международный цементный форум с выставкой ExpoSet и Всероссийской ежегодной цементной биржей РосЦем стали проходить в Москве. В 2005 г. был впервые проведен Национальный конгресс по технологии бетонов, в рамках которого регулярно проходят международная специализированная выставка ConTech и международная научно-техническая конференция по бетону ConLife. На всех этапах журнал «Строительные материалы»<sup>®</sup> выступал в качестве информационно-поддержки этих соиздательных проектов, основным генератором которых является генеральный директор АНТЦ «АЛИТ» Эдуард Логинович Большаков.

Э.Л. Большакову принадлежит немалая заслуга в создании и объединении относительно новой подотрасли промышленности строительных материалов – производства сухих строительных смесей, в трудное время экономических и организационных преобразований последних полутора десятилетий.

Благодаря неустанной деятельности Эдуарда Логиновича международная научно-техническая конференция «Современные технологии сухих строительных смесей» стала местом встречи

производителей сухих смесей России, стран СНГ и многих зарубежных стран. Новые технологии, оборудование, научные разработки, внедренные на предприятиях отрасли, впервые были представлены именно на этом престижном мероприятии. Он является одним из активных инициаторов актуализации нормативно-технической базы отрасли.

С журналом «Строительные материалы»<sup>®</sup> лично Эдуарда Логиновича и его фирму связывают многие годы сотрудничества. Благодаря конференции MixBUILD журнал стал необходимым информационным инструментом руководителей и технических специалистов подотрасли России и стран СНГ.

В связи с 10-летием сотрудничества при проведении международной научно-технической конференции «Современные технологии сухих смесей в строительстве» руководитель проекта MixBUILD генеральный директор АНТЦ «АЛИТ» канд. техн. наук Э.Л. Большаков награжден почетным знаком-символом «**Душа и Дело**» научно-технического и производственного журнала «Строительные материалы»<sup>®</sup>.

В рамках II международной научно-технической конференции «Бетон: сырье, технологии, эксплуатация «ConLife-2008» было заслушано более 40 докладов и сообщений. Применению поликарбоксилатных пластификаторов в бетоне посвятил свой доклад доктор техн. наук **Г.С. Рояк** (ЦНИИС, Москва). Введение в бетонную смесь поликарбоксилата в виде водного раствора в количестве 0,5% от массы цемента при В/Ц 0,38–0,37 увеличивает подвижность бетонной смеси до 21 см; прочность бетона в возрасте 28 сут составляет 62,5 МПа. Коэффициент вероятности безотказной работы бетона, содержащего поликарбоксилатную добавку, составил 0,95, а бетон без добавки 0,44. Сделан вывод, что большому значению коэффициента вероятности безотказной работы должен соответствовать и больший предел выносливости, что открывает широкие возможности применения такого бетона в ответственных сооружениях.

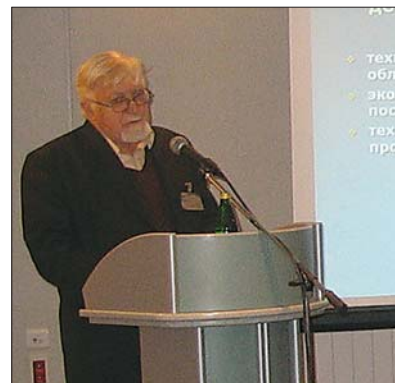
О технологии, свойствах и области применения серных композиций в гражданском, промышленном, дорожном и специальном



Руководитель проекта MixBUILD Э.Л. Большаков награжден почетным знаком-символом «Душа и Дело» научно-технического журнала «Строительные материалы»<sup>®</sup>



Г.С. Рояк (ЦНИИС) и В.Ф. Афанасьева (НИИ Мосстрой) руководили дискуссией «Качество цемента и производство ССС, товарного бетона, сборных бетонных и железобетонных конструкций: проблемы и пути решения»



А.Н. Волгушев (НИИЖБ им А.А. Гвоздева) подчеркнул, что серное вяжущее эффективно при устройстве полов, в дорожном строительстве и др.





А.А. Семенов (компания «ИНФОМАЙН») оценил работу гипсовой отрасли в России



На стенде компании «АВС-МК» представлены схемы АСУ технологическими процессами



Компания «Мирупак» поставляет бумажные клапанные мешки для сыпучих материалов

строительстве рассказал канд. техн. наук **А.Н. Волгушев** (НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, Москва). Термопластическое серное вяжущее состоит из технической серы, модификатора и минерального мелкодисперсного наполнителя. При температуре 140–150°C сера играет роль жидкой фазы, а модификатор и мелкодисперсный наполнитель – структурообразующих составляющих. Технология производства такого вяжущего дешевле, чем технология производства цемента. Энергозатраты уменьшаются в 1,5–2 раза, снижаются капитальные расходы на организацию производства на 40–50% и себестоимость в 1,5–2 раза. Срок хранения серного вяжущего практически не ограничен. Приготовление бетонной смеси, состоящей из серного вяжущего (20–40%) и заполнителей (60–80%), а также формовку изделий производят в горячем состоянии при температуре 130–150°C. Прочность серного бетона в возрасте 7 сут в 3 раза, а в возрасте 28 сут – в 2 раза превышает прочность бетона, изготовленного на обычном портландцементе. Представленный материал имеет широкую область применения в строительстве.

На 10-й международной научно-технической конференции «Современные технологии сухих смесей в строительстве «MixBUILD-2008» выступил руководитель АНТЦ «АЛИТ» (Санкт-Петербург) канд. техн. наук **Э.Л. Большаков**, который отметил, что по прогнозам через 4–5 лет в отрасли сухих строительных смесей может произойти перепроизводство, поэтому необходимо разрабатывать сухие строительные смеси для новых областей строительства. Для этого необходимо использовать различные добавки, определяющие свойства материала. Использование поликарбонатов – перспективное направление, но необходимо организовать собственный синтез этого материала в России.

О текущем состоянии рынка гипса в России рассказал канд. техн. наук **А.А. Семенов** («ИНФОМАЙН», Москва), который отметил, что 57,4% балансовых запасов сырья сосредоточено в Центральном федеральном округе. За период 2002–2007 гг. объем производства гипса в России увеличился в 2,95 раза и превысил 3,6 млн т. Основной объем выпуска гипсовых вяжущих приходится на долю производителей строительных гипсовых изделий – гипсокартонных листов (около 46%) и сухих строительных смесей (более 31%). На долю товарного строительного гипса приходится всего около 9% от общего объема потребления гипсовых вяжущих.

В докладе канд. техн. наук **Д.К. Лапко** (Белорусский государственный университет, Минск) было показано, что использование волластонита в качестве наполнителя в производстве строительных материалов очень эффективно. С 1930-х гг. волластонит используется для производства экологически безопасных красок, грунтовок, шпатлевок и керамики. Был представлен высокотемпературный клей холодного твердения, основанный на волластоните, предназначенный для склеивания стекла, керамики, металлических деталей (включая металлокерамику), огнестойких материалов с рабочей температурой до 1500°C. Прочность клея при сжатии 40–60 МПа, прочность при разрыве 4–19 МПа. Большой интерес участников конференции вызвал представленный керамопласт SILEN-1700, не теряющий несущих свойств в огне, который может использоваться для изготовления распределительных щитов, противопожарных дверей, сидений вагонов метро и др. Высо-

котемпературная ремонтная масса SILEN-ВОЛЛАСТОНИТ, которая наносится с помощью специальной пушки, служит для защиты любых металлических конструкций от коррозии и высокотемпературного воздействия.

Обзор и прогноз рынка фасадных технологий сделал **М.Г. Александрия** (ассоциация «АНФАС», Москва). Было отмечено, что утепление фасадов штукатурными системами на 25–30% дешевле, чем устройство вентилируемых фасадов. В 2008 г. площадь утепленных фасадов штукатурными системами составила 12 млн м<sup>2</sup>, при этом в Москве 41%, на Урале 12%, в Сибири 8%, Поволжье 20%, Санкт-Петербурге 10%. В связи со снижением цен на вспененный полистирол в 3–3,5 раза за последние 2–3 года доля пенополистирола в качестве утеплителя фасадов составила 55%, а минеральной ваты – 45%. О дополнительных теплопотерях через дюбель, проходящий на стыке плит утеплителя при наружной теплоизоляции слоем штукатурки доложила канд. техн. наук **В.В. Козлов** (НИИСФ, Москва). Теплопотери по элементам стеновой конструкции распределяются следующим образом: дюбели – 12%, откосы – 12%, балконы – 15%, утеплитель – 61%. Грамотная доработка фасада штукатуркой может свести теплопотери к минимуму.

На протяжении трех дней участники прослушали более 100 докладов по самым актуальным проблемам производства и применения вяжущих материалов, сухих строительных смесей, товарного бетона, сборных бетонных и железобетонных конструкций; ознакомились с последними достижениями и разработками в области сухих строительных смесей, цемента, бетонов.

Проходившие одновременно с конференционной программой международные специализированные выставки ExproSet, ConTech и EXROMix привлекли большое число специалистов из различных регионов России. В этом году в экспозиции в целом приняло участие около 150 экспонентов. Выставочная площадь по сравнению с 2007 г. увеличилась на 10%. Среди экспонентов были представлены ведущие компании-производители из России, стран ближнего и дальнего зарубежья. Большая часть участников (почти 50%) занимается разработкой, наладкой и поставкой всех видов специального оборудования для производства строительных материалов. Впервые в выставке приняла участие компания «АВС-МК» (Москва), которая занимается разработкой автоматизированных систем управления производственными процессами, весовых терминалов, оборудования для дозаторов, конвейерных и статических весов и др.

Дебютантом выставки стала также компания «Европейские транспортные системы» (Барнаул), выпускающая спиральные транспортеры для любых сыпучих продуктов с бесосевыми спиралями на основе гибкого и жесткого несущих элементов. Разработанное на предприятии оборудование позволяет осуществлять транспортирование сыпучих грузов с углом подъема от 0 до 90° с производительностью до 150 м<sup>3</sup>/ч.

Многие участники и посетители Российской недели сухих строительных смесей считают, что участие в мероприятии – это уникальная возможность для дискуссии и обмена опытом между российскими и зарубежными специалистами, учеными, руководителями крупнейших производственных компаний.



Г.Ф. БАЛМАСОВ, заместитель генерального директора,  
ООО СП «Единая Торговая Система» (Санкт-Петербург);  
А.Е. СКВОРЦОВ, генеральный директор, ООО «Ивсил ЕвроТрейд» (Московская обл.);  
П.И. МЕШКОВ, технический консультант, ООО «ЕТС-Москва»

## **Теплоизоляционные штукатурки с пеностеклом**

Россия является одним из мировых лидеров по добыче сырья для выработки энергии – нефти, газа, урана и др. Наши внутренние цены пока значительно ниже среднемировых. При всех достоинствах этого фактора для экономики страны нужно видеть и отрицательные последствия, прежде всего расточительное расходование топлива при строительстве и эксплуатации зданий. По-прежнему строятся тонкостенные дома из теплопроводящих материалов, почти половина энергоносителей расходуется на «отопление» атмосферы. На энергопотребление зданий используется 44% тепловой энергии, из них 90% на эксплуатацию, 8% на производство стройматериалов, 2% в процессе строительства. Для сравнения, если в России на отопление расходуется 500–700 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год, то в Германии – 260, в Швеции и Финляндии – 135 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год.

Расход энергии на отопление и кондиционирование определяется разницей между среднегодовой температурой в данном регионе и комфортным теплом в помещении. Так, в Москве и Санкт-Петербурге среднегодовая температура составляет всего около 4°C. В 1995 г. было утверждено изменение № 3 СНиП II-3-79\* «Строительная теплотехника», которое вводилось Постановлением Госстроя РФ с поэтапным внедрением до 2000 г. В этом изменении сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций заложено на уровне норм Западной Европы, США и Канады. Сравним только показатели для фасадных стен малоэтажных зданий. Европейскими нормами установлен коэффициент теплопередачи  $\leq 0,5$  Вт/(м<sup>2</sup>·К); в России сопротивление теплопередаче (для регионов, где показатель градусо-сутки отопительного периода составляет 6000°C·сут) должно быть 2 м<sup>2</sup>·°C/Вт, что полностью идентично. Разработка материалов и технологий для решения такой задачи явно отстала от принятия нормативной документации. Практически все строительство ведется с нарушением стандартов по теплоизоляции.

Существует немало способов утепления зданий при их возведении и реконструкции. Среди передовых можно отметить, во-первых, системы скрепленной теплоизоляции. К фасаду прикрепляются утеплители (пенполистирол, минераловатные плиты и др.). Кроме сложности исполнения многостадийных работ, экологической и пожарной опасности таких систем, а также их недолговечности следует отметить, что в России производство необходимых стройматериалов находится только в начальной стадии.

Развитие подотрасли сухих строительных смесей позволяет создавать и другую, весьма значимую технологию с применением таких теплоизолирующих материалов, как штукатурки, наливные полы, кладочные растворы и др. на основе пористых наполнителей.

Ключевым вопросом при определении сопротивления теплопередаче является выбор теплоизолятора. Лучшим из теплоизолирующих сред является вакуум, но это из области теории. Практически можно сравнить

различные вещества и материалы по этому свойству. Самым характерным признаком теплоизоляционных материалов является их высокая пористость. При величине пор 0,1–2 мм теплопроводность воздуха нормальной влажности составляет 0,023–0,03 Вт/(м·К). Диффузия тепла резко возрастает при увлажнении стройматериалов, так как теплопроводность воды равна 0,58 Вт/(м·К), т. е. в 25 раз выше, чем у воздуха. Примерно такие же теплопроводные показатели у цементного камня, силикатных наполнителей, гипса и др. При замерзании увлажненного теплоизоляционного материала происходит дальнейшее увеличение его теплопроводности, поскольку теплопроводность льда составляет 2,32 Вт/(м·К), т. е. в 100 раз больше, чем воздуха в тонких порах.

Таким образом, лучшим выбором для теплоизоляции являются материалы, содержащие в своих порах воздух. Твердые составляющие служат лишь жестким несущим каркасом и отвечают за прочностные характеристики изделия. При всех достоинствах полистирола, полиуретана, эпоксидных смол, перлита (для создания пенистых структур), волокнистых материалов типа минеральной ваты, волластонита, асбеста и др. предпочтение следует отдать прочному, негорючему, негниющему, экологически и физиологически безопасному, долговечному и гидрофобному минеральному гранулированному пеностеклу. Вспененное стекло активно используется в стройматериалах за рубежом и теперь становится востребованным сырьем в производстве сухих строительных смесей и в России. Группа компаний «Единая Торговая Система» предлагает гранулированное пеностекло Poraver (Поравер) немецкого производства. Поравер представляет собой гранулы различных фракций белого цвета с нулевым водопоглощением. Российский гранулированный материал Penostek (Пеностек) внедряет ООО «Ивсил ЕвроТрейд» для производства сухих смесей для штукатурных составов, полов и кладочных составов.

Учитывая то, что пеностекло является одним из основных ценообразующих компонентов, очень важен его выбор по принципу цена–качество. Как показывает практика, сухие смеси на основе гранулированного пеностекла отличаются более высокими адгезионными свойствами по сравнению со штукатурными составами на основе, например, перлита. При использовании оптимального количества полимерных связующих – диспергируемых порошков адгезия штукатурки, содержащей пеностекло, составляет до 0,5 МПа. Штукатурка, изготовленная по аналогичной рецептуре на перлите, имеет адгезионную прочность к бетонной стене не более 0,3 МПа. По-видимому, последнее связано с меньшей прочностью перлита. Развитая капиллярная пористость пеностекла обеспечивает материалу высокие антиконденсационные свойства, что очень важно для помещений с повышенной влажностью, например крытых плавательных бассейнов, кухонь и др. Благода-

Насыпной вес наполнителя, кг/м <sup>3</sup>	Количество наполнителя, кг	Количество цемента, кг	Предел прочности при сжатии, МПа	Плотность сухой смеси, кг/м <sup>3</sup>	Плотность раствора, кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность, Вт/(м·К)	
						в сухом состоянии	во влажном состоянии
Серия 1							
250	700	300	50	450	665	0,1	0,13
200	700	300	45	435	546	0,1	0,12
180	700	300	35	370	420	0,09	0,11
150	700	300	25	320	400	0,07	0,1
100	700	300	10	250	350	0,06	0,09
Серия 2							
250	650	350	80	500	700	0,12	0,15
200	650	350	70	450	560	0,1	0,13
180	650	350	50	350	450	0,09	0,11
150	650	350	30	300	400	0,07	0,1
100	650	350	25	280	360	0,06	0,09
Серия 3							
250	600	400	100	550	800	0,15	0,16
200	600	400	90	520	670	0,12	0,15
180	600	400	80	490	540	0,11	0,13
150	600	400	55	350	470	0,09	0,11
100	600	400	35	300	430	0,07	0,1

ря очень низкому водопоглощению отвердевших растворов обеспечивается долгосрочная эксплуатация зданий, в том числе и в зимних условиях.

Показатели сухих строительных смесей с использованием в качестве вяжущего портландцемента М 400 Воскресенского цементного завода приведены в таблице. В качестве пористого заполнителя использовано

гранулированное пеностекло Penostek фракции 0–5 мм с различной насыпной плотностью.

**Технические характеристики смеси Ivsil Termosil**

Толщина слоя нанесения, мм	10–30
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	300–350
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0,06
Плотность затвердевшего раствора, кг/м <sup>3</sup>	400

Такие характеристики обеспечивают хорошую теплоизоляцию наружных стен зданий. Например, 2–3 см штукатурки из этой смеси по теплопередаче эквивалентны кладке в 1/2 кирпича. Толщину нанесения штукатурки на фасадные стены необходимо рассчитывать исходя из требований действующих теплотехнических норм. Смесь можно наносить ручным и механизированным способом. Состав отличается хорошей удобоукладываемостью, пластичностью, пониженным отскоком при механическом нанесении. Для обеспечения адгезионной и когезионной прочности, низкого водопоглощения, а также для того чтобы штукатурка в пластичном состоянии не сползала со стены, т. е. для придания ей тиксотропных реологических свойств в рецептурах необходимо предусмотреть химические добавки. Из продуктов строительной химии, которые предлагает ООО «ЕТС» и активно используют передовые производители, например ООО «Ивсил ЕвроТрейд», следует выделить редиispersируемые порошки Дайрен, сложные эфиры целлюлозы Бермоколл, гидрофобизаторы Лигафоб, компенсатор усадки Денка. Возможно применение эфиров крахмала, полимерных волокон, воздухововлекающих и других добавок. Для создания двухкомпонентных штукатурных растворов используются полимерные дисперсии, например Синтомер, которые также поставляет ООО «ЕТС».

Теплоизолирующие штукатурные растворы применяются:

- в качестве тепло- и звукоизоляционной защиты и отделки наружных стен жилых домов, в том числе коттеджей, офисных и промышленных зданий и сооружений;
- для звукоизоляции внутренних стен квартир, так как установлено, что штукатурный слой толщиной 50 мм снижает уровень шума с 80 до 50 дБ, что обеспечивает комфортные условия в помещениях;



**• ТЕПЛО- • ЗВУКО-ИЗОЛЯЦИОННЫЕ**

СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ НА ОСНОВЕ ГРАНУЛИРОВАННОГО ПЕНОСТЕКЛА

**штукатурная смесь TERMOSIL**

применяется для внутренних и наружных работ; тепло- и звукоизоляции фасадов, стен и перегородок; выравнивания стен с минимальной нагрузкой на поверхность; в качестве декоративного покрытия «шуба».

Расход при толщине слоя 10 мм	3 – 4 кг/м <sup>2</sup>
Рекомендуемая толщина 1 слоя	10 – 30 мм
Козф. теплопроводности	0,06 Вт/(м·С)
Адгезия к бетону	0,5 МПа





**выравнивающая смесь TERMOLITE**

применяется для внутренних и наружных работ; утепления полов; выравнивания пола с большим количеством коммуникаций; в качестве основы под полы с подогревом.

Расход при толщине слоя 10 мм	3,5 – 4 кг/м <sup>2</sup>
Рекомендуемая толщина слоя	20 – 300 мм
Прочность на сжатие	70 кг/м <sup>2</sup> (М70)
Насыпная плотность	не более 460 кг/м <sup>3</sup>
Козф. теплопроводности	0,1 Вт/(м·С)

www.ivsil.ru contact@ivsil.ru

Консультации по применению материалов: +7 (495) 363 73 40

- для утепления балконов, лоджий, веранд, лестничных проемов;
- для тепло- и шумоизоляции любых внутренних стен и перегородок;
- для утепления наружных стен угловых квартир старого жилфонда;
- в случаях, когда необходимо выровнять поверхность с минимальной нагрузкой на стену (старый фонд, реставрационные работы);
- для тепло- и звукоизоляции любых нестандартных наружных и внутренних стен сложной конфигурации.

Таким материалам нетрудно придать свойства санирующей штукатурки, что необходимо при реставрации зданий, стены которых засолены и увлажнены.

В последнее время увеличился спрос на растворы для кладок из теплоизоляционных стеновых материалов, таких как ячеистый бетон, легкобетонные блоки, пенопластовые плиты или эффективный керамический или силикатный кирпич. Использование легких кладочных растворов препятствует образованию мостиков холода по кладочным швам. Ячеисто-бетонные блоки, имея в своем активе такие неоспоримые преимущества, как малая средняя плотность, теплопроводность, легкость в монтаже, все же характеризуются повышенной влагоемкостью и паропроницаемостью, деформативностью и усадкой, в насыщенном влагой состоянии имеют малую морозостойкость. Поэтому такие материалы требуют использования кладочных составов с повышенными теплотехническими характеристиками.

### Технические характеристики легкого кладочного раствора с гранулированным пеностеклом

Толщина слоя нанесения, мм	5–10
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	600
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0,15
Морозостойкость, циклов	35

Перспективным направлением является использование пеностекла при производстве материалов для устройства полов, например из материала Ivsil Termolite от ООО «Ивсил ЕвроТрейд».

### Технические характеристики материала Ivsil Termolite


Толщина слоя нанесения, мм	20–300
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup> , не более	460
Прочность при сжатии, МПа	7
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0,1

Кроме того, небольшая масса, низкая влагоемкость и высокая стабильность гранул пеностекла заметно по-

вышают экономичность строительных растворов. Гранулы Poraver и Penostek можно без проблем смешивать также с другими легкими заполнителями, например с пемзоматериалами или перлитами, что позволяет согласовывать рецептуру с конкретными потребностями заказчика.

Заменяя кварцевый песок и другие наполнители в строительных растворах на гранулированное пено-стекло, изготовители сухих смесей придают принципиально новый, более высокий уровень качества и экономической эффективности строительным материалам.

**ПЕНОСТЕКЛО** - это уникальный легкий, абсолютно негорючий, прочный теплоизоляционный материал в виде гранул из вспененного стекла.



**ИСПОЛЬЗУЕТСЯ:**

- в качестве фасадной тепло- и звукоизоляционной защиты и отделки стен жилых домов, коммерческих и промышленных зданий и сооружений;
- для звукоизоляции внутренних стен квартир от бытового шума;
- в качестве заполнителей легких бетонов, блоков и строительных смесей;
- в качестве основы под "теплые" полы, чтобы избежать потери тепла через основание;
- для случаев, когда необходимо выровнять поверхность с большим количеством проложенных коммуникаций (кабели, трубопроводы).



Характеристики материала	Пеностекло Penostek
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	100 – 400
Прочность, МПа	0,5 – 1,0
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,04 – 0,1
Водопоглощение, % по объему	менее 2
Фракция, мм	от 0 до 40

Пеностекло поставляется в биг-беге. Объем пеностекла в биг-беге 0,8 м<sup>3</sup>.

www.penostek.ru    +7 (495) 709 86 93    info@penostek.ru

РЕКЛАМА

## Стройматериалы

### Вышла в свет книга:

Маневич В.Е., Субботин К.Ю., Ефременков В.В. **Сырьевые материалы, шихта и стекловарение.**  
М.: РИФ «Стройматериалы», 2008. 224 с.

В книге подробно рассмотрены сырьевые материалы для производства стекла различного назначения, влияние технологических факторов на качество шихты и варку стекла, приведены последние разработки в области автоматизации производства стекольной шихты и других многокомпонентных смесей. Представлено различное оборудование, разработанное ЗАО «Стромизмеритель», которое успешно работает не только в России, но и других странах СНГ и дальнего зарубежья.

### В печати книга:

Масленникова Г.Н., Пищ И.В. **Керамические пигменты.**  
М.: РИФ «Стройматериалы», 2009. 240 с.

Рассмотрены физико-химические основы синтеза пигментов: термодинамическое обоснование реакций, теория цветности, современные методы синтеза пигментов, их классификация, методы оценки качества. Приведены сведения по технологии пигментов и красок различных цветов и кристаллических структур.

### Заказать книги можно в издательстве:

Тел.: (495) 976-22-08, 976-20-36    E-mail: mail@rifsm.ru, rifsm@mail.ru





**Республика Алтай  
г. ГОРНО-АЛТАЙСК**

**4 - 6 МАРТА, 2009г.**

**VI Межрегиональная специализированная выставка**

**АЛТАЙ:** - **СТРОИТЕЛЬСТВО**  
- **ЭНЕРГЕТИКА, ЖКХ**  
- **ГАЗИФИКАЦИЯ**

Организаторы:

Правительство Республики Алтай,  
Министерство регионального развития Республики Алтай,  
Администрация Новосибирской области,  
Межрегиональное объединение сибирских электротехнических предприятий,  
Выставочная компания "СибЭкспоСервис-Н", г. Новосибирск

Выставочная компания  
**СИБЭКСПОСЕРВИС-Н**

(383) 335-63-50 - многоканальный  
ses@math.nsc.ru www.ses.net.ru

СИБЭКСПОСЕРВИС  
**SIB EXPO SERVICE**  
НОВОСИБИРСК



БЕЛГОРОДСКАЯ  
ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ  
ПАЛАТА



**БЕЛЭКСПОЦЕНТР**



**10-12 марта 2009 г.**

XIII межрегиональная  
специализированная выставка

**БелЭкспоСтрой**



Т./ф.: (4722) 58-29-51, 58-29-66, 58-29-68, 58-29-41  
E-mail: belexpo@mail.ru; www.belexpocentr.ru;  
г. Белгород, ул. Победы, 147а

16-18 АПРЕЛЯ, СОЧИ

**СТРОИТЕЛЬНАЯ  
ИНДУСТРИЯ  
2009**

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

"ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ. ЭКОЛОГИЯ"  
"ДОМ. ДАЧА. КОТТЕДЖ."  
ДИЗАЙН ИНТЕРЬЕРА. БЛАГОУСТРОЙСТВО.  
"КЛИМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ"  
"НЕДВИЖИМОСТЬ. КРЕДИТ. ИНВЕСТИЦИИ"



Организаторы:  
ТПП г. Сочи  
ВК "Сочи-Экспо ТПП г. Сочи"  
Тел./факс: (8622) 648-700,  
642-333, (495) 745-77-09  
E-mail: stroyka@sochi-expo.ru  
www.sochi-expo.ru

П.Г. ВАСИЛИК, И.В. ГОЛУБЕВ, ЗАО «ЕвроХим-1» (Москва)

## Новые эфиры целлюлозы для производства гипсовых штукатурок

Химики-технологи производств ССС часто сталкиваются с задачами, требующими больше интуиции, чем фундаментальных знаний. Это происходит, в частности, как из-за ярко выраженной индивидуальности потребителей ССС, так и из-за отсутствия внятной нормативной документации.

Качество производимых строительных работ сильно различалось и в прежние времена. Так, до недавнего времени обычные штукатурки подразделяли на три категории: простые, улучшенные и высококачественные. Причем улучшенную штукатурку применяли в жилых помещениях, некоторых больничных, школьных и других общественных зданиях массового строительства. Она состояла из трех слоев – обрызга, грунта и накрывки общей толщиной 15 мм. Такой вид штукатурки носит еще название «под правило», так как этим инструментом производят окончательную отделку – разравнивание и заглаживание поверхности. Высококачественную штукатурку применяли для отделки театров, дворцов культуры, вокзалов, городских гостиниц, музеев, уникальных сооружений, некоторых много-

этажных домов, строящихся по индивидуальным проектам, и других капитальных зданий I класса. Этот вид штукатурки многослойный: обрызг, два слоя грунта и накрывка общей толщиной 20 мм. Поверхность грунта разравнивается по маякам; поверхность накрывочного слоя затирается теркой. Такой вид штукатурки называют еще маячной.

СНиП 3.04.01–87 «Изоляционные и отделочные покрытия» морально и физически устарел. При проведении штукатурных работ современные маляры-штукатуры основываются на рекомендациях фирм–изготовителей ССС или на своем профессиональном опыте. Так по действующему СНиП допускаемая толщина однослойной штукатурки из гипсовых растворов должна составлять 15 мм. В настоящее время есть материалы, позволяющие наносить за один намет более толстые слои без применения армирующих сеток и без потери эксплуатационных характеристик. А с помощью размолаживающего эффекта гипсовых составов и дополнительных мероприятий по обработке выровненной штукатурки научились обходиться без дополнительного шпатлевания.

Таблица 1

Компонент	Гипсовая машинная смесь № 1		Гипсовая машинная смесь № 2		Гипсовая ручная смесь		Отделочная смесь – гипсовая шпатлевка	
	Диапазон дозирования, %	Рекомендация для начала тестирования, %	Диапазон дозирования, %	Рекомендация для начала тестирования, %	Диапазон дозирования, %	Рекомендация для начала тестирования, %	Диапазон дозирования, %	Рекомендация для начала тестирования, %
Гипс-полугидрат	40–60	50	74–98	85	80–95	90	80–100	85
Гидратная известь Ca(OH) <sub>2</sub>	1–5	3	1,5–5	3,5	0,5–2	1,5	0–2	0,1
Известняковый или кварцевый песок (0,1–1 мм)	30–50	37	5–10	7	–	–	–	–
Известняковая мука (0–0,1 мм)	–	–	–	–	5–20	10	–	–
Перлит (0–1 мм)	–	–	0–5	3	–	–	10–30	15
Эфир целлюлозы Mecellose®	0,15–0,3	0,2	0,15–0,3	0,2	0,1–0,15	0,12	0,3–0,7	0,45
Замедлитель (в зависимости от pH); при pH>7 – винная кислота	0,05–0,25	0,15	0,05–0,25	0,15	0,05–0,25	0,15	0,05–0,25	0,15
Воздухововлекающая добавка Esaron 1214	0,01–0,03	0,02	0,01–0,03	0,02	0,01–0,03	0,02	–	–
Смачиватель, диспергатор Esaron 1850/C	–	–	–	–	–	–	0–0,02	0,02
Эфир крахмала Esamid NA	0,01–0,15	0,1	0,01–0,015	0,02	0,01–0,03	0,02	0–0,02	0,02
Водопотребность, %	45–65				60–65		45–70	
Значение pH	12–13				12–13		7–12	

Таблица 2

Параметры	Типы Mecellose®			Новые типы Mecellose®	
	FMC 7117	FMC 7150	FMC 7113	FMC 73008	FMC 75502
Аббревиатура химического названия	МГПЦ	МГПЦ	МГПЦ	МГЭЦ	МГЭЦ
Дозировка СЕ, %	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Водопотребность	Высокая	Незначительно увеличенная	Средняя	Средняя	Немного увеличенная
Вязкость раствора*	●●●●	●●●	●●	●●○	●●●
Водоудержание	●●○	●●●	●●●○	●●●○	●●●●
Технологичность раствора	Удобоукладываемость	●●●	●●●	●●●●	●●●○
	Антисползание	●●●●	●●●	●●	●●●
	Антикомкование	●●●	●●●	●●●	●●●●
	Адгезия	●●●	●●●○	●●●	●●●

\* – ●●●● – очень хорошо; ● – плохо

Ввиду наличия разнообразных способов и толщин нанесения отделочных растворов различны и требования к ССС. Отсюда и широчайший ассортимент рецептур (табл. 1), рекомендуемых, например, компанией Samsung Fine Chemicals.

Требования к технологичности раствора определяются параметрами нанесения штукатурки (рис. 1).

Штукатурные составы, наносимые машинным способом, являются одним из перспективных направлений производства ССС на основе гипса. Процесс нанесения машинным способом разделяют на следующие этапы:

- подготовка помещения;
- нанесение с помощью растворосмесительного насоса (соплование, обрызг);
- разравнивание раствора и формирование поверхности;
- подрезание раствора на сформированной поверхности;
- шпатлевание поверхности (затирка губчатой теркой и обработка широким шпателем – закрытие поверхности);
- глянцевание (необязательный этап).

Качество проведения каждого из указанных переделов зависит не только от мастерства маляра-штукатура, но и от качественных характеристик штукатурного раствора: водоудержания, сопротивления сползанию, стойкости к образованию потеков, рабочего времени (промежуток между началом и концом схватывания), закрытия поверхности, потребности в воде и прокачиваемости.

На эти характеристики влияют минеральные составляющие и химические модификаторы, входящие в состав ССС. Так, на водопотребность ССС влияет фазовый состав гипса (потребность в воде снижается в ряду β-полугидраты > многофазный > α-полугидра-

ты), тонина его помола, форма частиц, распределение размеров частиц, тип старения и температура. Не последнюю роль играют и химические добавки – замедлители, порообразователи, загустители и флокулянты.

Универсальными загустителями, водоудерживающей и реологической добавками являются эфиры целлюлозы (СЕ). Современные СЕ модифицируются не только эфирами крахмала, но и полиакриламидами, ПВС, производными гуара, суперабсорберами, полиэтиленоксидом, гликолями и их производными и др. Кроме физической существует и химическая модификация. Степень замещения также влияет на свойства СЕ. Благодаря глубокой модификации такие эфиры целлюлозы, как Mecellose® FMC 7150, 7117 и 7113, влияют не только на водоудержание, но и на технологичность, прокачиваемость и устойчивость к сползанию штукатурных масс.

На основании изученных данных предлагаются рекомендации по использованию эфиров целлюлозы в тех или иных смесях. Очень часто наблюдается унификация марок и использования в ССС одной марки, подходящей под целую гамму гипсовых материалов.

FMC 7117 обеспечивает очень хорошее сопротивление к сползанию и консистенцию раствора, высокие показатели адгезии и технологичности, дает хорошие результаты в штукатурных составах ручного нанесения.

FMC 7150 показывает высокое водоудержание и хорошую технологичность, хорошую адгезию, сопротивление к сползанию, водоудержание. Основное применение в гипсовых штукатурках машинного и ручного нанесения.

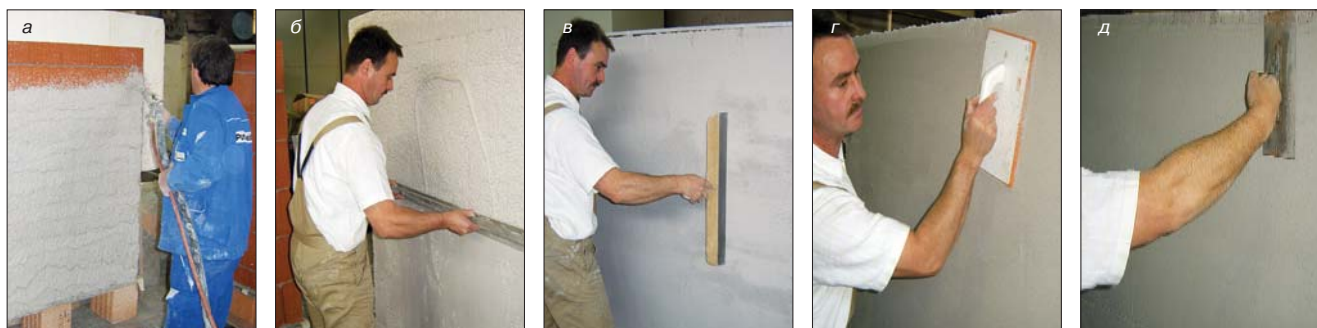
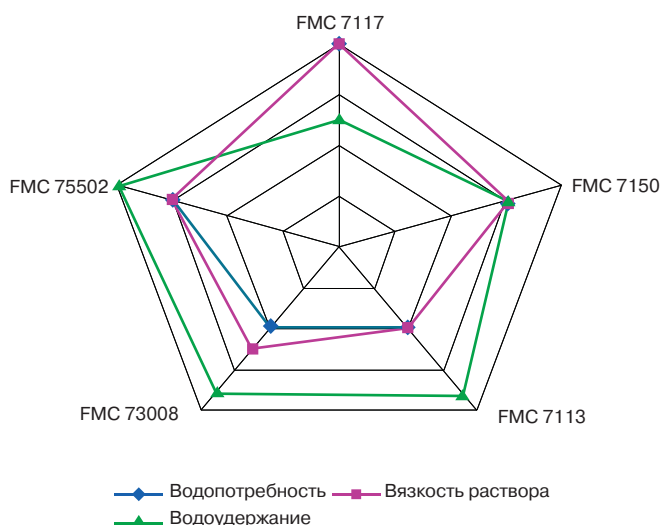


Рис. 1. Нанесение гипсового штукатурного состава машинным способом: а – нанесение; б – разравнивание (10–30 мин); в – подрезание (40–90 мин); г – шпатлевание, затираание губчатой теркой (90–150 мин); д – полировка, глянцевание (180–210 мин)



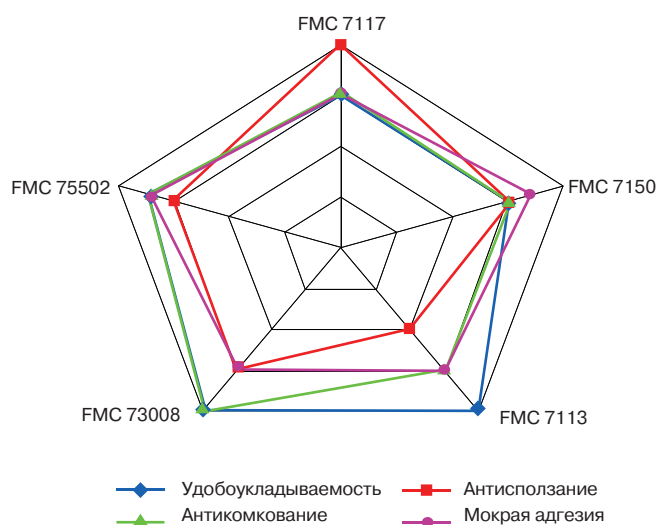


**Рис. 2.** Водоудержание, водопотребность и вязкость эфиров целлюлозы

FMC 7113 обеспечивает очень хорошие показатели технологичности и водоудержания. Хорошая адгезия, высокая водопотребность. Основное применение в гипсовых штукатурках машинного нанесения.

FMC 73008 показывает очень высокую технологичность и антикомкование. Высокое водоудержание, сопротивление к сползанию и адгезия. Основное применение в гипсовых штукатурках машинного нанесения.

FMC 75502 обладает высокой водопотребностью и водоудержанием, высокой технологичностью и адгезией. Хорошие показатели притовосползания и антикомкования. Основное применение продукты этой марки находят в гипсовых штукатурках машинного нанесения, а



**Рис. 3.** Комкование, устойчивость к сползанию, адгезия, удобоукладываемость

также дает высокие показатели в гипсовых штукатурках ручного нанесения и клеях для гипсовых плит.

В данной статье описано лишь небольшое количество марок СЕ компании Samsung Fine Chemicals для производства ССС на гипсовой основе (табл. 2, рис. 2, 3). В настоящее время проходят промышленные испытания более 15 продуктов Mecellose® для штукатурок как машинного, так и ручного нанесения.

Возрастающие требования к качеству отделки и к профессиональной подготовке строителей обеспечивают широкое поле деятельности как для технологов по производству ССС, так и для производителей современных химических добавок.

настоящая ХИМИЯ будущего

**ЕвроХим-1**

**Полный спектр добавок для сухих строительных смесей**

Castament®	Esamid®	Esapon®
Ceasit®	Defomex®	Plastretard PE®
Melment®	Neolith®	Mecellose®
Ricem®	Denka®	Technocel®
		и многое другое

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

SAMSUNG SAMUNG FINE CHEMICAL construction polymers  
 lamberti  
 CFF

7-10 апреля

**SIBEXPO CENTRE**

**СТРОЙИННОВАЦИИ. СПЕЦТЕХНИКА**

Иркутский выставочный комплекс  
 ОАО "Сибэкспоцентр"  
 Россия, 664050 г. Иркутск,  
 ул. Байкальская, 253-а  
 Тел.: (3952) 352-900, 352-239  
 Факс: (3952) 358-223, 353-033  
 e-mail: sibexpo@mail.ru

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

# RUSBUILD

10-13 марта, Москва, Крокус Экспо

Инвестиции в будущее

## METALBUILD

Международная выставка металла в строительстве и архитектуре

## WOODBUILD

Международная выставка дерева в строительстве и архитектуре

## MIXBUILD

Международная выставка сухих смесей, бетонов и растворов

## ALUMBUILD

Международная выставка алюминия в строительстве и архитектуре

## ROADBUILD

Международная выставка дорожного строительства и инфраструктуры

## STONEBUILD

Международная выставка камня в строительстве и архитектуре

## POLYBUILD

Международная выставка полимерных материалов в строительстве и архитектуре

## GLASSBUILD

Международная выставка стекла в строительстве и архитектуре

## REGIONBUILD

Международная выставка территориального планирования, градостроительства и архитектуры

**RUSBUILD**

Professional construction exhibitions in Russia  
Профессиональные строительные выставки в России

тел./факс: +7 (495) 956-48-22

e-mail: [info@rusbuild.com](mailto:info@rusbuild.com)

<http://www.rusbuild.com>

# 2009



Министерство строительства, архитектуры и ЖКХ Республики Татарстан  
Казанский государственный архитектурно-строительный университет  
Российское научно-техническое общество строителей  
Научно-технический и производственный журнал «Строительные материалы»®



МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«РАЗВИТИЕ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ»

# КЕРАМТЭКС

**28–29 апреля 2009 г.**

г. Казань, Республика Татарстан, ул. Ершова, д. 1а  
ГТРК «Корстон», зал «Пушкин»

## Развитие керамической промышленности России Development of the ceramic industry of Russia

Тематические разделы конференции  
Thematic sections of conference

Совершенствование производства керамических строительных материалов  
Perfection of manufacture of ceramic building materials

Отраслевая наука керамическому производству  
Branch science to ceramic manufacture

Рынок технологического оборудования для производства керамических строительных материалов  
The market of the process equipment for manufacture of ceramic building materials

Финансовые механизмы развития предприятий отрасли  
Financial mechanisms of development of the enterprises of branch

Применение керамических строительных материалов в современном строительстве  
Application of ceramic building materials in modern construction

Участники конференции посетят новый завод «Ключищенская керамика»  
Participants of conference will visit new brick-plant «Kljuchishenskaya keramika»

Традиционно к проведению конференции будет выпущен тематический номер журнала «Строительные материалы»® №4–2009 г., в котором будут опубликованы пленарные доклады.  
For carrying out of conference prepares thematic issue of magazine «Construction materials»® (№ 4–2009) in which will be published plenary reports.

Спонсоры конференции:

Организатор конференции:  
журнал «Строительные материалы»®

ПОБЕДА ЛСР



СТРОИТЕЛЬНЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ®

Россия, 127434, Москва, Дмитровское шоссе, д. 9, стр.3  
Тел./факс: (495) 976-22-08, 976-20-36, тел.: (926) 833-48-13



СТРОИТЕЛЬНАЯ ВЫСТАВКА

Лучшие выставки  
для лучших компаний

## УРБАКОН-ВолгаЭкспоСтрой

17-19  
марта  
2009ВОЛГА ВЭС СТРОЙ  
ЭКСПООСЕНЬ  
2009

Деловая программа:

- диспут-семинар "Ярмарка жилья"
- круглый стол "Жилой и нежилой фонды: капитальный ремонт и реконструкция"
- семинар "Эффективные технологии строительства"
- конференция "Новейшие технологии в области вентиляции и систем кондиционирования фирмы "DOSPEL" производства Германии"
- конференция "Технологии современного строительства. Антикризисные меры"
- семинар "Натуральное коммерческое напольное покрытие Мармолеум"

Дворец спорта  
профсоюзов  
Волгоград

Волгоградский Выставочный Центр "Регион" ВВЦ

тел./факс: (8442) 23-28-99,  
26-61-70, 24-26-02, 26-51-86e-mail: [vzr@volgograd.ru](mailto:vzr@volgograd.ru) [www.vzr.ru](http://www.vzr.ru)Генеральный  
информационный  
спонсор2-ая межрегиональная  
научно-практическая конференция

24 - 27 марта 2009 г.

РАЗВИТИЕ МОНОЛИТНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ  
В ЖИЛИЩНО-ГРАЖДАНСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**В программе конференции:**

- Экономические аспекты монолитного домостроения.
- Современные конструктивные и технологические схемы зданий.
- Конструкции стен и перекрытий для наземных и подземных частей зданий.
- Расчеты конструкций из монолитного железобетона.
- Виды опалубочных систем и арматурных работ.
- Современные составы бетонов и технологии их укладки.
- Оценка состояния конструкций зданий и выбор методов усиления монолитных конструкций.
- Контроль качества и мониторинг строительных конструкций.
- Посещение объектов.

С условиями можно ознакомиться:  
тел./факс: (812) 233-2029, 233-4189, 233-4482  
[infoteka@lenproekt.com](mailto:infoteka@lenproekt.com) [www.lenproekt.com](http://www.lenproekt.com)Санкт-Петербург  
ОАО "ЛЕННИИПРОЕКТ"

В.И. СИНЯНСКИЙ, директор, Е.Н. ЛЕОНТЬЕВ, главный технолог,  
ООО «АВИС» (п. Красково, Московская обл.)

## **Расширение номенклатуры изделий и совершенствование оборудования заводов силикатного кирпича**

Реализация национального проекта «Достойное и комфортное жилье – гражданам России» предопределяет необходимость развития и совершенствования предприятий по выпуску эффективных строительных материалов. К числу таких материалов относятся изделия из автоклавных ячеистых бетонов. Спрос на изделия из ячеистого бетона постоянно растет, так как к ограждающим конструкциям зданий предъявляются повышенные требования по сопротивлению теплопередаче. Действующие в Российской Федерации заводы по выпуску этих эффективных изделий не смогли удовлетворить запросов строителей. По данным официальной статистики, в России действует немногим более 70 предприятий по производству изделий из ячеистого бетона. Многие из них требуют реконструкции и совершенствования технологии.

Назрела необходимость в строительстве новых заводов, которые учитывали бы современные достижения в области технологии и создания новейшего оборудования.

При создании новых предприятий предприниматели столкнулись с существенными трудностями. Специализированные проектные институты и организации, работавшие над совершенствованием и разработкой новых образцов технологического оборудования, и сами предприятия машиностроения либо ликвидированы, либо впадают в жалкое существование. Создавать новые и реконструировать старые заводы стали неспециализированные организации, зачастую не учитывающие особенностей технологии. Поэтому в России заводы по производству изделий из ячеистого бетона строят иностранные фирмы.

Стоимость этих заводов значительно дороже отечественных. Все это серьезно уменьшает конкурентоспособность и рентабельность продукции.

Еще в 2003 г. секция материалов и изделий Научно-технического совета Госстроя России отметила возможность и целесообразность организации производств автоклавных ячеистых бетонов на заводах силикатного кирпича. Некоторые из них самостоятельно пришли к такому же решению.

По сравнению с 90-ми гг. прошлого века число заводов силикатного кирпича уменьшилось на 10–15%. На действующих заводах производство сократилось вследствие физического и морального износа оборудования. Приобретать новое оборудование, как правило, приходится за рубежом.

Организация производства изделий из ячеистого бетона на заводах силикатного кирпича экономически и технически целесообразна. Этому способствуют наличие сырьевой базы, отделений приема и переработки сырья, наличие помольного отделения, возможность использования автоклавов. А самое существенное – это наличие квалифицированных специалистов. К тому же на заводах силикатного кирпича уже имеются производственные площади, системы тепловых, энергетических, транспортных коммуникаций и другие инфраструктурные элементы.

Все это позволяет существенно снизить затраты перепрофилирования. Разработка технологических проектов и изготовление оборудования для подобного перепрофилирования – одно из главных направлений деятельности ООО «АВИС». Специалистами компании разработаны технология и комплект оборудования для производства ячеистого бетона, ориентированные на применение двухметровых автоклавов.

В основу проекта реконструкции завода или его части закладывается максимальное использование существующего технологического оборудования – приемного отделения сырья, помольного отделения, действующих автоклавов. В качестве вяжущего автоклавного синтеза предлагается использовать молотые известь и кварцевый песок, возможно использование и цемента.

На своей производственной базе ООО «АВИС» изготавливает и комплектует для цеха ячеистого бетона смесители, формы, вагонетки, резательный комплекс, передаточные мосты, шламовые бассейны, систему автоматического управления технологическим процессом.

На заводе силикатного кирпича в г. Боровичи (Новгородская обл.) организована линия по выпуску ячеистого бетона с использованием оборудования фирмы «АВИС» производительностью 20 тыс. м<sup>3</sup>/г.

Для приготовления вяжущего рекомендуется использовать две мельницы сухого помола известково-кремнеземистых вяжущих. В одной содержание активного CaO после помола 25% в другой – 10%. В цехе размещаются расходные емкости цемента (1 шт.) и известково-кремнеземистых вяжущих (2 шт.). Емкости оборудованы рукавными фильтрами, датчиками уровня и системой аэрации. Вяжущее подается пневмокамерными насосами в соответствующие емкости, а цемент завозится автотранспортом. Склад цемента может располагаться рядом с цехом. Из расходных емкостей исходные компоненты шнеками подаются в весовые дозаторы. Для повышения точности дозирования шнеки оборудуются заслонками, установленными на выходе. Соотношение сухих компонентов смеси рассчитывается после определения активной CaO и количества вторичного шлама. Алюминиевая суспензия из пасты готовится на несколько замесов и дозируется весовым дозатором.

Вторичный шлам, полученный после разрезки массива, собирается в шламомешалке, которая оборудована системой измерения плотности шлама. Учитывая, что скорость гидратации извести высока, а оптимальная температура вспучивания смеси составляет 40–50°C, в качестве замедлителя реакции используется триэтаноламин. Последний дозируется микродозатором.

Из дозаторов исходные компоненты смеси в определенной последовательности выгружаются в смеситель (объем 1,44 м<sup>3</sup>), после смешивания подаются в вагонетку-форму, которая перемещается в камеру предварительного твердения. Время пребывания массива до разрезки определяется лабораторными испытаниями

сырья, соответственно длина камеры твердения проектируется с этим учетом. Формы перемещаются с помощью толкателей, разработанных компанией «АВИС».

Созревший для резки массив поступает на пост разборки форм, где борт снимается переносчиком и устанавливается на свободную тележку. После этого массив перемещается на резательный комплекс, на котором срезается горбушка, и разрезается на блоки. Струны могут быть настроены на два типоразмера блоков 600×300×200 мм и 600×300×100 мм. Обрезь толкателями сбрасывается на транспортер и перемещается в шламомешалку для использования в следующих замесах. Массив после резки устанавливается в два яруса и перевозится в автоклав.

В условиях острого дефицита цемента и необходимости увеличения объема выпуска железобетонных изделий для жилищного строительства организация производства изделий из плотного силикатного бетона на заводах силикатного кирпича так же эффективна, как и изделий из ячеистого бетона. Целесообразно наряду с ограждающими стеновыми изделиями из ячеистого бетона производить несущие элементы зданий из плотного силикатного бетона. Например, панели перекрытий многоспустотные или сплошные с предварительно напряженной или обычной арматурой, лестничные площадки и марши, колонны, ригели.

Для этого достаточно установить расходные емкости, дозаторы сыпучих материалов, воды и жидких добавок, смеситель принудительного действия, виброплощадку, бетоноукладчик, изготовить формы и выделить место для организации арматурного отделения с оборудованием для электротермического удлинения арматурных стержней.

Известково-кремнеземистое вяжущее приготавливается в шаровых мельницах с содержанием активного СаО 28–36%. Компоненты бетонной смеси, состоящей из вяжущего и песка-заполнителя с соотношением 1:3, воду, жидкие добавки с помощью автоматических дозаторов подают в смеситель принудительного действия. Готовую бетонную смесь помещают в самоходный бетоноукладчик. С его помощью смесь засыпают в металлическую форму, установленную и закрепленную на виброплощадке. На форму устанавливают пригруз с удельным давлением 50 г/см<sup>2</sup>, включают виброплощадку и в течение 1,5–2 мин уплотняют. После снятия пригруза с помощью шнека, смонтированного на бетоноукладчике, срезают избыток бетонной смеси. Форму с уплотненным изделием транспортируют на пост комплектации автоклавных вагонеток.

Поезд из трех вагонеток с изделиями транспортируют в автоклав диаметром 2 м и запаривают при температуре 174,5–190°C по режиму: подъем температуры 2–3 ч, изотермический прогрев 6 ч, снижение температуры 2–3 ч. Формы с готовыми изделиями транспортируют на пост разопалубливания, а пустые формы на пост смазки и сборки.

Многолетний опыт изготовления и эксплуатации изделий из бесцементного силикатного бетона свидетельствует об их высокой надежности и эффективности. Каждый кубический метр изделий из силикатного бетона высвобождает 300–400 кг цемента.

Следует отметить, что даже закрытые заводы силикатного кирпича и заводы с полным износом оборудования можно полностью или частично реанимировать.

В работе по восстановлению заводов силикатного кирпича кроме замены изношенного и устаревшего оборудования на всех переделах технологии необходимо использовать новые автоматические системы управления технологическими процессами.

Фирма «АВИС» кроме АСУТП может оказать помощь в изготовлении и шеф-монтаже силосов, бункеров,

смесителей, включая стержневой смеситель СК-20, в поставке современных импортных прессов и другого оборудования.

Изношенность оборудования заводов силикатного кирпича и отсутствие систем контроля и автоматики на переделе смесеподготовки во многом определяют качество получаемой продукции. Для обеспечения стабильности производства и качества производимых изделий необходимо поддерживать заданное соотношение масс извести и песка при помоле. ООО «АВИС» разработало такую систему. Она состоит из двух питателей с регулируемым приводом, двух весовых транспортеров непрерывного действия, что позволяет загрузить исходные материалы в смеситель в заданной пропорции. Перемешанная смесь загружается в шаровую мельницу. Такой способ подачи материалов в шаровую мельницу позволяет получать вяжущее стабильного качества и, как следствие, предсказуемый конечный результат.

В смесеприготовительном отделении происходит смешение вяжущего с песком. Здесь может использоваться система автоматического регулирования. Правильное соотношение подачи песка и вяжущего поддерживается этой системой. Система оснащается двумя питателями с регулируемым приводами и весовыми транспортерами. Кроме того, система дополняется двумя контурами регулирования влажности. Один контур до смесителя перед гашением силикатной смеси, второй после стержневого смесителя перед подачей в пресса. Компания «АВИС» имеет наработки по организации производства лицевого силикатного кирпича.

ООО «АВИС» предлагает проекты как перепрофилирования предприятий по изготовлению силикатного кирпича на производство ячеистого бетона «под ключ» с комплексной поставкой оборудования, средств автоматизации начиная с совместной подготовки технического задания, так и модернизации производства силикатного кирпича. Кроме того, в этих работах компания может принять участие в качестве субподрядчика.

## ООО «АВИС»

### оказывает услуги:

- по испытанию сырья и разработке технологического регламента для заводов стройматериалов;
- по разработке технологической части проектов заводов пенобетона, ячеистого бетона, силикатного кирпича, керамического кирпича полусухого формования и др.;
- по комплектации оборудования заводов стройматериалов;
- по модернизации заводов силикатного кирпича;
- по переводу заводов силикатного кирпича на производство изделий из ячеистого бетона;
- по изготовлению нестандартного оборудования для заводов стройматериалов;
- по автоматизации технологических процессов производства стройматериалов.



### ООО «АВИС»

140050, Московская обл., Люберецкий р-н,  
п. Красково, ул. Карла Маркса, д. 117  
Тел./факс: (495) 557-30-63, 557-30-09  
www.avis-ltd.ru  
avis1956c@yandex.ru



С.Ф. СМЕРНОВ, канд. техн. наук, Ивановский государственный архитектурно-строительный университет

## Позиционирование рецикла в трубных мельницах с многопродуктовым классификатором

В трубных мельницах, работающих в замкнутых циклах измельчения, подача исходного материала и возврат крупных частиц после классификации осуществляется во входную горловину мельницы [1]. Однако исходный материал и возврат классификатора, имеющие разную крупность, целесообразно подавать в разные сечения мельницы, обеспечивая каждому продукту наилучшие условия измельчения. Ранее была рассмотрена идея позиционирования рецикла для случая двухпродуктового классификатора и показана ее эффективность [2]. Дальнейшее развитие идеи при использовании многопродуктовых классификаторов или грохотов предлагается в настоящей статье.

Задача оптимального позиционирования возврата в мельницу при многопродуктовом разделении может быть сформулирована следующим образом: для каждого продукта разделения выбрать оптимальное место его подачи в мельницу, которое обеспечит наиболее эффективное измельчение материала.

В качестве критерия эффективности измельчения выбирается или производительность установки, или крупность готового продукта. При выборе в качестве целевой функции производительности установки крупность готового продукта обычно рассматривается как ограничение. Если в качестве цели задачи выбирается минимизация крупности измельченного материала, то в качестве ограничения используется производительность установки. Считается, что место подачи каждого продукта не зависит от места подачи остальных продуктов. Число подаваемых продуктов в барабан мельницы определяет число оптимизируемых параметров в рассматриваемой задаче.

При оптимизации технологической системы измельчения (ТСИ), включающей трубную мельницу и трехпродуктовый классификатор (рис. 1), рассматривается вторая постановка задачи, т. е. получение наиболее мелкого продукта при заданной производительности установки.

Сырье (рис. 1) подается во входную горловину мельницы. Измельченный материал из мельницы направляется в трехпродуктовый классификатор, который на расчетной схеме (рис. 1) условно представлен двумя ступенями классификатора в виде двухпродуктового классификатора, включенными последовательно. Тонкий продукт второй ступени классификатора покидает установку и поступает в бункер готового продукта измельчения, а два грубых продукта обеих ступеней возвращаются в мельницу для повторного измельчения. Барабан мельницы по длине разбивается на  $m$  секций (ячеек), в каждую из которых может подаваться возврат классификатора. Мельничному классификатору, представленному в виде двух ступеней, в модели отведены  $m+1$  и  $m+2$  секции; бункеру готового продукта —  $m+3$  секция. Номера ячеек, в которые подаются возвраты из первой и второй ступеней классификатора, обозначаются  $i_1$  и  $i_2$  соответственно. Фракционный состав материала пред-

ставлен матрицей-столбцом  $F_i^0 = \{f_i^0\}$ ,  $i = 1, \dots, n$ , где  $n$  — число фракций;  $f_i^0$  — массовая доля  $i$ -й фракции.

Математическое описание ТСИ строится на основе популяционно-балансовой матричной модели [3]. Математическая модель ТСИ, схема которой представлена на рис. 1, записывается в виде:

$$\begin{bmatrix} -I & 0 & \dots & 0 & I-C_{m+1} & I-C_{m+2} & 0 \\ \mathbf{B}_1 & -I & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \mathbf{B}_2 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \mathbf{B}_m & -I & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & C_{m+1} & -I & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & C_{m+2} & -I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_1^0 \\ F_2^0 \\ F_3^0 \\ \dots \\ F_{m+1}^0 \\ F_{m+2}^0 \\ F_{m+3}^0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -F_1^{ex} \\ 0 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где  $I$  — единичная диагональная матрица размером  $(n \times n)$ ;  $\mathbf{B}_i$  — матрица измельчения в  $i$ -й ячейке мельницы;  $C_{m+1}$ ,  $C_{m+2}$  — диагональные матрицы разделения первой и второй ступеней классификатора;  $F_i^0$ ,  $F_{m+1}^0$ ,  $F_{m+2}^0$ ,  $F_{m+3}^0$  — матрицы-столбцы гранулометрических составов материала на входе в  $i$ -ю ячейку мельницы, на входе в первую, во вторую ступени классификатора и на входе в бункер готового продукта соответственно;  $F_1^{ex}$  — матрица-столбец гранулометрического состава исходного материала на входе в ТСИ.

Номера ячеек, в которые подается возврат из ступеней классификатора для повторного измельчения, соответствуют в модели (1) номерам строк размещения матриц  $I-C$ . В уравнении (1) показан вариант, соответствующий подаче возвратов из обеих ступеней классификатора в первую ячейку мельницы.

Следует отметить, что измельчение в каждой ячейке зависит от производительности или количества материала, подаваемого в ячейку за единицу времени  $Q_i$ . Это влияние учитывается в модели через время пребывания материала в ячейке, которое при идеальном вытеснении определяется как  $t_i = G_i/Q_i$ , где  $G_i$  — материальная загрузка ячейки. Несущественное изменение материальной загрузки вдоль барабана трубной мельницы позволяет считать ее постоянной:  $G_i = \text{const}$ . Отношение времени пребывания материала в ячейке к базовому времени, для которого известна базовая производительность  $Q_{0i}$ , будет равно отношению производительностей  $t_i/t_{0i} = Q_{0i}/Q_i$ . При измельчении время пребывания материала в ячейке учитывается через показатель степени матрицы измельчения в виде  $\mathbf{B}_i = \mathbf{B}_{0i}(Q_{0i}/Q_i)$ , где  $\mathbf{B}_{0i}$  — матрица измельчения при базовой производительности [3].

Величина массопотока через ячейку находится из решения (1) как сумма фракционных массопотоков на входе в ячейку:  $Q_i = \sum f_i^0$ . Таким образом, вид матрицы измельчения зависит от производительности, которая в свою очередь зависит от результатов измельчения. Нелинейная модель ТСИ (1) решается методом итераций до установления массопотоков следующим образом.

Согласно модели (1) для выбранного положения ячеек рецикла выполняется расчет массопотоков фракций по всем ячейкам системы. Суммарные по фракциям массопотоки позволяют уточнить время пребывания материала в каждой ячейке и выполнить следующую итерацию с уточненными матрицами измельчения. После установления массопотоков определяется гранулометрический состав готового продукта на выходе ТСИ.

В качестве целевой функции оптимизации выбирается крупность готового продукта, оцениваемая по проходу через контрольное сито. В ходе расчета варьируются ячейки подачи возврата из первой и второй ступеней классификатора, для каждого сочетания которых находится значение целевой функции.

Описанный алгоритм применяется для решения следующей оптимизационной задачи. В качестве исходного для измельчения материала выбирается фракция размером частиц [1000, 1250] мкм. Барабан мельницы разбивается на 10 секций (ячеек). Матрица измельчения для каждой ступени строится из предположения линейного вида распределительной и селективной функций измельчения [3]. Матрица классификации рассчитывается по кривой разделения классификатора, которая определяет зависимость вероятности выноса частиц в тонкий продукт разделения от их размера [4]. Кривая разделения однозначно определяется двумя параметрами: граничным размером и показателем эффективности разделения  $S$  [4]. Граничный размер классификатора равен размеру частиц, которые при классификации распределяются поровну между грубым и тонким продуктами. При выполнении расчетного анализа граничные размеры для первой и второй ступеней классификатора выбираются равными 900 и 300 мкм соответственно. Эффективности разделения варьируются в ходе численных экспериментов. Решение двухмерной оптимизационной задачи с целью анализа всех возможных вариантов позиционирования возврата продуктов разделения классификатора выполняется методом перебора.

На рис. 2 приведены результаты расчетного анализа в виде зависимости целевой функции прохода измельченного продукта через контрольное сито 70 мкм ( $D_{70}$ ) от номера ячейки подачи в мельницу возврата из второй ступени классификатора  $i_2$ , в которую подается возврат из второй ступени классификатора. Номер ячейки, в которую подается возврат из первой ступени классификатора, приводится как параметр. Цифрами 1, 2, 3 на рис. 2 отмечены кривые, которые соответствуют подаче возврата из первой ступени классификатора в первую, седьмую и десятую ячейки барабана мельницы соответственно. Результаты расчета приводятся для классификаторов с разной эффективностью разделения:  $S = 0,1$  (штриховые линии) и  $S = 0,5$  (сплошные линии). Анализ полученных результатов показал, что максимальное значение целевой функции соответствует подаче возврата из первой ступени классификатора в первую ячейку (начало мельницы), а из второй ступени – в пятую ячейку (кривая 1). При подаче возврата из первой ступени классификатора в другие ячейки (кривые 2, 3) абсолютное значение максимумов целевой функции снижается.

Снижение эффективности разделения ступеней классификатора не изменяет характер зависимости, но уменьшает значение целевой функции.

Проведенный расчетный анализ показал, что для любого размера контрольного сита оптимальной ячейкой подачи возврата из первой ступени классификатора является первая ячейка. При уменьшении размера контрольного сита от расчетного (70 мкм) положение оптимальной ячейки подачи возврата из второй ступени классификатора смещается к началу барабана мельницы. Для размера контрольного сита, меньшего 55 мкм, оптимальной ячейкой подачи возврата из второй ступени классификатора является первая ячейка мельницы.

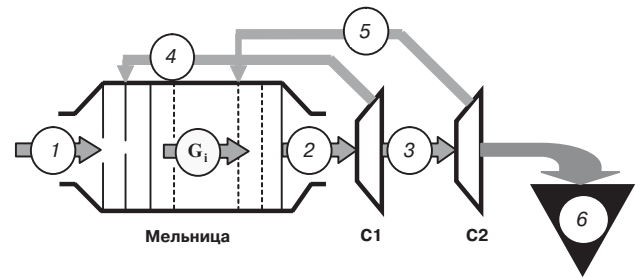


Рис. 1. Расчетная схема ТСИ замкнутого цикла: C1, C2 – первая и вторая ступени классификатора; потоки: 1 – сырьё;  $G_1$  – через мельницу; 2, 3 – в первую и вторую ступени классификатора; 4, 5 – возврата из первой и второй ступеней классификатора соответственно; 6 – бункер готового продукта

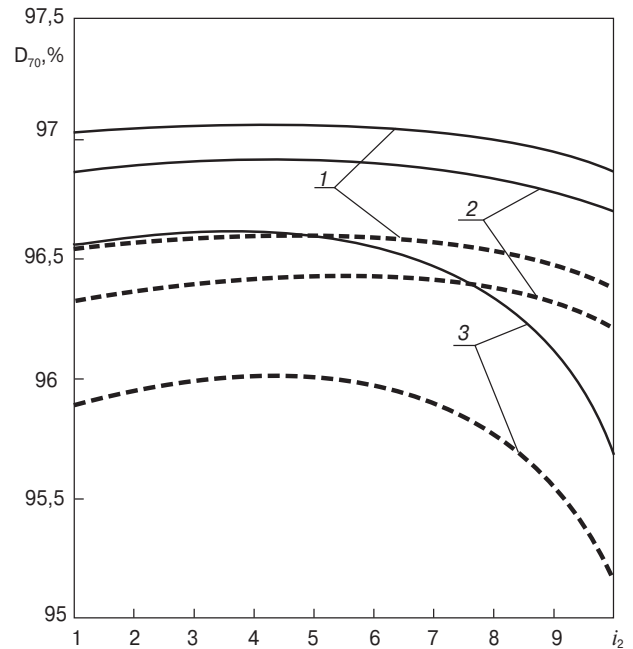


Рис. 2. Зависимость прохода материала через контрольное сито 70 мкм от номера ячейки подачи в мельницу возврата из второй ступени классификатора  $i_2$ . В качестве параметра приводится номер ячейки позиционирования возврата из первой ступени классификатора: 1 –  $i_1 = 1$ ; 2 –  $i_1 = 7$ ; 3 –  $i_1 = 10$ . Сплошные линии соответствуют классификатору с параметром эффективности разделения  $S = 0,5$ , штриховые –  $S = 0,1$

С увеличением размера контрольного сита положение оптимальной ячейки подачи возврата из второй ступени классификатора смещается к выходной горловине барабана мельницы вплоть до девятой ячейки.

Установлено, что уменьшение граничных размеров разделения ступеней классификатора приводит к увеличению максимального значения целевой функции, что хорошо согласуется с литературными данными [4].

Таким образом, предложенный подход позволяет определить оптимальное сочетание ячеек позиционирования рециклов с многопродуктовыми классификаторами в ТСИ сложной структуры.

Список литературы

1. Дуда В. Цемент. М.: Стройиздат, 1981. 464 с.
2. Мизонов В.Е., Федосов С.В., Смирнов С.Ф., Красильников А.Г. Применение теории цепей Маркова к моделированию кинетики измельчения в трубных мельницах замкнутого цикла // Строит. материалы. 2007. № 10. С. 41–45.
3. Mizonov V., Zhukov V., Bernotat S. Simulation of grinding: new approaches. Ivanovo: ISPEU Press, 1997. 108 с.
4. Мизонов В.Е., Ушаков С.Г. Аэродинамическая классификация порошков. М.: Химия, 1989. 160 с.

А.В. СИНЯНСКИЙ, генеральный директор ООО «АВС-МК» (Москва)

## «Бюджетные» системы автоматизации

Компания «АВС-МК» в течение десяти лет, в том числе более половины под брендом «АВС-МК», является разработчиком, производителем и поставщиком оборудования и АСУ практически для любых технологических процессов, связанных с многокомпонентным дозированием. Основной сферой использования продукции компании служит производство строительных материалов, в том числе на заводах по выпуску кирпича, асфальта, пено- и газобетонных изделий, предприятиях по производству сухих смесей, бетонно-растворных заводах, в том числе мобильных. Качество продукции, изготовленной на оборудовании компании «АВС-МК», отвечает требованиям ГОСТов и строительных норм. Технические характеристики всех установок соответствуют уровню европейских аналогов, а цена в 1,5–2 раза ниже.

Кроме того, предприятие занимается реконструкцией, модернизацией и автоматизацией действующих производств, разработкой программного обеспечения, проводит консультации по всему спектру вопросов, касающихся нашей деятельности.

«АВС-МК» стремится осуществлять проекты в комплексе, включая предпроектное обследование, оказание помощи в формировании технического задания, разработку проектной и технологической документации, изготовление оборудования, его шеф-монтаж, гарантийное и послегарантийное обслуживание.

Подобный комплексный подход вместе с разумной ценовой политикой позволил внедрить более 100 проектов в России и странах СНГ.

Нами наработаны тесные связи по кооперации с рядом известных фирм, включая ОАО Ярославский завод «Стройтехника», ООО «ЮВС», ООО НПП «Метра», ОАО Тульский завод «Стройтехника», ООО «АВИС», ООО «СтройМеханика» и др.

Компания имеет собственную дилерскую сеть в Казахстане, Украине и Молдавии.



Многофункциональный весовой терминал ET-02

Вся выпускаемая продукция сертифицирована. Ряд наших проектов отмечен дипломами специализированных выставок, включая международные. Некоторые разработки защищены патентами Российской Федерации.

Основной разработкой компании является приборная линейка ET, совместно с нашим же программным комплексом «WhalePro Logic» позволяющая автоматизировать практически любой технологический процесс с возможностью коррекции его параметров и алгоритма работы в реальном времени.

Этот проект, как и все наши разработки, имеет выход на программу «1С: бухгалтерия», что позволяет автоматизировать оперативный учет, наладить бюджетное планирование фирмы, полностью устранить несанкционированный отбор продукции и многое другое. Все это в конечном итоге сказывается на качестве и цене выпускаемой продукции, позволяет оптимизировать штатное расписание, сделать условия труда более комфортными.

Наиболее востребованным в данной линейке является многофункциональный весовой терминал ET-02.

Терминал ET-02 предназначен для автоматического управления технологическими процессами приготовления многокомпонентных смесей в различных отраслях промышленности. Система автоматического управления, построенная на базе ET-02, может опрашивать 10 независимых тензодатчиков, 160 дискретных сигналов и управлять 80 исполнительными механизмами по заданному алгоритму, который настраивается в реальном времени с помощью программы «WhalePro Logic» под требования конкретного производства.

Терминал представляет собой вторичный преобразователь, осуществляющий конвертацию сигналов весоизмерительных датчиков в цифровой код. Настройка и управление работой терминала производится с лицевой панели и по последовательному интерфейсу RS-232/422/485.

Двухстрочный алфавитно-цифровой ЖК-индикатор повышенной контрастности с подсветкой (16 символов в каждой строке) обеспечивает видимость информации при любой освещенности помещения. На передней панели по-

мимо ЖК-индикатора размещены четыре 4-разрядных семисегментных суперярких светодиодных индикатора красного цвета, обеспечивающих легкое считывание показаний в любых условиях. Высота цифр 14,22 мм.

Многофункциональная мембранная пылевлагозащищенная клавиатура с тактильным эффектом упрощает и облегчает ввод и управление данными.

Терминал, оснащенный 24-разрядным аналого-цифровым преобразователем (АЦП), обеспечивает:

- режим двухскоростного дозирования компонентов;
- возможность дозирования до 4 компонентов в один весовой дозатор;
- автоматическую подстройку момента отключения загрузочного механизма весового дозатора (для повышения точности дозирования);
- режим порционной выгрузки;
- независимое питание цифровой и аналоговой схем;
- гальваническую развязку дискретных входов/выходов;
- гибкую настройку параметров цифровой фильтрации потенциальных сигналов с весовых датчиков;
- программирование с клавиатуры любой дозы компонента различной дискретности, в том числе с автоматически изменяемой дискретностью в необходимом количестве диапазонов;
- ввод и управление до 100 различных рецептов;
- калибровку с клавиатуры.



Рабочее место оператора



Технические характеристики	Значение
Наибольший предел взвешивания датчика (НПВ) должен выбираться из ряда, кг	3, 6, 10, 15, 20, 30, 50, 60, 100, 150, 200, 300, 500, 600, 800, 1000, 1500, 2000, 3000, 5000, 6000, 8000, 10000
Пределы допускаемой абсолютной погрешности, мВ/В:	
– при первичной поверке, в интервалах:	
0–0,4000	± 0,0001
0,4000–1,0000	± 0,0002
1,0000–2,0000	± 0,0004
2,0000–3,0000	± 0,0006
– в эксплуатации, при работе с датчиками, имеющими $N_e \geq 4000$ и РКП = 1 в интервалах:	
0–500хНПВ/ $N_e$	± 0,0001
500хНПВ/ $N_e$ – 2000хНПВ/ $N_e$	± 0,0002
2000хНПВ/ $N_e$	± 0,0003
– в эксплуатации, при работе с датчиками, имеющими $N_e \geq 4000$ и РКП от 1 до 3 в интервалах:	
0–500хНПВ/ $N_e$	± 0,35хРКП/ $N_e$
500хНПВ/ $N_e$ – 2000хНПВ/ $N_e$	± 0,70хРКП/ $N_e$
2000хНПВ/ $N_e$	± 1,05хРКП/ $N_e$

**Условия эксплуатации прибора**

Температура окружающей среды, °С ..... -5 – +50  
 Атмосферное давление, кПа . . . . .84–107  
 Относительная влажность воздуха, не более % . . . . .95  
 Напряжение питания, В . . . . .12  
 Количество независимо подключаемых весовых датчиков . . . . .8  
 Количество импульсных входов . . . . .до 8  
 Максимальное количество дискретных входов . . . . .до 240  
 Частота дискретизации дискретных входов/выходов, Гц . . . . .260  
 Габаритные размеры, не более (ш×в×г), мм . . . . .145×75×95  
 Конструктивное исполнение . . . . .IP54

Терминал выпускается в различных модификациях в зависимости от особенностей технологии потребителей и их желания.

Наряду со стремлением работать «под ключ» и разумной ценовой политикой одним из основных принципов нашей работы является одинаковый подход ко всем потенциальным покупателям вне зависимости от их значимости и финансового положения.

В нашей внутрифирменной сети есть комплекс, позволяющий отслеживать всю историю взаимоотношений с конкретным клиентом от его первого обращения до отгрузки и текущего обслуживания нашего оборудования.

Протоколы работы системы изучаются маркетологами и руководством компании.

Их исследование показало, что не все обращения заканчиваются подписанием договора. Наиболее часто встречающаяся причина – нехватка средств у потенциального покупателя. Специалисты компании занялись разработкой и производством «бюджетных» вариантов оборудования и проектов его применения.

Результатом этой работы стал весовой мультифункциональный терминал ET-02 MS.

Он выполняет практически все те же функции, что и его базовый аналог. Экономия в стоимости составляет 25%, что является результатом внедрения ряда инновационных разработок «АВС-МК».

Терминалы данной серии (в комплекте с рядом модулей) могут быть установлены как «бюджетный» вариант комплексных автоматизированных систем, включающих в себя шкафы автоматизированного управления технологическими процессами. Обеспечивая шестикратную экономию средств, установка терминалов серии ET-02 вне комплексной системы, безусловно, ограничивает функциональные возможности получаемого заказчиком бюджетного варианта. Например, отсутствует стандартная для наших систем возможность интеграции информационной базы с базой дан-

ных «1С: бухгалтерия», что в свою очередь снижает эффективность контроля за несанкционированным отбором готовой продукции. Отсутствует возможность осуществления автоматизированного документооборота с выпиской паспортов качества. Вследствие отвлечений оператора производительность может падать на 20%.

По желанию заказчика можно отключить любую зону автоматического управления, т. е. оставить ручной труд на любом обозначенном заказчиком участке.

Вместе с тем даже в подобном варианте технологические операции надежно контролируются, обеспечивается точное соблюдение рецептур и, как следствие, качество конечной продукции. Сотрудники заказчика проходят полный курс обучения. Заказчик пользуется поддержкой фирмы и сопровождением после монтажа оборудования.

Минимальная стоимость «бюджетной» системы автоматики, к примеру, для РБУ составляет 130 тыс. р. на базе терминала ET-02 и 100 тыс. р. на базе терминала ET-02 MS. Стоимость комплексной автоматизированной системы от 600 тыс. р.

Разработка бюджетных систем началась около года назад и была рассчитана на начинающих бизнесменов и предприятия малого бизнеса.

Состояние экономики в настоящее время делает это предложение интересным для более широкого круга предпринимателей и госпредприятий.

Начав с автоматики растворно-бетонных узлов, к настоящему моменту мы обладаем «бюджетными» вариантами практически всей нашей продукции.

Мы можем заключить лизинговый договор с заказчиками, чтобы дать им возможность модернизировать производство с существенно меньшими издержками.

Многие специалисты считают кризисный период наиболее подходящим для модернизации производства. Разработанные нами бюджетные варианты приборов вполне вписываются в эту концепцию, тем более что по желанию заказчика они преобразуются в базовые варианты за одну смену, включая все пусконаладочные работы.



**АВС-МК**  
 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Телефон: (495) 778-87-91  
 Факс (495) 739-01-63  
 E-mail : avs-mk@avs-mk.ru  
 http://www.avs-mk.ru

**Офис**

Россия, 105120, г. Москва, Мельницкий переулок, д. 8, стр. 1

**Производственная база**

Россия, 140050, Московская. обл., Люберецкий р-н, пос. Красково, ул. К. Маркса, д. 117, стр. 11

Р П М П

А.М. КРАСНОВ, канд. техн. наук, Марийский государственный технический университет;  
С.В. ФЕДОСОВ, д-р техн. наук, член-корр. РААСН, М.В. АКУЛОВА, д-р техн. наук,  
Ивановский государственный архитектурно-строительный университет

## Влияние высокого наполнения мелкозернистого бетона на структурную прочность

Известно, что введение дисперсных кварцевых частиц в цементную матрицу бетона при виброуплотнении жесткой смеси пригрузом дает возможность повысить его прочностные свойства [1, 2]. При этом значительную роль играет способ введения кварцевого наполнителя, его количественное содержание в бетоне, способ формирования бетонной смеси, условия и время твердения цементного вяжущего.

Для исключения дефектов в технологии получения мелкозернистого бетона высокой прочности была использована виброустановка, в которой предусмотрели создание двухчастотного режима виброуплотнения цементно-песчаной смеси в том числе жесткой смеси, высокого наполнения [3, 4].

Для создания рационального режима виброуплотнения были использованы вибровозбудители: для низких частот – виброплощадка с частотой 47 Гц, для высоких частот – виброулавки, размещенные в плите-пуансоне, марок ИВ-50 ( $f = 100$  Гц,  $M_{дб} = 1,14$  кг·см); ИВ-47 ( $f = 167$  Гц,  $M_{дб} = 0,34$  кг·см); ИВ-55 ( $f = 192$  Гц,  $M_{дб} = 0,18$  кг·см). Из них наиболее приемлемыми по частоте колебаний были выбраны марки ИВ-47 и ИВ-55. Испытания (рис. 1) показали, что предпочтение следует отдать марке ИВ-47, у которого коэффициент эффективности работы дебаланса  $K_Э$  равен  $0,511$  кг·см, против коэффициента

$K_Э$  вибровозбудителя ИВ-55, равного  $0,265$  кг·см.

Таким образом, двухчастотный режим виброформования бетонной смеси был принят со следующими характеристиками колебаний: режим виброплощадки  $A = 1,25$  мм и  $f = 47$  Гц от собственного вибровозбудителя [4] и режим подпружиненной плиты-пуансона  $A = 0,7$  мм и  $f = 167$  Гц, создаваемый вибровозбудителем марки ИВ-47. При совместной работе двух этих вибровозбудителей вибрационной установки создавался совмещенный режим виброколебаний бетонной смеси.

Первый режим – для плотной объемной упаковки кварцевых зерен заполнителя, второй – для разжижения цементного теста с максимальным заполнением им межзернового пространства и образования тонкой цементной пленки по всей поверхности заполнителя и наполнителя. Результаты испытаний показали, что оптимальным уплотняющим эффектом следует считать совместное поливибрационное уплотнение от вибровозбудителей с частотами  $f = 47$  Гц и  $f = 167$  Гц [5].

Тонкие пленки цементного теста коагуляционной структуры способствуют снижению трения между зернами кварцевого заполнителя и повышают плотность их упаковки в единице объема мелкозернистого бетона. Выбранный для экспериментальных работ карьерный кварцевый песок с содержанием  $SiO_2$

96–97% и модулями крупности 2,3 и 1,1 (табл. 1) был взят в оптимальном соотношении 4,1:0,9, которое позволило повысить плотность упаковки зерен песка на 5–7%.

При наполнении цементной матрицы бетона плотность межзернового пространства доходила до возможно максимальной степени, которая отчетливо видна на фотографиях (рис. 2).

Соответственно для трех режимов виброуплотнения бетонных смесей (табл. 2) были получены значения соотношений ингредиентов составов мелкозернистых бетонов: для первого режима соотношение портландцемент:минеральный наполнитель (МН) с  $S = 450$  м<sup>2</sup>/кг: песок  $M_{кр} = 2,3$ :песок  $M_{кр} = 1,1$ :вода (Ц:МН:П<sub>2,3</sub>:П<sub>1,1</sub>:В) = 1:0,8:4,22:0,9:0,546; для второго режима – 1:0,8:4,5:0,99:0,552; для третьего совмещенного режима – 1:0,8:4,47:1:0,559 (рис. 4).

Наиболее эффективным виброуплотнением следует считать совмещение двух режимов виброуплотнения, или поливибрационное уплотнение. При таком режиме были получены наиболее максимальная прочность мелкозернисто-

Таблица 1

Песок, Мкр	Размер отверстий сита, мм							
	5	2,5	1,25	0,63	0,31	0,14	<0,14	<0,071
2,3	1	0,5	3,8	46,3	33,9	13,6	0,9	0
1,1	0	0,8	0,3	2	21,2	64,9	10,8	0
Смесь 4,1:0,9	0,82	0,55	3,17	38,33	31,61	22,84	2,68	0

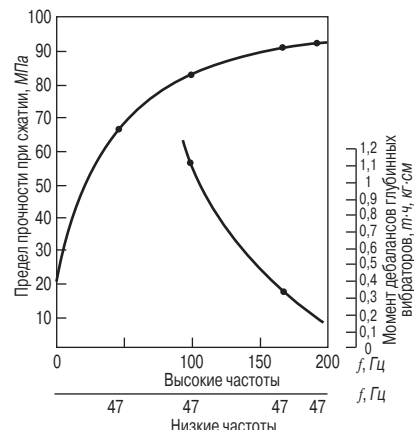


Рис. 1. Зависимость прочности высоконаполненного мелкозернистого бетона от частоты колебаний вибратора плиты-пуансона и виброустановки при удельном давлении пригрузки  $P_{уд} = 0,0131$  МПа [5, 6]

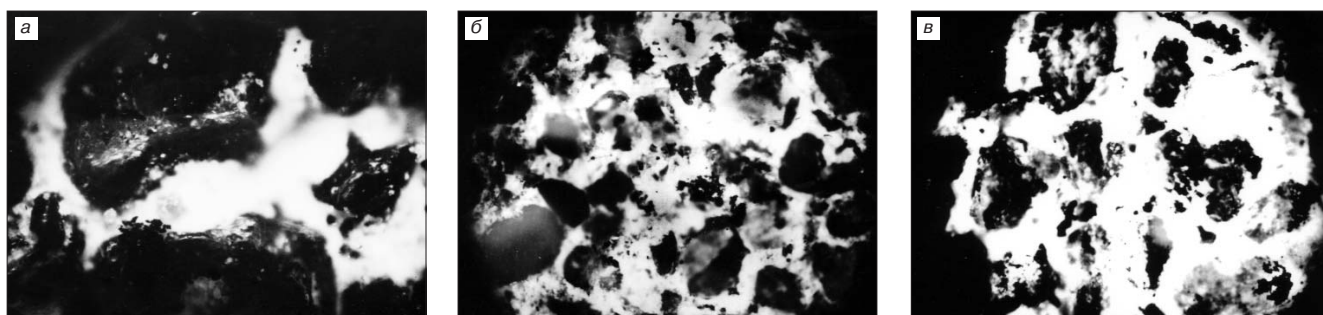


Рис. 2. Расположение кварцевых зерен наполнителя в межзерновом пространстве структуры: а – без наполнителя; б – с наполнителем 0,8 Ц; в – с наполнителем 1,0 Ц (увеличение x 100)

го бетона при сжатии 94 МПа и средняя плотность бетона 2326 кг/м<sup>3</sup> с незначительным водопоглощением 2,83%.

На рис. 4 представлены зависимости прочности мелкозернистых бетонов поливибрационного уплотнения от условий твердения, выдержки во времени и величины наполнения цементной матрицы кварцевыми микрочастицами. Эти зависимости связаны с кинетикой гидратации цементного зерна в цементном камне и заполнением гелевыми новообразованиями (кристаллогидратами) и микрочастицами наполнителя не только пор цементного камня, но и пор общей структуры бетона, что предопределяет степень его водопроницаемости.

Рост прочности бетона (рис. 3, 4) на первой стадии наполнения его микронаполнителем на ветви упрочняющей кривой до области оптимального наполнения (экстремума) объясняется повышенной плотностью структуры за счет сближения микрочастиц наполнителя с

появлением энергетических связей между ними на макро- и микроуровнях структуры [6,7].

В нисходящей (разупрочняющей) кривой прочности бетона снижение прочности объясняется ростом объема воды затворения из-за увеличивающегося объема наполнителя для сохранения подвижности цементно-песчаной смеси и времени ее уплотнения. В связи с этим расстояние между микрочастицами увеличивается и действие межчастичных сил ослабевает. При этом резко падает плотность цементного геля, повышается пористая структура бетона за счет перфорированной цементной пленки вокруг кварцевых зерен вследствие дефицита цементного геля и его слабой адгезионной прочности в контактной поверхности с кварцевым зерном наполнителя и наполнителя.

Выполненный математический расчет оптимального наполнения пористой структуры мелкозернистого бетона показал, что при наполнении его значительным объемом микрочастиц в кривой прочности

появляется экстремум, равный объему пористой структуры бетона без наполнителя. Для высокопрочного мелкозернистого поливибрационного бетона экстремум равен 0,8–0,9 части расхода портландцементного вяжущего. При экспериментальном исследовании были получены идентичные значения расхода наполнителя цементной матрицы бетона.

Из результатов проведенных исследований следует, что в технологии получения плотной структуры высокопрочного мелкозернистого бетона необходимо проводить:

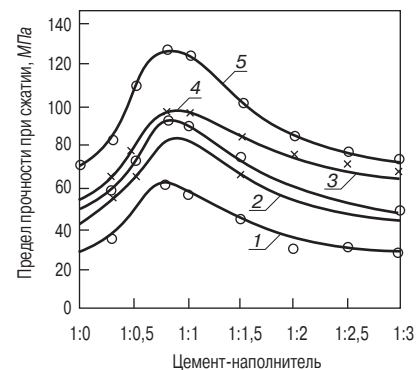
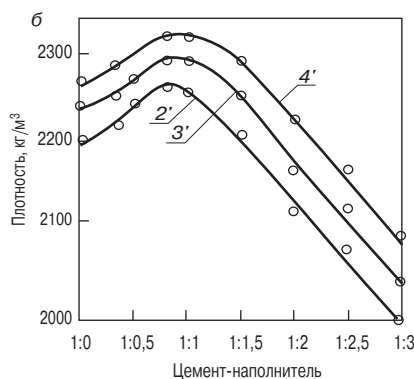
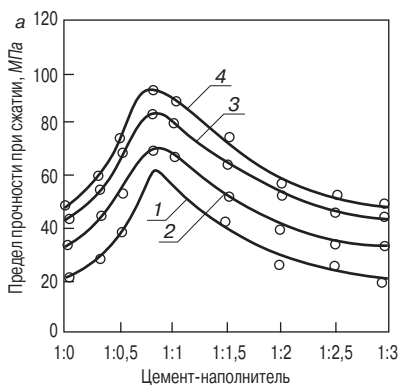
- фракционирование песчаных заполнителей;
- применять модифицированные портландцемент и кварцевый песок при их совместном помоле;
- для высокой плотности и прочности бетона необходимо использовать поливибрацию цементно-песчаной смеси и создавать удельное давление при виброуплотнении не менее  $P_{уд} = 0,0131$  МПа.

Таблица 2

Режим виброуплотнения	Характеристика работ вибро-возбудителя	Время виброуплотнения, с	Физико-механические характеристики								
			В/В*	В/Ц	Плотность при наполнении Ц:МН, кг/м <sup>3</sup>			Прочность бетона оптимального состава, МПа		Водопоглощение, W, %	Прирост прочности, Кп, %
					1:0	1:08	1:3	Rb	Rbt		
Низкочастотный	A=1,25 мм, f=47 Гц	180	0,303	$\frac{0,546}{0,075^{**}}$	2135	2270	1920	70	7,3	7	0
Высокочастотный	A=0,70 мм, f=167 Гц	150	0,307	$\frac{0,552}{0,075^{**}}$	2175	2302	1970	83	11	3,5	18,6
Совмещенный	A=1,45 мм, f=50 Гц A=0,70 мм, f=167 Гц	120	0,310	$\frac{0,559}{0,075^{**}}$	2230	2326	2100	94	13--15	2,8	34,3

**Примечание.** \* Отношение воды к расходу портландцемента и наполнителя.  
\*\* Под чертой – водотвердое отношение вода/ПЦ+МН+П.





**Рис. 3.** Влияние поливибрационного уплотнения мелкозернистой цементно-песчаной смеси на свойства бетона в зависимости от наполнения цементной матрицы микрочастицами из кварцевого песка: 1 – прочность при сжатии бетона во влажном состоянии; 2 – то же в сухом состоянии (первый режим виброуплотнения); 3 – прочность при сжатии бетона при втором режиме уплотнения; 4 – то же при совместном режиме виброформования (третий режим); 2', 3', 4' – средняя плотность, соответствующая первому, второму и третьему режимам виброформования

**Рис. 4.** Зависимость прочности бетона поливибрационного уплотнения от содержания наполнителя: 1, 2 – влажного и сухого пропаренного бетона после 28 сут выдержки в нормальных условиях; 3 – суточного бетона после ТВО; 4 – после 240 сут выдержки в комнатных условиях ( $t = 20^\circ\text{C}$ ,  $W = 50-60\%$ ); 5 – в нормальных условиях ( $t = 20^\circ\text{C}$ ,  $W = 95-99\%$ )

При использовании поливибрационного метода уплотнения мелкозернистого бетона с наполнителем химических пластифицирующих и упрочняющих добавок не требуется.

**Список литературы**

1. Михайлов Н.В. Основные принципы новой технологии бетона и железобетона. М.: Госстройиздат, 1961. 53 с.
2. Малинина Л.А., Батраков В.Г. Бетонovedение: настоящее и бу-

- дущее // Бетон и железобетон. №1. 2003. С. 6–8.
3. Краснов А.М. и др. Бетонная смесь // А. с. 1310362, СССР. МКИ4 С 04 В 28/00. (СССР). № 3707224/29-33 // Заявл. 30.10.84. Оpubл. 15.05.87. Бюл. № 18. 43 с.
4. Краснов А.М. и др. Способ формования строительных изделий // А. с. 1636213, СССР. МКИЗ В28 В1/08. (СССР). №4470308/33 / Заявл. 03.08.88. Оpubл. 23.03.91. Бюл. №11. 2 с.
5. Краснов А.М. Способ формова-

- ния строительных изделий из бетонной смеси // Патент 2214910. Российская Федерация. МКИ7 В28 В1/08. № 200210628/01т / Заявл. 04.02.02. Оpubл. 27.10.03. Бюл. № 30. 5 с.
6. Урьев Н.Б. и др. Коллоидные цементные растворы Л.: Стройиздат, Ленингр. отд., 1980. 192 с.
7. Соломатов В.И. и др. О силах взаимодействия в дисперсной цементной системе // Изв. вузов. Стр-во и архитектура. 1996. № 3. С. 49–52.

## 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	22 кВт/ч	55 кВт/ч
габариты, мм	1020×570×1230	1122×750×1500	1710×925×1815	2850×1700×2950
вес, кг	170	650	1300	5100

подготовка шихты для керамической плитки

получение сухих смесей

активация цемента

смешение компонентов пенобетона

• 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) 345-15-30 (доп. 210)  
Тел: 8 913 942 94 81  
e-mail: eugene@activator.ru

Н.И. МАКРИДИН, д-р техн. наук, И.Н. МАКСИМОВА, канд. техн. наук,  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

## Механическое поведение конструкционного керамзитобетона при осевом сжатии

Современный зарубежный и отечественный опыт комплексного использования легких бетонов на пористых заполнителях типа керамзита при строительстве, особенно высотных зданий, обеспечивает заметное снижение материалоемкости и затрат на фундаменты, экономию арматуры и снижает стоимость строительства на 13–15% [1, 2].

Однако механическое поведение конструкционного керамзитобетона как при кратковременном, так и при длительном приложении внешней нагрузки изучено не в полной мере. Дальнейшее изучение поведения керамзитобетона конструкционного назначения под нагрузкой будет способствовать более достоверному определению напряженно-деформированного состояния конструкций, следовательно, более рациональному их проектированию [3].

На основе экспериментальных данных, полученных как отечественными, так и зарубежными исследователями, в работе [4] отмечено, что на пористых заполнителях с различной плотностью может быть получен легкий бетон одинаковой прочности с резко отличным модулем упругости. Эти данные позволяют утверждать, что модуль упругости легкого бетона в значительной мере зависит от деформативности пористого заполнителя.

Поэтому дальнейшее изучение физико-механических свойств отдельных зерен крупных пористых заполнителей позволит разработать более четкие физические представления о деформировании и разрушении легкого бетона под нагрузкой и решить ряд практических задач.

Основная цель выполненной работы – расширить ранее сформулированные взгляды на закономерности прочностных и деформативных свойств заполнителей, исходя из особенностей их строения и степени пористости и интерпретируя на этой основе диаграмму сжатия керамзитобетона и его ползучесть.

При оценке физико-механических свойств зерен керамзита при осевом сжатии результаты измерений в значительной степени определяются методикой подготовки образца и проведения испытания. Использовали образцы-призмы правильной геометрической формы, которые получали obtачиванием керамзитовых гранул. Это позволяло вести их испытание по физической оси вплоть до разрушающей нагрузки. Любой другой прием подготовки образца не удовлетворяет этому условию и не позволяет четко изучить физический процесс развития деформаций керамзитового образца с ростом уровня напряжений и проанализировать интересующие взаимосвязи. Применение подобных образцов, полученных из пористого ядра гранул керамзита, позволяет также провести сравнительную оценку деформативных свойств пористой структуры заполнителей, различных по происхождению и первоначальной форме. Испытание образцов на сжатие проводили с применением динамометров сжатия типа ДОСМ. Деформативность измеряли тензометрическим способом.

В опытах был использован керамзитовый гравий Никольского керамического завода (Ленинградская обл.), Октябрьского завода керамического гравия (Самарская обл.)

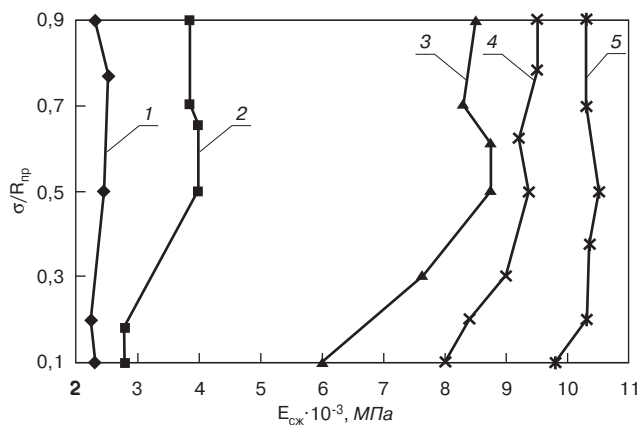
и Пензенского завода ЖБИ с плотностью в куске  $0,4–1 \text{ г/см}^3$ . Известно, что зерна керамзита имеют разное строение в зависимости от исходного глинистого сырья и режима его вспучивания. В работе [5] показано, что модуль упругости обжиговой корки превышает модуль упругости зерна керамзита в несколько раз. Отсюда полагаем, что толщина обжиговой корки на гранулах будет оказывать существенное влияние на модуль упругости как керамзита, так и бетона на его основе. Определение толщины обжиговой корки гранул исследуемых керамзитов показало, что керамзит Никольского завода (серия Н) обладал коркой толщиной  $0,12–0,17 \text{ мм}$ , Октябрьского (серия О) –  $0,8–1,3 \text{ мм}$ , Пензенского (серия П) –  $0,5–2,0 \text{ мм}$ . При изучении деформативности зерен керамзита закономерно ожидать, что деформативные свойства зерен керамзита со слабовыраженной обжиговой коркой, установленные на образцах правильной геометрической формы, будут подобны свойствам его гранул. В то время как для пензенского керамзита такой аналогии, вероятно, провести нельзя.

На графиках рис. 1, построенных по усредненным данным испытаний 10–12 образцов, показан характер изменения модуля деформации керамзита различной плотности с ростом уровня напряжений. Из рис. 1 видно, что особенность всех кривых для керамзита испытанной плотности состоит в том, что они отражают рост величины модуля деформации с увеличением напряжений практически до уровня  $0,6–0,7 R_{пр}$ , а иногда и более. Подобная связь между напряжениями и деформациями, но в менее выраженной форме была ранее установлена на аглопоритовых образцах. В [6] приводятся сведения о неизменности модулей упругости туфов арктического и ереванского типа при напряжениях в интервале  $0–R_{сж}$ .

На основе никольского керамзита изготавливали бетон условной марки 300, на основе пензенского – 200. Массовая концентрация компонентов бетона условной марки 300 составляла,  $\text{кг/м}^3$ : цемента – 450, керамзитового гравия – 530, кварцевого песка – 650 и воды – 170; для бетона условной марки 200: цемента – 429, керамзитового гравия – 510, кварцевого песка – 825 и воды – 229. Образцы формовали при стандартных параметрах вибрации с использованием пригруза  $0,005 \text{ МПа}$ .

В возрасте 38–46 сут часть образцов на основе никольского керамзита была загружена на длительное осевое сжатие с интенсивностью сжатия  $0,4 R_{пр}$  и  $0,6 R_{пр}$ . Спустя 600 сут эти образцы были разгружены. В дальнейшем образцы, подвергавшиеся длительному действию осевой сжимающей нагрузки, для краткости будем называть рабочими.

Изучение диаграмм сжатия и характера разрушения контрольных и рабочих образцов-призм проводили в возрасте 28–38 и 645–980 сут. Призмы размером  $10 \times 10 \times 40 \text{ см}$  испытывали приложением кратковременной статической осевой сжимающей нагрузки. Нагрузку прикладывали ступенями в  $0,1$  ожидаемой призмной прочности вплоть до разрушения. Структурные изменения бетона под нагрузкой контролировали измерением продольных и попе-



**Рис. 1.** Характер изменения модуля деформации гранул керамзита различной плотности при сжатии в зависимости от интенсивности напряжения: 1 –  $\rho_n=0,4-0,5$ ; 2 –  $\rho_n=0,55-0,7$ ; 3 –  $\rho_n=0,71-0,8$ ; 4 –  $\rho_n=0,81-0,9$ ; 5 –  $\rho_n=0,91-1$  г/см<sup>3</sup>

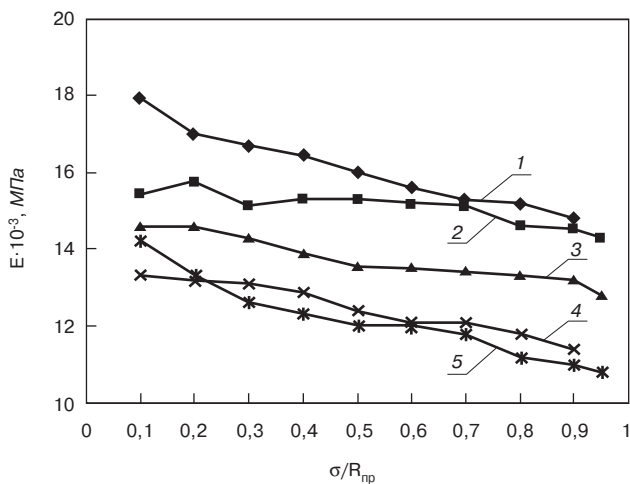
речных деформаций. На основе обработанных экспериментальных данных установлены определенные взаимосвязи, представленные на рис. 2, 3 и 4.

На рис. 2 и 3 представлены кривые изменения модуля деформации керамзитобетона, полученные на контрольных образцах, в зависимости от интенсивности напряжения с учетом пластических деформаций, протекающих при центрировании образцов. Как видно из графиков рис. 2, модуль деформации бетона на основе никольского керамзита растет с увеличением интенсивности напряжений до уровня  $0,7-0,8R_{np}$ . Модуль деформации бетона на пензенском керамзите, как следует из графиков рис. 3, напротив, уменьшается с ростом уровня напряжений.

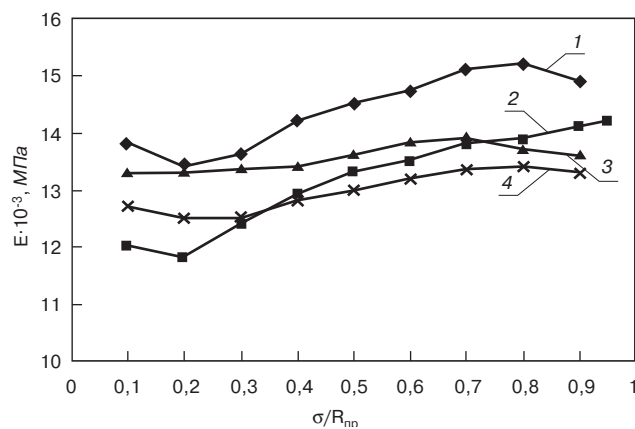
Эти опытные данные позволяют говорить о том, что диаграмма сжатия конструкционного керамзитобетона может иметь различный характер. Подтверждением этому положению могут служить и экспериментальные результаты А.А. Кудрявцева [7].

Общепризнано, что керамзитобетон является упруго-пластическим материалом. Однако, как это видно из приведенных экспериментальных данных, проявление упругих и пластических деформаций может иметь различную последовательность и интенсивность. Это обусловлено деформативными особенностями керамзитового гравия, имеющего разное строение.

На рис. 4 представлены графические зависимости изменения модуля деформации на кривой нагружения при кратковременном приложении нагрузки для образцов ке-



**Рис. 3.** Характер изменения модуля деформации конструктивного керамзитобетона серии П (контрольные образцы) с ростом уровня напряжения: 1 –  $R_{np}=26$ ; 2 –  $R_{np}=20$ ; 3 –  $R_{np}=22$ ; 4 –  $R_{np}=21$ ; 5 –  $R_{np}=18$  МПа



**Рис. 2.** Характер изменения модуля деформации конструкционного керамзитобетона серии Н (контрольные образцы) с ростом уровня напряжения: 1 –  $R_{np}=31$ ; 2 –  $R_{np}=27$ ; 3 –  $R_{np}=28,5$ ; 4 –  $R_{np}=33$  МПа

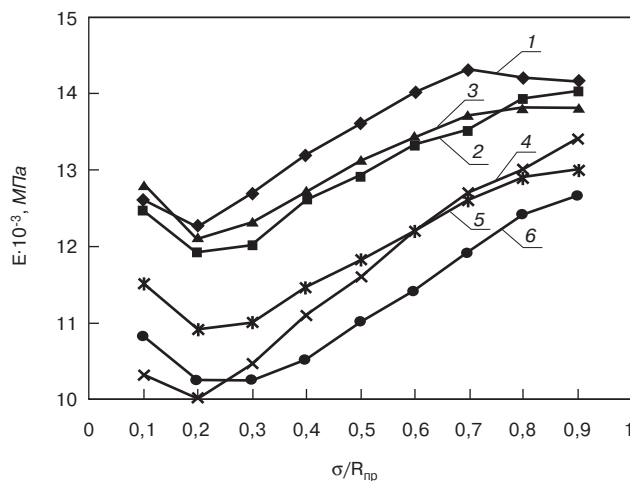
рамзитобетона на основе никольского керамзита после их испытания на ползучесть в течение 600 сут.

Факт пластических деформаций гранул керамзита при длительно действующей сжимающей нагрузке установлен в работе [8]. Опыты того времени показали, что удельные деформации ползучести гранул керамзита при уровне напряжения осевого сжатия  $0,37-0,54R_{сж}$  составляют  $6,7-8,6 \cdot 10^{-5}$  МПа<sup>-1</sup>.

При разгрузке наблюдали хорошую упругость гранул, выражающуюся как в мгновенно-упругих деформациях, так и в деформациях последействия. Поэтому следует признать ползучесть самих гранул одним из факторов, предопределяющих ползучесть керамзитобетона.

В таблице приведены величины удельных деформаций ползучести за 600 сут неизолированных от высыхания образцов бетона серии Н в зависимости от относительного уровня обжатия.

Из данных таблицы следует, что уровень обжатия образцов не оказывал определяющего значения на величину удельной деформации ползучести. В связи с этим использовали дополнительную характеристику деформативности, представляющую собой отношение модуля деформации (при данном уровне обжатия) к призменной прочности. С повышением интенсивности обжатия с  $0,32$  до  $0,55R_{np}$  характеристика деформативности бетона изменяется в пределах  $341-376$ . Дальнейшее повышение обжатия керамзитобетона до  $0,64R_{np}$  сопровождалось существенным ростом характеристики



**Рис. 4.** Характер изменения модуля деформации конструкционного керамзитобетона серии Н (рабочие образцы) с ростом уровня напряжения: 1 –  $R_{np}=37$  МПа; 2 –  $R_{np}=28$  МПа; 3 –  $R_{np}=32,9$  МПа; 4 –  $R_{np}=31,6$  МПа; 5 –  $R_{np}=33$  МПа; 6 –  $R_{np}=29,5$  МПа



Призмная прочность, МПа	Уровень обжатия $\sigma/R_{пр}$	Удельная деформация ползучести $\epsilon \cdot 10^5$ , МПа <sup>-1</sup>	Характеристика деформативности на уровне обжатия
37	0,32	7,1	341
32,9	0,38	7,3	375
33	0,55	9,3	376
31,6	0,58	9,2	386
29,5	0,62	8,7	400
28	0,64	6,6	476

деформативности до величины 476. Увеличение упругости керамзитобетона с ростом интенсивности обжатия закономерно приводит к уменьшению значения удельных деформаций ползучести (см. таблицу).

Таким образом, изучение деформаций ползучести конструктивного бетона на основе никольского керамзита подтвердило зависимость удельных деформаций ползучести от характера и интенсивности изменения модуля деформации керамзитобетона по мере его нагружения.

При сравнении рис. 2 и 4 видно, что последовательность изменения модуля деформаций контрольных и рабочих призм идентична. Что касается интенсивности изменения, то более интенсивный рост модуля деформации с увеличением степени обжатия наблюдался у рабочих образцов. Этим подтверждается влияние деформативных свойств керамзитового гравия на деформативность бетона рабочих образцов. При разгрузке рабочих образцов отмечено, что упруго-мгновенные деформации, наблюдаемые при снятии длительно действующей нагрузки, существенно превышают упруго-мгновенные деформации загрузки образца. Эта особенность обратности деформаций керамзитобетона по сравнению с бетонами на плотных заполнителях, характеризующихся лишь частичной обратностью упруго-мгновенных деформаций загрузки, рассмотрена в работе [9] и объясняется в основном деформативными особенностями и весьма хорошей упругостью зерен керамзита.

На основе проведенного исследования можно сформулировать следующие выводы.

Особенностью диаграммы сжатия гранул керамзита является характерная выпуклость к оси деформаций, наблюдаемая до уровня напряжений 0,6–0,7  $R_{пр}$ , что обусловлено строением гранул и, прежде всего толщиной обжиговой корочки.

Из полученного очертания диаграммы сжатия можно судить о возможных удельных деформациях ползучести керамзитобетона в зависимости от интенсивности его обжатия.

Учитывая изменяемость очертания диаграммы сжатия конструктивного керамзитобетона, следует более дифференцированно подходить к оценке его деформативных свойств в зависимости от строения керамзитового гравия.

Если модуль деформации керамзитобетона растет с повышением уровня напряжений, бетон разрушается очень хрупко. Если же модуль деформации керамзитобетона уменьшается с ростом уровня напряжений или остается постоянным, то разрушение бетона происходит более пластично.

Для керамзитобетона, характеризующегося ростом величины модуля деформации с повышением интенсивности обжатия, целесообразно как технически, так и экономически расчетный модуль упругости определять при уровне обжатия 0,5–0,6  $R_{пр}$ .

#### Список литературы

1. Горин В.М., Токарева С.А., Кабанова М.К. Состояние и перспективы производства и применения керамзита и керамзитобетона в стройкомплексе России // Строит. материалы. 2005. № 8. С. 26–27.
2. Волков Ю.С. Применение сверхпрочных бетонов в строительстве // Бетон и железобетон. 1994. № 3. С. 27–31.
3. Межжаускас Ю.И. Конструктивный керамзитобетон. М.: Стройиздат, 1977. 88 с.
4. Пирадов А.Б. Конструктивные свойства легкого бетона и железобетона. М.: Стройиздат, 1973. 136 с.
5. Бабков В.В., Пивень Л.С., Чернышев В.П., Полак А.Ф. Исследование взаимодействия крупного пористого заполнителя и раствора в бетонах на легких заполнителях, подвергнутых сжатию. В сб.: Структура, прочность и деформация легкого бетона. М.: Стройиздат, 1973. С. 102–120.
6. Симонов М.З. Основы технологии легких бетонов. М.: Стройиздат, 1973. 584 с.
7. Кудрявцев А.А. Модуль упругости и модуль деформаций конструктивного керамзитобетона. В сб.: Структура, прочность и деформация легкого бетона. М.: Стройиздат, 1973. С. 182–195.
8. Иванов И.А. Пластические деформации гранул керамзита под нагрузкой // Строит. материалы. 1973. № 4. С. 18–19.
9. Иванов И.А., Макридин Н.И., Сильванович Т.Г. О значении обратности деформаций конструкционного керамзитобетона // Бетон и железобетон. 1976. № 10. С. 39–41.

## Стройматериалы

Готовится к переизданию учебное пособие для вузов «Химическая технология керамики» под ред. Проф. И.Я. Гузмана.

Пособие рассчитано на студентов вузов, обучающихся по специальности «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов», а также будет полезно специалистам, работающим в области керамики и огнеупоров.

**Заявки направлять:**  
по тел./факсу: (495) 976-22-08, 976-20-36  
по e-mail: mail@rifsm.ru, rifsm@mail.ru

### С 1 января 2009 г. приказами Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии введены в действие национальные стандарты:

- |                 |   |
|-----------------|---|
| ГОСТ 31356-2007 | «Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Методы испытаний».                                |
| ГОСТ 31357-2007 | «Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Общие технические условия».                       |
| ГОСТ 31358-2007 | «Смеси сухие строительные напольные на цементном вяжущем. Технические условия».                   |
| ГОСТ 31359-2007 | «Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия».                                    |
| ГОСТ 31360-2007 | «Изделия стеновые неармированные из ячеистого бетона автоклавного твердения. Технические условия» |

**Заказы направлять в ОАО «ЦПП»:**  
127238, Москва, Дмитровское ш., 46, корп. 2  
Тел. (495) 482-42-94, 482-42-97, 482-15-17  
Факс: (495) 482-42-65

## Строительные изделия из шпона и измельченных древесных отходов

Для выполнения государственной программы «Доступное и комфортное жилье – гражданам России» необходимо увеличить объемы строительства недорогих быстровозводимых зданий, для чего потребуются организовать производство более дешевых строительных материалов и столярно-строительных изделий. Перед предприятиями стоят задачи по экономии материальных ресурсов и рациональному использованию древесных отходов. Необходимо увеличить выпуск изделий из древесины без существенного расширения объемов лесозаготовок.

По существующей технологии объемные изделия (дверные филенки) изготавливают путем фрезерования плитных древесных материалов и дальнейшего облицовывания в мембранных прессах. При изготовлении изделий сложной формы из измельченной древесины и синтетических связующих необходимо применять охлаждение в пресс-форме, что значительно снижает производительность оборудования. В работе обоснована возможность изготовления облицованных столярно-строительных изделий из измельченной древесины без охлаждения в пресс-формах.

Рациональное использование древесины осуществляется путем увеличения полезного выхода изделий из древесного сырья и промышленной переработки отходов. Прессование изделий из измельченной древесины с одновременной их облицовкой позволяет резко сократить число технологических операций, создать наиболее благоприятные условия для механизации и автоматизации производственного процесса и таким образом существенно повысить производительность труда. Повторное использование отходов древесины способствует снижению себестоимости продукции.

Хорошим материалом для изготовления различных изделий являются образующиеся при обработке древесины мелкие древесные частицы. Легкие цельнопрессованные изделия из измельченной древесины, изготавливаемые компрессионным прессованием, легко поддаются обработке и отделке. Эти изделия применяют в строительстве для производства мебели и тары, в электро-, радиопромышленности и в других областях, где ими заменяют массивную древесину и фанеру.

Легкие изделия из измельченной древесины прессуют при сравнительно невысоком давлении (до 30 МПа). Содержание связующего в них не превышает 20%. Плотность цельнопрессованных изделий определяет их механическую прочность. С увеличением плотности повышается механическая прочность изделий и уменьшается их водопоглощение. Материал изделий становится более монолитным (уменьшается его пористость), кромки изделия твердеют, а поверхность становится гладкой и однородной. Однако с увеличением плотности ухудшаются теплофизические свойства, адгезия к отделочным материалам, увеличивается масса изделий. При этом снижается экономическая эффективность производства. Установлены оптимальные значения плотности ( $\text{кг/м}^3$ ) для изделий различного целевого назначения [1]: детали мебели (при условии упрочнения их различными листовыми отделочными материала-

ми) – 500–700; строительные детали – оконные створки, короба и фрамуги – 800–1100, профильный погонаж – 700–900; формы для опалубочных работ – 600–800.

При прессовании изделий с одновременной отделкой вместе с засыпаемым пресс-материалом изделие формируют и отделяют в одной пресс-форме за одну технологическую операцию. Для облицовки стороны изделия, обращенной ко дну матрицы, облицовочный материал укладывают на дно матрицы и на него насыпают пресс-материал. Для нелицевой стороны изделия облицовочный материал укладывают на засыпанный в пресс-форму пресс-материал сверху сразу или после подпрессовки. В таких пресс-формах боковые кромки остаются неотделанными.

Исследованиями установлено [1], что применение древесины с малой плотностью и большой прочностью обеспечивает наиболее высокую механическую прочность цельнопрессованных изделий. Поэтому их лучше всего изготавливать из древесины хвойных пород – сосны, ели, кедра, пихты, из лиственных – тополя, березы, липы, осины и ольхи. В качестве сырья рекомендуется использовать 70% хвойных и 30% лиственных пород.

Наличие в измельченной древесине большого количества пыли или крупных частиц ухудшает условия равномерного заполнения пресс-формы пресс-материалом, повышает расход связующего и снижает прочность изделий, в связи с чем для получения однородной измельченной древесины ее следует сортировать.

Облицовка листовыми материалами – наиболее прогрессивный метод отделки, так как обеспечивает высокое качество готовых изделий. Однако вследствие использования плотных листовых материалов в пресс-форме создается дополнительная герметизация, что затрудняет выход парогазовой смеси. Поэтому влажность пресс-материала не должна превышать 8–10%.

Производство дверей из массивной древесины характеризуется большим расходом сырья, особенно при изготовлении дверных полотен филенчатой конструкции. Так, например, при изготовлении дверной филенки полезный выход составляет 10–15%. Замена массивной древесины станочной стружкой при изготовлении дверной филенки значительно снижает стоимость производства дверей.

Для прессования применяли станочную стружку фракционного состава 10/7 и менее. Сортировку стружки по слоям не производили. При облицовывании пленками крупные частицы, остающиеся на поверхности, могут проступать через эту пленку, что ухудшит внешний вид изделия. К тому же пленка не является термостойкой, и при длительном воздействии температуры может произойти не только изменение ее цвета, но и термодеструкция. Поэтому наилучшим облицовочным материалом является лущеный шпон.

Лицевая поверхность изделия должна содержать минимальное количество дефектов обработки и пороков древесины. Поэтому для облицовочного слоя необходимо применять лущеный шпон с минимальным количеством дефектов – сорт Е. Починка шпона, основанная на вырубке дефектных мест с последующей заделкой их

вставками из хорошей древесины недопустима, так как они будут деформироваться в местах изгиба пресс-формы. Лицевой лист лущеного шпона желателно перед прессованием отшлифовать, так как на него будет нанесено лакокрасочное покрытие. Шлифовать же объемное изделие весьма затруднительно.

Для прессования изделия пресс-форму устанавливали на нижнюю плиту пресса. На пресс-форму укладывали лицевой облицовочный лист лущеного шпона. На него ровным слоем укладывали и подпрессовывали осмоленную стружку, на которую укладывали оборотный облицовочный лист.

Для предотвращения коробления необходимо, чтобы лицевой и оборотный облицовочные слои состояли каждый из двух листов лущеного шпона со взаимно перпендикулярным расположением волокон древесины. Учитывая, что облицовочный лист изгибается при прессовании, его толщина должна быть минимально допустимой – 0,8 мм. Склеивание двух листов лущеного шпона со взаимно перпендикулярным расположением волокон обеспечивает изотропность прочностных свойств. Предварительное склеивание и склеивание в процессе прессования дали одинаковые результаты: трещин на лицевой стороне детали не было.

При изготовлении опытных образцов применяли станочную стружку хвойных пород, связующее на основе малотоксичной карбамидоформальдегидной смолы КФ 120-65 в количестве 20% от массы стружки. Для облицовочного слоя применяли лущеный шпон толщиной 0,8 мм. На листы лущеного шпона наносили ту же смолу в количестве 110 г/м<sup>2</sup>. Для увеличения прочности клей наносили также между лущеным шпоном и стружкой. Экспериментальные изделия изготавливали размером 400×400×16 мм. Расчетная плотность 500 кг/м<sup>3</sup>.

Важным параметром процесса прессования является температура плит пресса и пресс-формы, продолжительность выдержки под давлением и величина давления. При прессовании измельченной древесины в плоских плитах пресса парогазовая смесь удаляется легче, чем при использовании замкнутой пресс-формы. Прессование изделий при температуре выше 140°C приводит к интенсивному парообразованию. Так как осмоленная стружка прессуется в замкнутой пресс-форме, что затрудняет выход парогазовой смеси из прессуемого пакета, в образце, склеенном при температуре 150°C, после размыкания плит пресса произошло отслоение лущеного шпона.

Продолжительность прессования  $t_{п}$ , мин, определяли по формуле:

$$t_{п} = t_{уд} \cdot \delta, \quad (1)$$

где  $t_{уд}$  – удельная продолжительность прессования, мин/1 мм толщины;  $\delta$  – толщина прессуемого изделия, мм.

В исследованиях [1] рекомендуется значение удельной продолжительности прессования от 0,5 до 1 мин на 1 мм толщины изделия. При толщине изделия 19 мм продолжительность прессования может составить от 8,5 до 19 мин, что явно неопределенно. Точное значение продолжительности выдержки под давлением можно рассчитать по методике, приведенной в [2]. Продолжительность выдержки под давлением ( $t_{вд}$ ) складывается из продолжительности прогрева среднего слоя до 100°C ( $t_{пр}$ ) и продолжительности выпаривания избыточной влаги из пакета ( $t_{вып}$ ):

$$t_{вд} = t_{пр} + t_{вып}. \quad (2)$$

Продолжительность прогрева среднего слоя до 100°C, мин, определяется по формуле:

$$t_{пр} = 0,35 \delta K_{\delta} K_t K_p K_w, \quad (3)$$



Цельнопрессованное изделие из измельченной древесины, облицованное лущеным шпоном (дверная филленка)

где  $\delta$  – толщина изделия, мм;  $K_{\delta}$ ,  $K_t$ ,  $K_p$  и  $K_w$  – соответственно поправочные коэффициенты на толщину, температуру, плотность и влажность стружечного брикета.

При прессовании изделия толщиной 19 мм при температуре 130°C плотностью 500 кг/м<sup>3</sup> и влажностью стружечного брикета 16% значения поправочных коэффициентов составляют соответственно:  $K_{\delta} = 1$ ;  $K_t = 1,25$ ;  $K_p = 0,75$ ,  $K_w = 0,83$ . При данных условиях продолжительность прогрева среднего слоя до 100°C составит 5,17 мин.

Продолжительность выпаривания  $t_{вып}$ , мин, определяется по формуле:

$$t_{вып} = (W_B - 8) K_t K_p, \quad (4)$$

где  $W_B$  – влажность стружечного брикета, 16%;  $K_t = 1,2$  при температуре 130°C;  $K_p = 0,85$  при плотности 500 кг/м<sup>3</sup>.

$$t_{вып} = (16 - 8) \cdot 1,2 \cdot 0,85 = 8,16.$$

Продолжительность выдержки под давлением, мин, составит:

$$5,17 + 8,16 = 13,33.$$

Был изготовлен опытный образец плотностью 500 кг/м<sup>3</sup>, размерами 400×400×16 мм. Конструкция: два листа лущеного шпона толщиной 0,8 мм – осмоленная стружка – два листа лущеного шпона толщиной 0,8 мм; норма расхода связующего 20% от массы стружки; начальная влажность стружки 8%; влажность осмоленной стружки 16%; температура прессования 130°C; давление 2,8–3 МПа; продолжительность прессования 13,3 мин.

Склеенный по технологии в соответствии с расчетом образец не имел коробления и расслоения (см. рисунок).

В результате проведенных исследований установлено, что изготовление столярных строительных изделий из измельченной древесины можно производить с одновременным их облицовыванием лущеным шпоном. Стружка и опилки содержат крупные фракции, что исключает применение пленок для облицовывания склеенных из них изделий, а сортировка и фракционирование стружки по слоям для предприятий невыгодна из-за высокой стоимости необходимого оборудования. Облицовочные слои должны содержать как минимум два листа лущеного шпона для предотвращения коробления. Содержание связующего в изделиях из измельченной древесины не должно превышать 20%. Применять при прессовании температуру выше 130°C нежелательно, так как это приведет к усиленному парообразованию и разрушению прессуемого изделия после снятия давления. Наиболее высокую механическую прочность цельнопрессованных изделий обеспечивает применение древесины с малой плотностью и большой прочностью. Наилучшим материалом является сыточная стружка древесины хвойных пород.

#### Список литературы

1. Свиткин М.З., Щедро Д.А. Технология изготовления изделий из измельченной древесины. М.: Лесная промышленность, 1976. 144 с.
2. Отлев И.А. Технологические расчеты в производстве древесно-стружечных плит. М.: Лесная промышленность, 1979. 240 с.



Е.Н. ПОКРОВСКАЯ, д-р техн наук, МГСУ;  
В.В. ДМИТРИЕВ, д-р геол.-минер.наук, Патриарший архитектурно-реставрационный центр Свято-Троицкой Сергиевой лавры (Москва); И.Н. ЧИСТОВ, инженер, МГСУ;  
Ю.Л. КОВАЛЬЧУК, канд. биолог. наук, ИПЭЭ РАН

## Химико-микологические исследования древесины свай в основаниях фундаментов памятников архитектуры

Долговечность зданий и сооружений во многом определяется состоянием фундаментов. Здания и сооружения монастырей центра и севера России, многие дома северных регионов стоят на свайных фундаментах из древесины дуба, реже сосны.

Комплексных химико-микологических исследований древесины таких свай не проводилось. Прове-

дение этих исследований позволит прогнозировать долговечность фундаментов исторических архитектурных памятников, то есть будет способствовать сохранению культурного наследия и жилого фонда на деревянных свайных фундаментах.

Наиболее полное изучение прочностных свойств древесины свайных фундаментов без химико-

микологических исследований и прогнозирования долговечности приведено в [1].

Исследование свойств древесины дуба при сроках эксплуатации до 300 лет имеет научное значение и может быть использовано при проектировании различных деревянных конструкций.

В России здания и сооружения многих монастырей XV–XVIII вв. стоят на деревянных свайных фундаментах. Изучали образцы свай оснований фундаментов Успенского собора, Южной и Западной крепостных окружных стен Свято-Троицкой Сергиевой лавры (СТСЛ), Конюшенного двора кремля города Ростова Великого, образцы древесины наземных конструкций Преображенской церкви (Киж) и дома с деревянными перекрытиями XIX века, расположенного в Малом Власьевском переулке в Москве. Срок эксплуатации перечисленных конструкций 100–450 лет.

Отбор проб древесины производили в верхней, средней и нижней частях свай. Образцы тщательно отмывали от включений почвы водой (25 °С) в течение нескольких суток до постоянной массы. Полное извлечение почвы контролировали по массе высушенного образца. После промывки pH промывных вод составляла 5,84–6,38, в единичных случаях 3,54–3,61.

Основными компонентами древесного вещества являются целлюлоза и лигнин, которые объединены в лигноуглеводный комплекс.

Содержание целлюлозы и лигнина для разных пород древесины различно. Для дуба содержание целлюлозы составляет 37–41, лигнина 24,5–29,6% [2]. Исследование химического состава древесины при длительной эксплуатации в воздушной среде при постоянной влажности показало, что содержание целлюлозы за 500 лет уменьшается на 3–7, лигнин – на 5%.

В исследовании древесины свай определение процентного содержа-

Таблица 1

№ пробы	Части сваи	Содержание %		Век, год постройки	Срок эксплуатации, лет
		целлюлозы	лигнина		
Успенский собор СТСЛ					
Шурф 5у/05					
1	Низ	25,11	34,2	XVI в	450
2	Середина	31,7	51	XVI в	450
3	Верх	29,49	60,11	XVI в	450
Шурф 2у/05					
4	Низ	41,7	43,7	XVI в	450
5	Середина	41,8	45,62	XVI в	450
6	Верх	42,29	38,91	XVI в	450
Шурф 4у/05					
7	Низ	49,9	55,5	XVI в	450
8	Середина	47,4	52,9	XVI в	450
9	Верх	30,3	65,12	XVI в	450
Шурф 1у/05					
10	Низ	50,16	16,31	XVI в	450
11	Верх	19,7	55	XVI в	450
Западная окружная стена СТСЛ					
Шурф № 9					
12	Верх	48,23	41,01	1650	358
13	Середина	27,33	39,32	1540	468
14	Верх	33,51	48,15	1540	468
Шурф № 4					
15	Верх	18,42	59,39	1540	468
Южная окружная стена СТСЛ					
16	Верх	24,37	42,64	1650	358
17	Верх	21,98	49,47	1650	358
18	Верх	17,87	51,63	1540	468
Ростовский кремль. Конюшенный двор					
19	–	34,58	48,58	XIX в	150
Преображенская церковь (Киж) лемех (осина)					
20	–	45,32	19,23	1700	308
Дом в Малом Власьевском пер. (Москва), стена					
21	–	36,03	45,53	1903	105

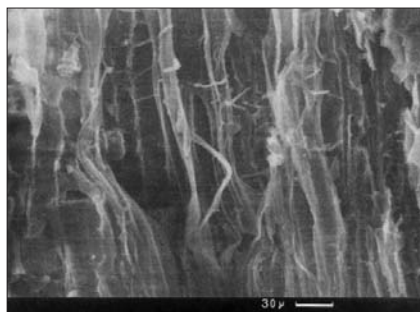


Рис. 1. Образец 2. Слабая минерализация волокон древесины, содержание целлюлозы 31,7%, лигнина 51%

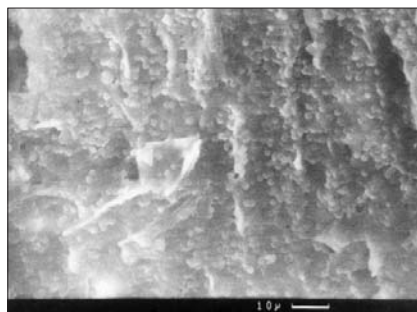


Рис. 2. Образец 9. Хрупкие и расщепленные волокна древесины. Содержание целлюлозы 30,3%, лигнина 65,1%

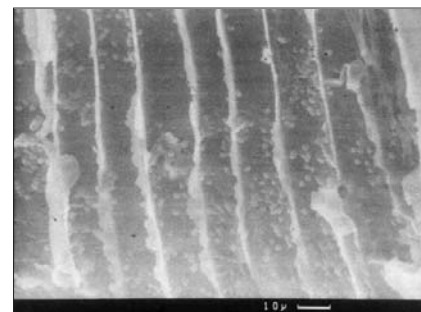


Рис. 3. Образец 3. Сильная минерализация древесины сваи

ния целлюлозы проводили азотно-спиртовым методом Кюршнера, а лигнина – по методу Комарова [3] с 72 %-ной серной кислотой. Результаты анализа представлены в табл. 1.

С помощью метода электронной микроскопии были изучены образцы древесины, приведенные в табл. 1. Практически у всех изученных образцов наблюдалась минерализация волокон (рис. 1,2,3). Сильная минерализация сопровождается сохранением структуры древесины. Незначительная минерализация (образцы 7,8,9) сопровождается растрескиванием волокон (рис. 2). Для верхних разрушенных частей свай характерна слабая минерализация.

Рентгеноструктурный анализ образцов показал наличие в пробах  $\text{CaCO}_3$ , пирита  $\text{FeS}_2$  и кварцита  $\text{SiO}_2$ . В зависимости от степени минерализации прочность древесины возрастает с ее увеличением. Природу минерализации определили грунты, в которые были погружены сваи из дуба, а также суглинки, песок.

Химический анализ древесины свай выполняли для установления содержания в образцах металлов Fe, Ca, Al после тщательной очистки водой до постоянной массы. Результаты приведены в табл. 2.

Как видно из табл. 2 по данным химического анализа, древесина

всех свай по сравнению с исходной содержит значительное количество металлов. Это возможно за счет химического взаимодействия реакционных групп –ОН лигноуглеводного комплекса древесины с минералами грунтов. Из металлов в образцах наибольшее содержание кальция, то есть происходит химическое кальцинирование древесины в грунтах.

Обследование биокоррозии древесины свай проводили путем качественных и количественных микологических анализов. Исследование биоповреждений свайных фундаментов показало наличие значительных концентраций жизнеспособных спор на поверхности свай – 68–156 сп/см<sup>2</sup>. Обнаружено восемь видов грибов: плесневые (*Aspergillus Penicillium*), дереворазрушающие (*Mucor Hiemalis*, *Candida* и др.). Разрушение древесины свай под действием микроорганизмов характерно для низа свай, часто наиболее увлажненной их части, однако есть примеры биокоррозии середины и верха свай. В присутствии микроорганизмов усиливаются реакции гидролиза древесины [4].

Сумма полученных данных позволит досконально представить превращения или сохранность древесины оснований свайных

фундаментов при сроке эксплуатации ~300–400 лет, что характерно для большинства монастырей, исторических памятников. Значительное уменьшение целлюлозы и соответственно прочности наблюдается у 30% образцов свай. Содержание целлюлозы в образцах, взятых в Преображенской церкви Кижей (лемех, сосна возраста 300 лет), и образцах, взятых из здания в Малом Власьевском переулке (сосна возраста 105 лет), значительно меньше. На основании полученных данных видно, что разрушение древесины свай происходит по следующим причинам: механическое разрушение под действием нагрузок от конструкций для верхней части свай, гидролитическое разрушение древесины во влажностных почвах, причем микроорганизмы являются катализатором этого процесса. Химическая минерализация способствует укреплению свайных фундаментов.

Для увеличения срока службы древесины свай оснований фундаментов можно рекомендовать эффективное антисептирование и гидрофобизацию укрепляющими составами.

#### Список литературы

1. Варфоломеев Ю.А., Невзоров А.Л., Аксенов С.Е. Экспериментальные исследования физико-механических свойств древесины свайных фундаментов // Труды IV международного симпозиума «Строение, свойства и качество древесины». Т. 2. Москва, 2004. С. 194.
2. Покровская Е.Н., Котенева И.В. Изучение древесины памятников деревянного зодчества // Лесной журнал. 2003. № 2. С. 23–26.
3. Фенгел Д., Вегенер Т. Древесина: химия, ультраструктура, реакции. М.–Л.: Пром., 1988. 48 с.
4. Flynn T.H., Wall L.A. Polymer Zelters, 1966. № 4. С. 323.

Таблица 2

№ пробы	Место отбора образцов древесины свай	Содержание, %				
		Fe	Ca	Al	C	H
Западная стена СТСЛ (дуб)						
12	Верх	1,12	3,46	0,72		
13	Середина	1,76	2,12	0,71	48,5	67
14	Верх	0,28	1,68	0,73		
Южная стена СТСЛ (дуб)						
18	Верх	0,82	1,62	1,05	34	4,8
Ростовский кремль, конюшенный двор (сосна)						
19	Образец с глубины 2,5 м	0,045	1,1	0,62	54,5	7,8
Исходная древесина дуба						
20		0,024	0,079	0,25	29	3,7

# Развитие производства силикатного кирпича в России СИЛИКАТэкс-2008



А.В. Монастырев (ООО «Липецкстальпроект»)



В.П. Бондаренко (ООО «Полизиус», Москва) представил современные возможности печей Maerz



Современные прессы компании Masa-Henke Maschinenfabrik GmbH позволяют выйти на новый уровень производства. М.Кларе и А.А. Савельева



Президент компании WEHRHANN К. Бонеманн



М. Вальтер (Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH & Co KG) и технический руководитель отдела сбыта ООО «Айрих» И.С. Кондуров

3 декабря 2008 г. в Москве состоялась II научно-практическая конференция «Развитие производства силикатного кирпича в России СИЛИКАТэкс», организованная редакцией научно-технического и производственного журнала «Строительные материалы»® при содействии РНТО строителей. В ее работе приняло участие более 100 руководителей и специалистов, представляющих заводы по производству силикатного кирпича, машиностроительные компании, поставщиков сырьевых материалов, консалтинговые и торговые организации из 27 регионов России, Украины и Германии.

Первое мероприятие подобного рода, организованное редакцией журнала «Строительные материалы»® в 2007 г., показало, что дальнейшее развитие силикатной промышленности требует притока новой достоверной научно-технической информации. Парк технологического оборудования многих предприятий требует существенной модернизации, а порой и полной замены.

Современное строительство предполагает использования энергоэффективных материалов. И производство таких материалов – крупноформатных пустотелых силикатных блоков, кирпича с поризованным минеральным наполнителем на современных заводах силикатного кирпича возможно, но требует оптимизации технологии. Этим вопросам, а также другим проблемам производства силикатного кирпича были посвящены многие доклады конференции.

Собственное производство извести имеет большинство заводов силикатного кирпича. Задача оптимизации обжига известняка стоит перед многими предприятиями. Современную конструкцию шахтной печи, разработанную ООО «Липецкстальпроект», представил в своей презентации **А.В. Монастырев**. Печь хорошо зарекомендовала себя на Николаевском глиноземном заводе (Украина) и других предприятиях, производящих известь как в России, так и за рубежом.

Тему производства извести и технологического оборудования для этих целей затронули в своих докладах генеральный директор ООО «Спец-Промтех» **А.Ф. Куфтов** и менеджер по проектам ООО «Полизиус» **В.П. Бондаренко**.

Фирма Masa-Henke Maschinenfabrik GmbH хорошо известна специалистам по оборудованию для производства силикатных изделий под маркой Маза-Дорстенер. Участникам конференции были представлены основные виды прессов DOR 400, DOR 600, HDP 800, 800 Jumbo, HDP 1200, 1200 Jumbo. Такое высокотехнологичное оборудование позволяет производить как малоформатные, так и крупноформатные изделия. Широкое внедрение в практику строительства крупноформатных изделий привело к необходимости освоения выпуска фигурных доборных изделий, например с



Представители генерального спонсора конференции – компании Masa-Henke Maschinenfabrik GmbH – Кларе, А.А. Савельева, А.К. Иванов, С.Ю. Мощный



С наглядным подтверждением возможностей прессов ОАО «Завод «Красный Октябрь» знакомятся (справа налево) М.В. Корнев, Д.Н. Ряжев (ООО «Силикатстрой»), В.В. Быстров (ОАО «Ярославский завод силикатного кирпича»)



угловыми стыками, наклонными срезами, пазами и др. Для производства таких изделий разработаны две технологии: классическая резка крупных изделий после автоклавной обработки и формование необходимых элементов сразу после прессования. Такие возможности представил в своем докладе дипломированный инженер **М. Кларе** (Германия).

Технологическое оборудование для производства извести (шахтные печи с контролем обжига компании RCE) представил в докладе президент компании WERNHANN **К. Бонеманн**. Конечно, компания WERNHANN больше известна среди специалистов силикатной промышленности как разработчик высокоэффективного оборудования для производства ячеистого бетона автоклавного твердения.

Одним из важнейших составляющих этапов производства высококачественных изделий из плотной силикатной массы является подготовка сырьевых компонентов и их перемешивание. Этой теме было посвящено выступление инженера по сбыту компании Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH & Co KG **М. Вальтера**, который представил возможности интенсивных Айрих-смесителей, тип 19 и тип 24.

Представители компании LASCO Umformtechnik GmbH **Р. Шелер** и **Г.А. Дерзков** построили свой доклад на демонстрации технологии и оборудования недавно введенного в строй завода по производству силикатного кирпича (ОАО «Каменск-Уральский завод строительных материалов», Свердловская обл.).

Единственным представителем от производителей прессового оборудования в странах СНГ был на конференции АОЗТ «Завод «Красный Октябрь» **Д.А. Лаптев** показал основные достоинства выпускаемых предприятием прессов СМК 294 и СМК 491, а также другие виды измельчительного и смешивающего оборудования для силикатной промышленности.

Технологии производства силикатного кирпича и ячеистого бетона автоклавного твердения имеют несколько общих этапов и схожее сырье. Это позволяет заводам силикатного кирпича расширять номенклатуру производимой продукции, что в любом случае перспективно. Вопросам перевооружения заводов силикатного кирпича на выпуск ячеистого бетона посвятил свой доклад директор ООО «АВИС» **В.И. Синянский**.

В современных кризисных условиях приобретение импортного оборудования для перевооружения предприятия является непростой задачей. Об особенностях таможенного оформления импортного оборудования рассказала **Н.Е. Иванова** (ООО «Национальный таможенный брокер», Москва). В последние годы лизинг оборудования стал одним из популярных способов получения нового оборудования. Возможности лизинга описал в докладе представитель ЗАО «Промлизинг» **А.В. Саркисян**.

Известно, что гидрофобизация силикатного кирпича еще на этапе его производства может существенно улучшить некоторые эксплуатационные характеристики ограждающей конструкции. Ведущий специалист компании «Софэкс-Силикон» **М.В. Шилова** представила основные технологические особенности процесса гидрофобизации изделий и составы для этих целей, предлагаемые компанией.

За время работы научно-практической конференции «Развитие производства силикатного кирпича в России СИЛИКАТэкс» специалисты смогли обсудить многие наболевшие вопросы, обсудить доклады с коллегами, получить консультации отраслевых ученых и производителей оборудования.

В заключение конференции ее участники выразили слова благодарности организаторам и надежду на встречу в 2009 г. в рамках этого же мероприятия, несмотря на непростые кризисные условия.



Р. Шелер (слева) и Г.А. Дерзков представили новый завод, построенный в Свердловской обл. по проекту компании LASCO Umformtechnik GmbH



Возможность диверсификации заводов силикатного кирпича предложил В.И. Синянский



Технологии гидрофобизации силикатного кирпича, представленные М.В. Шиловой, вызвали неподдельный интерес специалистов



Оживленный обмен мнениями во время перерыва



Специалисты отрасли не только внимательно слушали доклады, но и записывали всеми доступными способами



А.В. Терняев (слева) и В.В. Жиликов (справа), компания «СтройМеханика»

Ю.Г. БОРИСЕНКО, канд. техн. наук, А.А. СОЛДАТОВ, С.О. ЯШИН, инженеры, Северо-Кавказский государственный технический университет (Ставрополь)

## Битумно-минеральные композиции, модифицированные высокодисперсными отсевами дробления керамзита

Возросшие в последнее десятилетие интенсивность движения и количество транспортных средств в РФ — один из основных факторов сокращения межремонтных сроков, повышенного износа и преждевременного разрушения дорожных асфальтобетонных покрытий. Поэтому одной из актуальных и приоритетных задач в дорожном строительстве является повышение качества, физико-механических и эксплуатационных показателей дорожных асфальтобетонов.

Недостатком асфальтобетона как дорожно-строительного материала является большая зависимость его прочности и деформативных свойств от температуры. Повысить устойчивость асфальтобетона к температурным воздействиям и его сдвигоустойчивость возможно снижением температурных напряжений, возникающих в материале в процессе эксплуатации, повышением сцепления и внутреннего трения минерального остова. Одно из направлений решения этой задачи — использование в составах битумно-минеральных композиций высокодисперсных отсевов дробления легких пористых минеральных заполнителей, например керамзита.

Существенное влияние на величину растягивающих напряжений, возникающих в асфальтобетонном покрытии при его охлаждении, оказывает макроструктура

асфальтобетона. Величина этих напряжений в асфальтобетоне на пористом заполнителе (керамзитобетон) в 1,6–1,7 раза меньше, чем в асфальтобетонах традиционных видов на плотных заполнителях [1].

Исследования упругих и деформационных свойств асфальтовых вяжущих с различными минеральными порошками выявили, что асфальтовое вяжущее, состоящее из керамзитового минерального порошка и битума марки БН 60/90 при их объемном соотношении 1:1, характеризуется более низкими модулями упругости и более высокими предельными деформациями при низкой температуре, чем асфальтовое вяжущее с известняковым минеральным порошком при том же объемном соотношении компонентов. Повышенная деформативность и меньшая жесткость асфальтовых вяжущих, содержащих низкомолекулярный пористый минеральный порошок, обеспечивают меньшую жесткость, повышенную деформативность, снижение температурных напряжений и повышение трещиностойкости асфальтобетонов [2].

Для повышения эксплуатационных свойств битумной мастики предложено в качестве наполнителя использовать отходы керамзита в виде порошка, которые образуются в процессе его производства [3]. Установлено повышение термостабильности легких битумно-минеральных композиций при применении в их составах керамзитовой пыли [4].

С целью повышения прочности и температуроустойчивости асфальтобетонов были проведены экспериментальные исследования возможности применения высокодисперсных отсевов дробления керамзита в составе наполнителя (минерального порошка) горячих плотных битумно-минеральных композиций. Для исследования были спроектированы составы песчаных асфальтобетонов типа Г (ГОСТ 9128–97), включающие дробленый гранитный щебень фракций 0,16–5 мм, неактивированный известняковый минеральный порошок, отсевы дробления керамзита фракции менее 0,16 мм. Для приготовления битумно-минеральных смесей был использован битум БНД 60/90 (глубина проникания иглы при 25°C — 72; температура размягчения по КиШ — 51°C; растяжимость при 25°C — 100, при 0°C — 3,5 см). Отсевы дробления керамзита получали в результате помола керамзитового гравия марки 600 в лабораторной шаровой мельнице. Свойства неактивированного известнякового минерального порошка и высокодисперсных отсевов дробления керамзита приведены в табл. 1.

В предложенных составах битумно-минеральных композиций (№№ 1–6, табл. 2) варьировали содержание фракций минерального порошка и отсевов дробления керамзита в наполнителе ( $C_{кп}$  об.% с шагом в 20 объемных долей). Определение оптимального содержания битума (С) и стандартных физико-механических свойств битумно-минеральных композиций проводили согласно ГОСТ 12801–98 на образцах-цилиндрах 50×50 мм. Физико-механические свойства предложенных составов с оптимальным содержанием битума представлены в табл. 2.

Таблица 1

Показатели	Известняковый минеральный порошок	Высокодисперсные отсевы дробления керамзита	Требования ГОСТ Р 52129–2003 для МП-1
Зерновой состав, мас % мельче 1,25 0,315 0,071	100 96 75	100 95 78	не менее 100 не менее 90 не менее 80
Пористость, об. %, не более	25,9	29,7	30
Набухание, %, не более	0,4	0,48	1,8
Коэффициент водостойкости	0,97	0,87	–
Показатель битумоемкости, г	48,9	50,6	–
Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup>	2658	2470	–
Средняя плотность в уплотненном состоянии, кг/м <sup>3</sup>	1896	1780	–
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	1098	892	–
Удельная поверхность, см <sup>2</sup> /г	3224	3114	–



Таблица 2

№ состава	Содержание отсевов дробления керамзита $C_{кп}$ , об. %	Содержание битума в смеси $C$ , мас %	Плотность, $\text{кг/м}^3$	Прочность при сжатии, МПа			Коэффициент теплоустойчивости $R_{20}/R_{50}$	Коэффициент температурной чувствительности $K_{т.ч.}$	Водонасыщение $W$ , %
				$R_0$	$R_{20}$	$R_{50}$			
1	0	7,5	2310	11,85	5,6	2,4	2,33	4,94	1,1
2	20	8,5	2300	10,9	6,1	2,9	2,1	3,76	1,56
3	40	9,5	2295	10,1	6,48	3,45	1,88	2,93	2,21
4	60	10,5	2290	9,5	6,7	3,75	1,79	2,53	2,85
5	80	11	2280	9,25	6,81	3,9	1,74	2,37	3,16
6	100	11,5	2260	9	6,85	4,1	1,67	2,2	3,7

В результате проведенных экспериментальных исследований выявлено, что с увеличением содержания отсевов дробления керамзита в наполнителе увеличивается и оптимальное количество битума в смеси. Это связано с высокой пористостью отсевов. Плотность композиций с увеличением содержания отсевов несколько уменьшается и минимальна при полной замене известнякового минерального порошка на отсевы дробления керамзита.

Установлено устойчивое повышение прочности при сжатии при 20°C ( $R_{20}$ ) с увеличением  $C_{кп}$ . При полной замене минерального порошка на отсевы дробления керамзита прочность возрастает на 18%. Наибольший прирост прочности отмечается при  $C_{кп}$ , равном 20%, а при дальнейшем увеличении содержания отсевов дробления керамзита в наполнителе рост прочности несколько снижается.

Наиболее интенсивно с увеличением  $C_{кп}$  повышается теплоустойчивость композиций, оцениваемая по прочности при сжатии при 50°C ( $R_{50}$ ), и по коэффициенту теплоустойчивости (отношению прочности при сжатии асфальтобетона при 20°C к прочности при сжатии при 50°C –  $R_{20}/R_{50}$  [5]). Прочность при сжатии при 50°C максимальна при полной замене минерального порошка на отсевы дробления керамзита. Теплоустойчивость композиции с  $C_{кп} = 100\%$  (№ 6, табл. 2) в сравнении с композицией на известняковом минеральном порошке (№ 1, табл. 2) возросла почти вдвое – на 42%. Увеличение теплоустойчивости композиций с повышением содержания отсевов дробления керамзита в наполнителе свидетельствует и об увеличении сдвигоустойчивости материала. Снижение коэффициента теплоустойчивости с ростом содержания отсевов дробления керамзита в наполнителе также свидетельствует о повышении теплоустойчивости композиций.

Прочность при сжатии при 0°C ( $R_0$ ) устойчиво снижается с увеличением содержания отсевов дробления керамзита в наполнителе, что характеризует повышение трещиностойкости материала. Данный эффект согласуется с ранее проведенными исследованиями легких битумно-минеральных композиций с наполнителем, включившим в свой состав керамзитовую пыль [4].

Температурустойчивость (термостабильность) предложенных битумно-минеральных композиций оценивали по коэффициенту температурной чувствительности ( $K_{т.ч.}$ ) [6]:  $K_{т.ч.} = R_0/R_{50}$ .

С увеличением содержания отсевов дробления керамзита в наполнителе термостабильность композиций улучшается (о чем свидетельствует снижение  $K_{т.ч.}$ ). Минимальному значению  $K_{т.ч.} = 2,2$  соответствует максимальное содержание пористых отсевов дробления ( $C_{кп} = 100\%$ ). При полной замене известнякового минерального порошка на отсевы дробления керамзита термостабильность возрастает более чем в 2 раза.

Водонасыщение образцов битумно-минеральных композиций с увеличением  $C_{кп}$  несколько снижается, но удовлетворяет требованиям ГОСТ 9128–97.

Таким образом, введение высокодисперсных отсевов дробления керамзита в состав наполнителя значительно повышает прочностные свойства битумно-минеральных композиций, улучшает их эксплуатационные показатели, снижает температурные напряжения. Это объясняется тем, что введение низко модульного пористого наполнителя в композицию обуславливает модификацию битумного вяжущего. В результате избирательной диффузии легких и малоактивных компонентов (масел и ароматических углеводородов) в микропоры наполнителя вяжущее обогащается наиболее активными и реакционноспособными компонентами (смолами, асфальтенами и асфальтогеновыми кислотами), что позволяет сформировать более прочную и жесткую структуру материала. Применение отсевов дробления также повышает прочность и сдвигоустойчивость композиции ввиду очень развитой кубовидной и острогранной поверхности минерального материала и его механоактивации в процессе дробления. Кроме того, пористый наполнитель в некоторой степени снижает теплопроводность, коэффициент линейного расширения композиции, что способствует снижению температурных напряжений в получаемом материале, улучшая тем самым его трещиностойкость.

**Список литературы**

1. Пономарев С.Г. Управление низкотемпературными свойствами дорожного асфальтобетона путем регулирования его упругорелаксационной податливости // Управление структурообразованием, структурой и свойствами дорожных бетонов: Тез. докл. Всесоюз. конф. Харьков: ХАДИ, 1983. С. 24.
2. Печеный Б.Г. Битумы и битумные композиции. М.: Химия, 1990. 256 с.
3. Грушо-Новицкая А.О., Ярцев В.П. Влияние дисперсности и количества отходов керамзита на эксплуатационные характеристики битума БН 60/90 // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. Спецвыпуск: Материалы Международного конгресса «Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии». Белгород / БГТУ им. В.Г. Шухова. 2003. № 5. ч. I. С. 28–31.
4. Борисенко Ю.Г., Борисенко О.А. Использование керамзитовой пыли в составе легких асфальтобетонов // Строит. материалы. 2007. № 9. С. 48–49.
5. Гезенцев Л.Б., Горельшев Н.В., Богуславский А.М., Королев И.В. Дорожный асфальтобетон. М.: Транспорт, 1985. 350 с.
6. Калгин Ю.И. Дорожные битумо-минеральные материалы на основе модифицированных битумов. Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 2006. 272 с.



А.В. КОРОЧКИН, канд. техн. наук, главный инженер филиала «Автодорпроект»  
 ГУП МО «Московский областной дорожный центр»

## Влияние дорожно-климатических зон на прочность жесткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием

Территории страны с однородными с позиций требований к сооружаемым автомобильным дорогам климатическими условиями характеризуются сочетанием водно-теплового режима, глубины залегания подземных вод и промерзания грунтов, количеством атмосферных осадков, свойственных только данной местности. Согласно СНиП 2.05.02–85 в России принято 5 дорожно-климатических зон, отличающихся условиями эксплуатации автомобильных дорог и дорожных сооружений. Важным аспектом проектирования и расчета дорожных одежд является учет влияния той или иной дорожно-климатической зоны на функционирование конструкции дорожного покрытия.

Особенно важно правильно учесть влияние природных факторов на дорожную одежду, состоящую из материалов, содержащих одновременно органические и неорганические вяжущие. К таким конструкциям относится жесткое асфальтобетонное покрытие – комбинированная дорожная одежда. Данная конструкция применяется на магистральных дорогах. Она обладает высокой прочностью и транспортно-эксплуатационными показателями. Целью работы является изучение влияния особенностей эксплуатации комбинированной дорожной одежды в трех дорожно-климатических зонах (II, III и IV) с определением состояния и параметров основных ее слоев.

На автомобильной дороге М-2 «Крым» в 2006–2007 гг. было проведено комплексное изучение дорожного покрытия на участке от Москвы до границы с Украиной протяжением 654 км и включающего три дорожно-климатические зоны. В рамках проведения обследования производили диагностику с последующим выполнением всего комплекса инженерно-геологических работ. Рассматриваемый участок автодороги имеет от 2-х до 8 полос движения.

Комплекс инженерно-геологических работ производился буровыми установками и комплектом специализированных станков в соответствии с СП 11-105–97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства». В процессе работ пробурено 216 скважин, общий метраж которых составил 432 п. м. Для выяснения работы и состояния конструкции были произведены полевые, лабораторные и камеральные работы. В процессе буровых работ отбирали образцы нарушенной и ненарушенной структуры, монолиты. Были определены физико-механические свойства всех дорожно-строительных материалов, составляющих конструкцию.

При строительстве на исследуемом участке дороги было выполнено жесткое дорожное покрытие из цементобетона. Во время многолетней эксплуатации автодороги при проведении ремонтных работ дорожное покрытие перекрывалось слоями асфальтобетона.

Следует отметить, что на рассматриваемой автомобильной дороге также имеются небольшие участки, не перекрытые асфальтобетоном. Характерные особенности конструкции этих участков рассматривали отдельно.

Средняя толщина цементобетона по всему участку составила  $h_{cp}=23,59$  см. Коэффициент вариации толщины цементно-бетонной плиты составил  $K_{вар}=10,1\%$ . Отклонение толщины на первом участке (II ДКЗ) от средней величины составляет 0,7, на втором (III ДКЗ) – 3,1, на третьем (IV ДКЗ) – 6,1%. Таким образом, величину толщины цементобетона можно считать постоянной на всем протяжении автомобильной дороги и не зависящей от ДКЗ.

На рис. 1 приведены результаты исследования изменения толщины цементно-бетонной плиты и асфальтобетонных слоев в процессе эксплуатации дороги в зависимости от различных дорожно-климатических зон.

Средняя толщина асфальтобетонных слоев по всему участку составила  $h_{cp}=15,66$  см, коэффициент вариации толщины асфальтобетона  $K_{вар}=53,4\%$ . Отклонение толщины на первом участке (II ДКЗ) от средней величины составляет 57,2% в сторону ее увеличения, на втором участке (III ДКЗ) – 26,3% и на третьем участке (IV ДКЗ) – 24,4% в сторону уменьшения. Таким образом, величина асфальтобетонных слоев существенно различается по протяжению дороги. Это связано как с отличием в финансировании эксплуатирующих организаций, которые обслуживают тот или

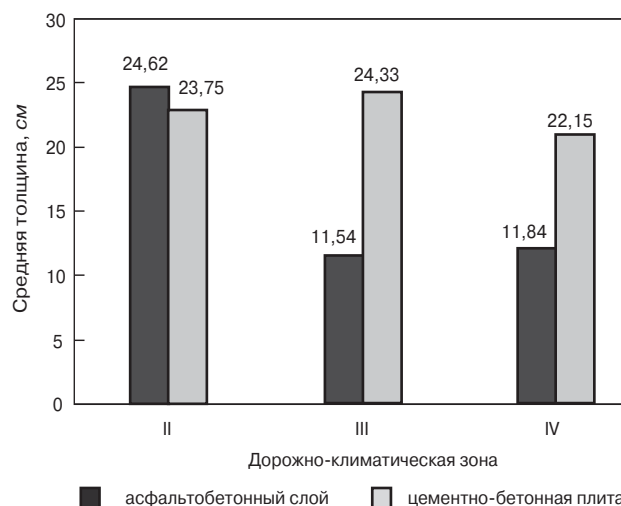


Рис. 1. График изменения толщины цементно-бетонной плиты и асфальтобетонных слоев в процессе эксплуатации в зависимости от дорожно-климатической зоны

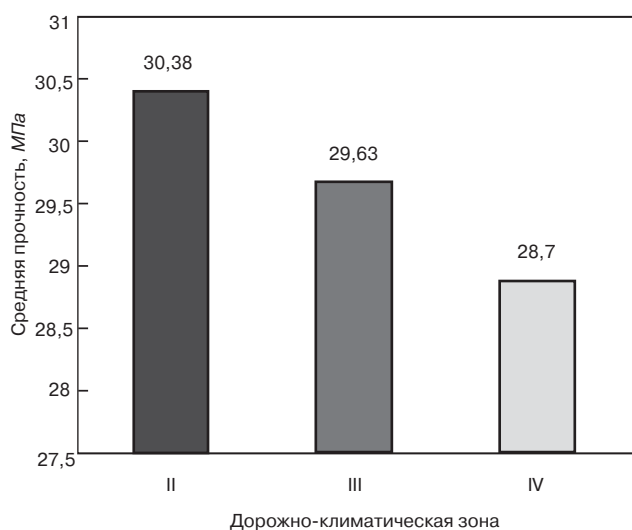


Рис. 2. График изменения прочности цементобетона в зависимости от дорожно-климатической зоны

иной участок, так и с климатическими условиями. На рис. 1 видно, что толщина асфальтобетонных слоев во II ДКЗ в два раза выше, чем на остальном протяжении. Данное обстоятельство связано с большими и частыми перепадами положительных и отрицательных температур во II ДКЗ и, как следствие, с повышенным образованием трещин. Для ликвидации дефектов покрытия, в частности трещин, поверх существующих слоев производили укладку нового асфальтобетонного покрытия. Необходимо учесть, что толщина асфальтобетонных слоев на существующем большем протяжении трассы (III и IV ДКЗ) составляет в среднем 11–12 см и обеспечивает достаточно высокие транспортно-эксплуатационные качества автомобильной дороги. При этом данные слои находятся в удовлетворительном состоянии. Таким образом, целесообразно сделать вывод о соответствии условиям эксплуатации указанной толщины нежестких слоев, качество которых возможно улучшить путем определенных изменений технологии устройства.

В результате проведения лабораторных испытаний согласно ГОСТ 28570–90 «Бетоны, методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкций» была определена прочность цементобетона, составляющего конструкцию дорожной одежды. На рис. 2 показано распределение прочности цементобетона по участкам автодороги, относящимся к разным дорожно-климатическим зонам.

Средняя прочность цементно-бетонной плиты по всему участку дороги составила  $E_{cp}=29,35$  МПа, коэффициент вариации прочности  $K_{вар}=10,4\%$ . Отклонение толщины на первом участке (II ДКЗ) от средней величины составляет 3,5, на втором (III ДКЗ) – 0,9 и на третьем (IV ДКЗ) – 2,2%. Данные значения находятся в пределах погрешности измерений. Таким образом, величина прочности практически не различается на всем протяжении дороги, а прочность цементобетона не зависит от ДКЗ.

Согласно приложению 1, табл. 6 ГОСТ 26633–91 Бетоны, цементобетон, расположенный в конструкции дорожной одежды на автомобильной дороге М-2 «Крым», относится к классу В22,5 (средняя прочность бетона согласно нормативному документу  $R=294,7$  кгс/см<sup>2</sup>). Данному классу соответствует ближайшая по прочности марка бетона М300. Следовательно, указанные класс и марку бетона следует считать наиболее подходящими для строительства дорожных одежд [1].

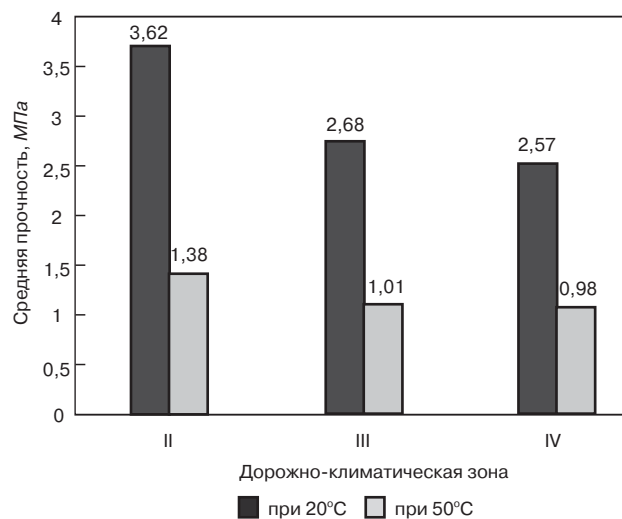


Рис. 3. График изменения прочности асфальтобетона в зависимости от дорожно-климатической зоны

Также в результате проведения лабораторных испытаний была получена прочность асфальтобетонных слоев, составляющих покрытие дорожной одежды. На рис. 3 показано распределение прочности асфальтобетона при 20 и 50°C по участкам автодороги, относящимся к разным дорожно-климатическим зонам.

Средняя прочность асфальтобетонных слоев при 20°C по всему участку составила  $E_{cp}=3,13$  МПа. Коэффициент вариации прочности асфальтобетона при 20°C составил  $K_{вар}=25,3\%$ . Отклонение прочности на первом участке от средней величины составляет 15,7% в сторону ее увеличения, на втором и третьем участках – 14,4 и 17,9% соответственно в сторону уменьшения.

Средняя прочность асфальтобетонных слоев при 50°C по всему участку дороги составила  $E_{cp}=1,17$  МПа, коэффициент вариации прочности асфальтобетона при 50°C составил  $K_{вар}=24,9\%$ . Отклонение прочности на первом участке от средней величины составляет 17,9% в сторону ее увеличения, а на втором участке – 13,7 и на третьем участке – 16,2% в сторону уменьшения.

Таким образом, прочность асфальтобетонных слоев существенно различается по дорожно-климатическим зонам. Анализ изменений прочности асфальтобетона наглядно показывает, что от II к IV дорожно-климатической зоне его прочность уменьшается [2].

Результаты исследования подтверждают, что возможный срок службы цементобетона может составить порядка 45 лет. При этом комбинированная конструкция (цементно-бетонное основание и асфальтобетонное покрытие) существенно повышает долговечность и транспортно-эксплуатационные показатели дорожной одежды. Однако при расчете, проектировании и строительстве комбинированной дорожной одежды необходимо учесть изменения свойств асфальтобетонного покрытия в зависимости от климатических условий (ДКЗ).

#### Список литературы:

1. Попов В.А. Оценка остаточной долговечности аэродромных покрытий // Транспортное строительство. 2008. № 5. С. 11–12.
2. Котлярский Э.В., Ваулин Э.М. Работоспособность асфальтобетона при тепловом старении и попеременном замораживании и оттаивании // Транспортное строительство. 2008. № 9. С. 13–17.

Б.М. ШОЙХЕТ, канд. техн. наук, зам. директора по техническому развитию компании «Сен-Гобен Строительная Продукция» (Москва)

## Структура и проницаемость волокнистых теплоизоляционных материалов

Волокнистые теплоизоляционные материалы на основе стекловолна и каменной ваты\* широко применяются в строительстве, промышленности и ЖКХ. На российском рынке представлены теплоизоляционные материалы из стекловолна и каменной ваты, производимые как на современном технологическом оборудовании по новейшим технологиям, так и на устаревшем оборудовании, что в значительной степени определяет их физико-технические и эксплуатационные характеристики.

Компания «Сен-Гобен Строительная Продукция» является производителем высококачественных волокнистых теплоизоляционных материалов как из стекловолна, так и из каменной ваты.

Технологический процесс производства теплоизоляционных изделий из стекловолна ТЕЛ запатентован концерном «Сен-Гобен» в 1957 г. Технология включает плавление шихты в ванной печи, получение волокон из расплава, формирование стекловатного ковра и резку его на изделия в виде плит и матов. Стекловолоконное волокно диаметром 3–5 мкм получают центробежно-фильтродутьевым (ЦФД) способом из силикатного расплава, основными компонентами которого являются кремнезем, сода и известняк. Волокна имеют длину 50–150 мм и характеризуются высокой прочностью и упругостью.

Высокое качество волокна достигается за счет оптимального химического состава, высокой степени однородности шихты и эффективной конструкции узла волоконобразования. В качестве связующего при производстве изделий применяются композиции на основе синтетических смол, включающие модифицирующие, гидрофобизирующие, обеспыливающие и др. добавки.

Теплофизические и физико-механические свойства теплоизоляционных материалов на основе стекловолна и каменной ваты зависят от сложного комплекса факторов, включающих: вид исходного сырья, технологию получения волокна, диаметр и длину волокон, их химический и фазовый состав, структуру материала, качество связующего.

Учитывая наличие на мировом и отечественном строительном рынке широкого спектра волокнистых теплоизоляционных материалов различных производителей, отличающихся технологией производства, качеством волокна и соответственно физико-техническими и эксплуатационными свойствами, получение объективных данных о сравнительной воздухопроницаемости различных видов волокнистых теплоизоляционных материалов представляется весьма актуальным.

Фильтрационный перенос газа или жидкости в пористой среде при ламинарном режиме движения описывается уравнением Дарси:

$$Q = \frac{\Delta P}{e} \times \frac{S}{\mu} \times K, \quad (1)$$

где  $Q$  – объемный расход (поток) газа, м<sup>3</sup>/с;  
 $\Delta P$  – перепад давления, Па;  
 $S$  – площадь сечения образца, через которую проходит поток газа, м<sup>2</sup>;  
 $e$  – толщина образца, м;  
 $\mu$  – динамическая вязкость газа, Па·с;  
 $K$  – проницаемость, м<sup>2</sup>.

В соответствии с законом Дарси объемный расход газа через материал пропорционален перепаду давлений  $\Delta P$  и проницаемости среды  $K$ .

Проницаемость среды  $K$  зависит от структуры материала (волокнистый, ячеистый, зернистый), его пористости, объема, структуры и геометрических характеристик пор. Для учета свойств среды при оценке проницаемости используется гипотеза Козени-Кармана, в соответствии с которой для подчиняющегося закону Дарси потока газа проницаемость пористой среды характеризуется соотношением:

$$K = \frac{1}{k} \times \frac{\varepsilon^3}{(1-\varepsilon)^2} \times \frac{1}{S_v^2}, \quad (2)$$

где  $\varepsilon$  – пористость среды =  $1 - m/(\rho \times S \times e)$ ;  
 $k$  – структурный фактор;  
 $S_v$  – удельная поверхность, м<sup>-1</sup>;  
 $m$  – масса образца, кг;  
 $\rho$  – плотность материала волокна, кг/м<sup>3</sup>.

Если рассматриваются материалы одинаковой пористости (плотности) с аналогичным расположением волокон (структурный фактор постоянный), то проницаемость и количество проходящего через единицу поверхности образца газа обратно пропорциональны квадрату удельной поверхности волокон –  $S_v$ , то есть:

$$Q \sim K \sim 1/S_v^2.$$

Экспериментальные исследования воздухопроницаемости различных видов отечественных теплоизоляционных материалов проводились институтом «Теплопроект» по разработанной институтом методике более 20 лет назад [1].

Экспериментальные исследования воздухопроницаемости широкого перечня волокнистых теплоизоляционных материалов на основе стекловолна и каменной ваты проведены в последние годы в институте КРИП (Франция) [2]. Результаты исследований подтвердили значительное влияние структуры и плотности на проницаемость этих материалов.

Воздухопроницаемость волокнистых теплоизоляционных материалов определялась на экспериментальной установке технического центра КРИП в соответствии со стандартом EN 29053 (ISO 9053) «Акустика. Материалы для акустического применения. Определение сопротивления воздухопроницанию». Проницаемость исследованных материалов  $K$  определялась из соотношения:

\* В статье используется термин «каменная вата», введенный новым ГОСТ Р ЕН (ИСО) 9229 «Материалы теплоизоляционные. Термины и определения», взамен принятого ранее термина «минеральная вата».



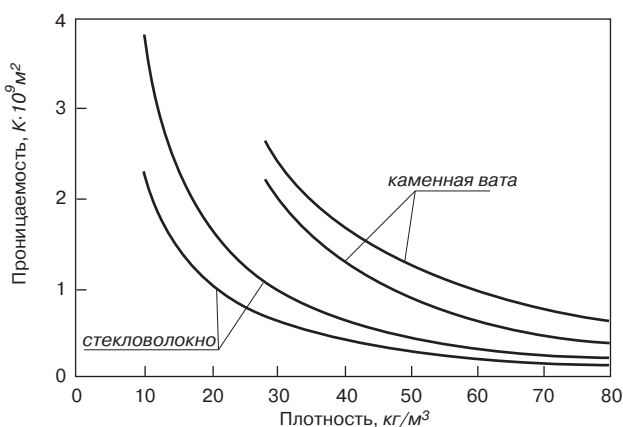


Рис. 1. Зависимость проницаемости  $K$  теплоизоляционных материалов из стекловолокна и каменной ваты от плотности

$$K = \eta / \gamma,$$

где  $\eta$  — динамическая вязкость воздуха, Па·с;  
 $\gamma$  — удельное сопротивление воздухопроницанию, Па·с/м<sup>2</sup>, определяемое по стандарту EN 29053.

На рис. 1 приведены результаты экспериментального исследования зависимости воздухопроницаемости от плотности для теплоизоляционных материалов из стекловолокна и каменной ваты, полученные в техническом центре КРИП.

В результате проведенных исследований получены обобщающие зависимости воздухопроницаемости от плотности для каждого вида материала (стекловолокно и каменная вата). Все измеренные значения воздухопроницаемости укладываются в диапазон между кривыми минимальной (нижний предел) и максимальной (верхний предел) воздухопроницаемости. Все исследованные в техническом центре КРИП виды теплоизоляционных материалов расположены между этими двумя линиями.

Значения проницаемости всех исследованных материалов находятся в диапазоне  $(0,2 - 4 \times 10^{-9} \text{ м}^2)$ .

Проницаемость волокнистых теплоизоляционных материалов зависит от плотности и структурных характеристик конкретного материала, поэтому результаты измерений характеризуются определенным разбросом. Так, для изделий из стекловолокна плотностью 30 кг/м<sup>3</sup> измеренные значения находятся в диапазоне  $(0,6 - 1) \times 10^{-9} \text{ м}^2$ , а для изделий из каменной ваты плотностью 40 кг/м<sup>3</sup> — в диапазоне  $(1,25 - 1,7) \times 10^{-9} \text{ м}^2$ .

При увеличении плотности материалов разброс значений проницаемости существенно снижается и при плотности материалов 75 кг/м<sup>3</sup> для изделий из стекловолокна находится в диапазоне 0,2–0,25 м<sup>2</sup>, а для изделий из каменной ваты в диапазоне 0,4–0,7 м<sup>2</sup>.

Такие достаточно широкие диапазоны изменения проницаемости волокнистых теплоизоляционных материалов объясняются тем фактом, что для каждого вида продукции (стекловолокно или каменная вата) на

рынке присутствуют материалы различного уровня качества.

Определяющими факторами при сравнении проницаемости теплоизоляционных изделий одинаковой плотности из стекловолокна является средний диаметр волокна, удельная поверхность и взаимное расположение волокон в структуре материала.

Влияние диаметра волокна в наибольшей степени проявляется в теплоизоляционных изделиях низкой плотности. Фотографии микроструктуры теплоизоляционных материалов на основе стекловолокна различного диаметра, сделанные при одинаковом увеличении на электронном микроскопе, приведены на рис. 2. В первом случае (рис. 2, а) диаметр волокна ориентировочно составляет 3–4 мкм, во втором (рис. 2, б) 10–12 мкм. На приведенных снимках видно, что при одинаковой пористости (плотности), микроструктура материалов и соответственно их технические характеристики существенно отличаются.

Материал с меньшим диаметром волокна характеризуется более высокой удельной поверхностью. В этом случае при прохождении потока воздуха через материал возрастают силы трения воздуха по поверхности волокон, что приводит к снижению его проницаемости.

В современной практике производства теплоизоляционных изделий из стекловолокна качеством волокна характеризуется обобщенным условным показателем  $I$ , называемым индексом качества волокна, который определяется на специальном приборе «Микронейр».

Индекс качества волокна характеризует проницаемость материала — чем выше индекс, тем выше проницаемость, и, косвенно, коэффициент его теплопроводности. Исследования, проведенные в институте КРИП, показывают, что при одинаковой плотности теплоизоляционные материалы с меньшим индексом волокна характеризуются более низкими значениями коэффициента теплопроводности. В последние годы для легких теплоизоляционных материалов ИЗОБЕР индекс волокна снижен с 2,9 до 2,7.

Анализ данных, приведенных на рис. 1, показывает, что проницаемость  $K$  теплоизоляционных изделий из стекловолокна плотностью, например, 40 кг/м<sup>3</sup> имеет значения в диапазоне  $(0,4 - 0,65) \times 10^{-9} \text{ м}^2$ . Для теплоизоляционных изделий из каменной ваты эти значения проницаемости достигаются при плотности материала 76–80 кг/м<sup>3</sup>. Аналогичная закономерность наблюдается и при других значениях проницаемости.

Таким образом, при одинаковых значениях плотности теплоизоляционные изделия из стекловолокна имеют по крайней мере в два раза меньшую проницаемость, чем теплоизоляционные изделия из каменной ваты. Соответственно чтобы обеспечить одинаковую воздухопроницаемость, теплоизоляционное изделие из каменной ваты должно иметь по меньшей мере в два раза более высокую плотность, чем из стекловолокна.

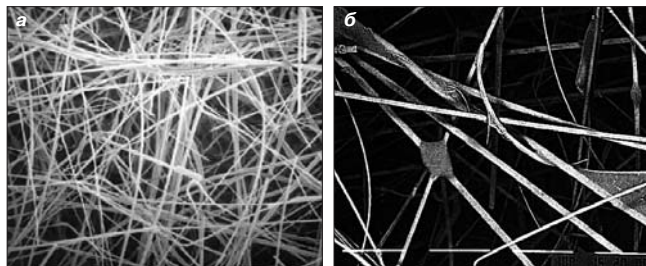


Рис. 2. Примеры структуры теплоизоляционных материалов на основе стекловолокна, имеющих одинаковую плотность 30 кг/м<sup>3</sup>, но отличающихся диаметром волокна: а —  $d = 3-4$  мкм; б —  $d = 10-12$  мкм

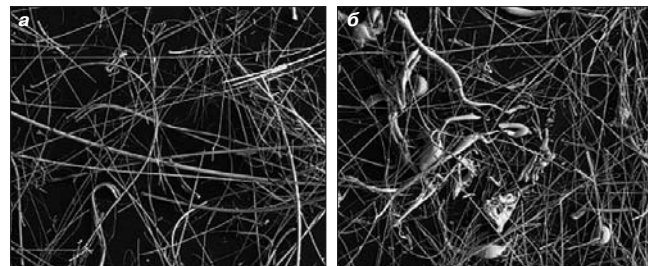


Рис. 3. Микроструктура теплоизоляционных материалов из стекловолокна (а) и каменной ваты (б) со средним диаметром волокна 4–7 мкм

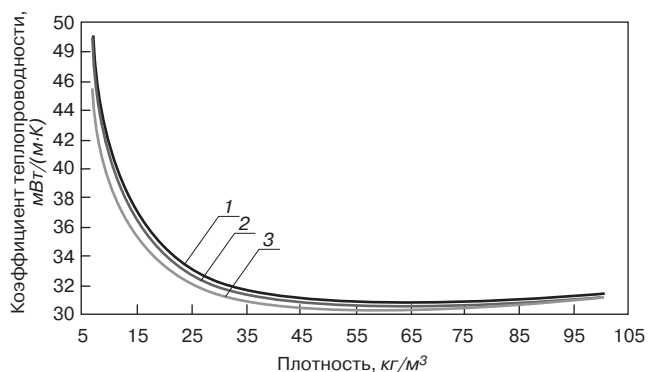


Рис. 4. Зависимость коэффициента теплопроводности теплоизоляционных материалов из стекловолокна плотностью 10–100 кг/м³ от индекса качества волокна: 1 – 1 = 3,8; 2 – 1 = 3; 3 – 1 = 2,7

Значительное различие в воздухопроницаемости двух типов материалов из стекловолокна и каменной ваты объясняется различной технологией их изготовления и выявляется при анализе микроскопической структуры этих материалов.

Анализ микроструктуры материалов, приведенных на рис. 3, показывает, что при одинаковой плотности (равном количестве твердой фазы в единице объема) изделия из каменной ваты помимо волокон содержат и неволоконистые включения – «корольки», доля которых может достигать 15–20% по массе. «Корольки» являются сравнительно крупными частицами (в диаметре до 100 мкм и более), наличие которых снижает количество волокон в единице объема и соответственно их удельную поверхность, контактирующую с воздухом [1, 2].

Коэффициент теплопроводности волокнистых теплоизоляционных материалов, так же как и проницаемость, зависит от структурных параметров – пористости материала, диаметра, удельной поверхности и расположения (ориентации) волокон. В условиях эксплуатации коэффициент теплопроводности материала зависит от температуры, влажности и конструктивных факторов.

Снижение диаметра волокна в теплоизоляционных изделиях и повышение степени однородности волокон по диаметру при прочих равных условиях приводит к снижению их коэффициента теплопроводности и соответственно к повышению энергоэффективности конструкций с их применением.

В структуре теплоизоляционного материала волокна являются сквозными или несквозными теплопроводными включениями. Увеличение количества теплопроводных включений при сохранении суммарной площади их сечения (при той же плотности материала) уменьшает проходящий через них тепловой поток. Уменьшение диаметра и увеличение количества волокон в единице объема снижают газопроницаемость материала и уменьшают интенсивность свободной конвекции за счет увеличения удельной поверхности волокон и увеличения сопротивления трения на границе газовой фазы с поверхностью волокон. Радиационная составляющая теплового потока снижается за счет увеличения количества отражающих экранов в единице объема изделий. Указанные факторы суммируются и выражаются в снижении суммарного показателя – коэффициента теплопроводности изделий одинаковой плотности при снижении диаметра волокна.

На рис. 4 приведена зависимость коэффициента теплопроводности от индекса волокна и плотности материала, полученная в результате исследований, проведенных в институте КРИР. Результаты проведенных исследований подтверждают изложенные выше соображения относительно влияния диаметра волокна при произ-

стве волокнистых ТИМ на их теплотехническую эффективность и эксплуатационную надежность.

Компания «Сен-Гобен Строительная Продукция» проводит научные исследования по совершенствованию технологии производства и повышению качества теплоизоляционных изделий из стекловолокна и каменной ваты. Производимые в разные годы на усовершенствованном оборудовании виды продукции из стекловолокна, а именно волокна марок ТЕЛ, «Амбрелла», «Арланда», «Арланда+», «Термистар», отличаются в первую очередь средним диаметром и индексом волокна. Средний диаметр волокна ТЕЛ на первоначальном этапе производства составлял 15–20 мкм; после усовершенствования технологии в 60-х гг. выпускалось волокно «Амбрелла» диаметром 7–8 мкм; с 1980 г. – волокно «Арланда» диаметром 4–5 мкм; с 2000 г. – волокно «Арланда+» и «Термистар» диаметром 2,5–3 мкм.

Теплоизоляционные плиты и маты ИЗОВЕР, выпускаемые заводом компании «Сен-Гобен Строительная Продукция Рус» в г. Егорьевске (Московская обл.), изготавливаются из стекловолокна марки «Арланда+» и «Термистар», что обеспечивает высокие теплофизические и эксплуатационные свойства этой продукции.

*Анализ результатов исследований, проведенных институтом КРИР (Франция), позволяет сделать следующие выводы.*

Качественные показатели волокнистых теплоизоляционных материалов из стекловолокна и каменной ваты, выпускаемых различными производителями, изменяются в широком диапазоне. Теплопроводность и проницаемость волокнистых теплоизоляционных материалов при прочих равных условиях зависят от качества волокна, а именно, от среднего диаметра волокна и наличия неволоконистых включений.

Сравнительные показатели теплопроводности и проницаемости материалов из стекловолокна равной плотности определяются преимущественно средним диаметром волокна, ориентацией волокон и однородностью волокон по диаметру. Материалы с меньшим диаметром волокна характеризуются более низкими значениями теплопроводности и проницаемости и соответственно более высокой теплотехнической эффективностью.

Для теплоизоляционных материалов из каменной ваты дополнительным фактором, снижающим качество продукции, является наличие неволоконистых включений – «корольков».

Для материалов из каменной ваты при равной плотности и одинаковом среднем диаметре волокна увеличение содержания «корольков» приводит к повышению теплопроводности и проницаемости и соответственно к снижению теплотехнической эффективности материала.

При равной плотности проницаемость изделий из каменной ваты в среднем в два раза превышает проницаемость изделий из стекловолокна, и соответственно одинаковые значения воздухопроницаемости могут быть получены при использовании материалов из стекловолокна в два раза меньшей плотности, чем из каменной ваты.

#### Список литературы

1. Петров-Денисов В.Г., Масленников Л.А. Процессы тепло- и массообмена в промышленной изоляции. Энергоатомиздат. М. 1983.
2. Arquís E., Cicasu C. Convection phenomenon in mineral wool installed on vertical walls: Сб. докладов Международной научно-практической конференции «Эффективные тепло- и звукоизоляционные материалы в современном строительстве и ЖКХ». Изд-во МГСУ. М, 2006.

И.Б. ЧЕЛПАНОВ, д-р техн. наук, СПбГТУ;  
С.И. ВОЗНЫЙ, генеральный директор, ЗАО «ТЕХНОПЛАСТ»;  
А.В. КОЧЕТКОВ, д-р техн. наук,  
А.В. ЧВАНОВ, инженер, ФГУП «РОСДОРНИИ» (Москва)

## Объекты и стандарты испытаний материалов в технике и дорожном хозяйстве

Федеральный закон Российской Федерации от 8 ноября 2007 г. № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах, дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» в ст. 3 (п. 10, 11) разделяет понятия конструктивных и иных характеристик надежности и безопасности автомобильных дорог. При этом в ст. 62 указывается, что до вступления в силу в установленном порядке предусмотренных настоящим федеральным законом технических регламентов... оценки соответствия транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог... осуществляются в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации, нормативными техническими документами в части, не противоречащей Федеральному закону от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» и настоящему федеральному закону.

В ст. 17 ФЗ № 257 указывается, что содержание автомобильных дорог осуществляется в соответствии с требованиями **технических регламентов** в целях поддержания бесперебойного движения транспортных средств по автомобильным дорогам и безопасных условий такого движения, а также в целях обеспечения сохранности автомобильных дорог. Для определения соответствия транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог требованиям технических регламентов их владельцами в порядке, установленном Правительством РФ, проводится оценка их технического состояния. Ремонт автомобильных дорог осуществляется в случае несоответствия их транспортно-эксплуатационных характеристик требованиям технических регламентов.

Технические регламенты, принимаемые в соответствии с Законом «О техническом регулировании», должны быть разработаны и применяться с учетом **оценки степени риска и степени причиняемого ущерба**.

Это требует выбора независимых параметров опасности и создания методов нормирования степеней риска для них (а не интегральных параметров надежности, как это было в прошлом веке). Во многих отраслях экономики РФ идет широкая дискуссия о выборе таких параметров, а также степени причиняемого ущерба для различных технических объектов. Фактически новые законы должны изменить менталитет и правила принятия решений для российских дорожников в вопросах **безопасности автомобильных дорог** и дорожного движения.

В статье предлагается обсуждение одного из важных вопросов дорожного хозяйства — использование принципов технического регулирования при выборе эксплуатационных показателей, их нормирования и методов испытания строительных и дорожных материалов с учетом наиболее близких аналогов в науке и технике.

В материалистической философии утверждается, что критерием истинности любых положений или теорий является практика. Верификация осуществляется по результатам испытаний. Особенно это относится к

естественным наукам, технике и строительству. Подразумевается, что теория предшествует практике. Эти представления могли бы быть без всяких изменений перенесены на проблематику взаимоотношений теории и испытаний не только в фундаментальных науках, но и в технике. Однако в действительности дело обстоит сложнее. Представляется, что в науке и технике подходы могут существенно различаться. Рассмотрим основные ситуации.

— На определенных исходных положениях построена теория (выдвинута гипотеза, построена математическая модель), эксперимент должен или подтвердить ее правильность, или опровергнуть. Может быть так, что экспериментальной проверке подлежит только качественный факт как таковой, например существует в принципе определенный физический эффект или не существует. В фундаментальной науке на протяжении веков происходил выход на подобные перекрестки (гипотеза о существовании эфира, электромагнитные волны, теория относительности и т. д.). В прикладной физике выдвигались гипотезы о существовании того или иного эффекта, при этом трудности экспериментов нередко заключались в том, чтобы выделить слабый эффект из числа других, часто более мощных, наблюдаемых. Иногда выдвигается несколько теорий, и нужно основательно выбрать правильную (а может, и отвергнуть все). В тех случаях, когда однозначного ответа эксперимент не дает, но накапливается большой объем экспериментальных материалов, при статистической обработке данных по специальным алгоритмам используется математический аппарат статистической проверки гипотез и тогда им приписываются определенные вероятности правильности.

В технике и в строительстве, как правило, ситуация другая: при испытаниях эффекты могут быть разнообразными, некоторые из них при определенных условиях оказываются важными, другие никогда практически не проявляются и не используются на практике, хотя их существование не подвергается сомнению. При этом задачи приобретают другой смысл: выявляются наиболее значимые эффекты, анализируются их свойства, выясняется, в каких режимах сохраняется их явная преимущественная проявимость.

— Теории физического эффекта не существует, эффект открыт экспериментально, может быть случайно, и этот эффект первоначально исследовался исключительно эмпирически. Так обстояло дело со статическим электричеством, магнетизмом, законом электромагнитной индукции, радиоактивностью. Теории, описывающие эти явления, возникали значительно позднее. После открытия проводили исследовательские испытания, которые часто для практического применения были достаточными при отсутствии теории.

— Объекты, или физические эффекты, или процессы определенного вида, а также зависимости различных



физических величин друг от друга достоверно существуют, нужно построить их количественные математические модели и/или определить значения параметров для этих моделей. Очень редко фундаментальные науки способны давать значения параметров. Обоснованный выбор видов математических моделей и вытекающих из их особенностей требований к испытаниям в технике требует высокой квалификации исследователей.

В фундаментальных естественных науках задачи на определение численных значений параметров являются наиболее распространенными. В особых случаях эти задачи сводятся к определению некоторых констант, которые в соответствии с современными научными представлениями по определению строго постоянны.

Иногда результаты определения фундаментальных физических констант с очень высокой, казалось бы заведомо излишней, точностью со временем оказываются широко востребованными.

В технике и строительстве, как правило, параметры, которые условно считаются постоянными, в действительности не являются строгими константами, и для их определения по результатам испытаний вполне достаточно ограниченной точности, поскольку существует естественная нестабильность, о степени которой нужно иметь представление, но можно подробно не анализировать причины этой нестабильности. При определении геометрических размеров деталей машин часто вполне достаточна точность  $10^{-3}\%$ , поскольку такой порядок имеет изменение линейного размера материала при нагревании на  $1^{\circ}\text{C}$ . Для деталей или элементов, работающих в заведомо более широких диапазонах возможных изменений температуры, требования к точности снижаются на порядок или даже на два.

Обобщенный опыт обоснования требований к точности выражается в установленной стандартами системе допусков на линейные размеры при изготовлении.

— Определяемые параметры изменяются в достаточно широких пределах, на них влияет большое число факторов, в том числе трудно контролируемых. Таковы коэффициенты трения в частности коэффициент сцепления в дорожном хозяйстве. Несмотря на то что физическая теория трения глубоко проработана несколькими поколениями ученых, а объем экспериментальных исследований необозрим, используемые при расчетах значения коэффициентов трения скольжения в течение многих десятилетий опираются на результаты достаточно грубых технических испытаний, а не точных физических экспериментов. Естественная неопределенность связана с влиянием большого числа факторов, таких как разброс по высоте и плотность активных выступов шероховатости поверхности, наличие и свойства смазки, удельное давление, температура, вибрация и многое другое.

— Довольно многочисленны ситуации, когда теория практически не дает возможности реалистично оценить параметры объектов и процессов.

Невозможность опираться только на теорию, на результаты расчетов сильнее всего проявляется, когда значителен человеческий фактор. Особенно это относится к автоматизированным процессам производства и измерений. Некоторые показатели могут быть надежно определены только экспериментально, например при испытаниях на определение таких величин, как производительность (средняя, максимальная).

Во всех практических приложениях следует рассматривать определение и, если это необходимо, обоснование целей испытаний; выбор принципов и/или методов испытаний; порядок разработки основ методик испытаний; выбор или проектирование и изготовление необходимого испытательного оборудования (стендов, установок) или целых комплексов; выбор необходимых средств измерений; выбор способов и технических

средств регистрации, алгоритмического и программного обеспечения для обработки с целью получения и представления в требуемой форме окончательных результатов испытаний.

Испытания могут осуществляться разными организациями, различными программами испытаний, для одних и тех же объектов испытания возможно проводить только один или несколько раз. Подробные испытания образцов партий химических компонентов разметочных материалов часто осуществляются на заводе-производителе, а далее нигде не повторяются. Но если характеристики поставляемых материалов или заготовок недостаточно стабильны, испытания с определением только некоторых показателей могут проводиться дополнительно у заказчика. Поэтому сложные процессы испытаний разметочных материалов для автомобильных дорог на этапах производства, приемочного и операционного контроля.

В настоящее время экспериментальное исследование процессов можно рассматривать в рамках глобальной концепции так называемого процессного подхода, развиваемого в связи с общей проблематикой менеджмента качества по последним версиям стандартов ИСО серии 9000 (стандарт ИСО 9000:2000 *Система менеджмента качества: основы и словарь*), идеологически связанного с принципами технического регулирования. В статье подобный процессный подход затрагивается в небольшой степени только применительно к постановке и формулировке технических требований к испытаниям материалов.

Испытания образцов материалов в разных областях техники и строительстве производят с различными целями, и определению могут подлежать различные свойства и параметры. В первую очередь необходимо установить сходство и различие с испытаниями образцов и проб веществ в фундаментальных науках (физике, химии) и материалов в технике. В физике в первую очередь испытаниям подвергаются образцы или пробы максимально чистых веществ и химических соединений известного состава и структуры, а затем смеси, растворы и сплавы точно известного состава.

Для химически чистых веществ существуют предусмотренные стандартами общие перечни характеристик, подлежащих экспериментальному определению. По отдельным группам веществ добавляются другие показатели, например для веществ, изменяющих при определенной температуре кристаллическую решетку, это параметры точек перехода и те же характеристики по интервалам.

Для известных и хорошо изученных веществ большое число показателей давно определено, эти данные существуют в различных справочных изданиях. Однако для хорошо известных веществ, но невысокой химической чистоты, для технического применения существуют специальные методики испытаний (количественный анализ), некоторые из них закреплены стандартами.

В технике и строительстве цели, задачи, программы и методы испытаний материалов зависят от их назначения и специфики применения. Для прозрачных оптических материалов, таких как техническое стекло, применяемое при изготовлении микростеклошариков дорожной разметки, помимо коэффициента преломления важнейшими являются показатели однородности и гладкости поверхностей, прозрачность, температура размягчения и термостойкость, а также еще несколько показателей. В подавляющем большинстве случаев для испытаний вполне достаточно существующих методик и типового испытательного оборудования. Проведенный анализ ГОСТов для различных классов материалов показал, что для большинства материалов важно установить задачи определения и контроля химического состава и диагностики состояния.

Разные экспериментально определяемые показатели имеют различную значимость для определенных технологий изготовления.

Например, достаточно хорошо известны характеристики конструкционных материалов, наиболее существенные для эксплуатации изделий и при проектировании конструкций.

Известно, что многие органические материалы характеризуются нестабильностью, прогрессирующим ухудшением свойств и недолговечностью по сравнению, например, с металлами. Это нужно учитывать при планировании и проведении их испытаний.

Особое внимание в последние два десятилетия было обращено на композитные материалы, о чем свидетельствует ряд ГОСТов на различные виды испытаний в зависимости от назначения изделия и условий эксплуатации.

Учет неоднородности и многих других факторов приводит к необходимости вырезать и испытывать образцы из различных частей заготовок и изделий. При поверхностной обработке с целью упрочнения слоев механические свойства существенно изменяются на глубинах менее миллиметра. Для исследования этих эффектов используются процедуры последовательных испытаний одного и того же образца, в котором удаляются тонкие слои друг за другом. Также существует масштабный фактор. Известно, что образцы малых размеров из того же материала, что и большие, часто имеют более высокие показатели прочности, чем большие.

Во всех случаях виды испытаний во всем мире являются массовыми, стенды для испытаний материалов выпускаются серийно, а на методики испытаний установлены стандарты. Однако техника стендовых установок совершенствуется, в первую очередь в сторону большей универсальности и более высокого уровня автоматизации.

Иногда нужно иметь в виду неоднородность свойств по большим объемам материалов, может быть твердых,

но в первую очередь сыпучих и жидких. Это типично когда необходимо контролировать состояние наполнений в больших хранилищах нефтепродуктов (битума), компонентов приготовления материалов дорожной разметки и т. п. В подобных случаях встает проблема правильного отбора проб. Для подобных процедур существуют соответствующие стандарты.

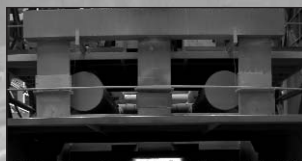
В дорожном хозяйстве установлено, что неоднородность свойств строительных материалов, используемых при устройстве дорожных покрытий, приводит к неравномерности показателей их прочности и плотности. Это определяет неравномерность износа и колееобразования при эксплуатации дорожного покрытия, что, в свою очередь, вызывает значительные отклонения показателей продольной и поперечной ровности, коэффициента сцепления, в образовании полос наката. С этим связан повышенный риск возникновения дорожно-транспортных происшествий. Более высокие требования предъявляются к изменениям свойств строительных материалов в мостостроении.

Это определяет особенности и требования к дальнейшему совершенствованию нормативно-методического обеспечения испытаний материалов в дорожном хозяйстве на основе учета принципов технического регулирования — оценки степени риска и степени причиняемого ущерба по ряду независимых факторов технологической или экологической безопасности на основе указанных законов и Федерального закона 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» (от 26.06.2008 г.).

Предполагается, что общей тенденцией внутриведомственной системы менеджмента качества дорожного хозяйства будет переход от методологии измерения абсолютных значений параметра к методологии определения относительных значений параметра и их вариативности, что отражается в названиях новых дорожных ГОСТов, например определения дорожной разметки, коэффициента сцепления и др.

## ПНО ПРОМАВТОМАТИКА

**Газовые горелки  
для кирпичных заводов  
в комплекте с автоматикой  
и арматурой  
«под ключ»**



**Наш адрес: Россия, Москва, 117105, ул. Нагатинская, д. 3Б, офис 416  
Тел./факс: +7 (499) 611-00-62, +7 (499) 611-04-31, Тел.: +7 (910) 406-83-72  
Internet: [www.promavtomatika.ru](http://www.promavtomatika.ru)  
E-mail: [mail@promavtomatika.ru](mailto:mail@promavtomatika.ru)**

Реклама





# ВНИИР

**ВНИИР** поставляет оборудование для промышленных лабораторий различного профиля

- Строительные лаборатории
- Дорожно-строительные лаборатории
- Мостостроительные лаборатории
- Лаборатории неразрушающего качества
- Материаловедческие и металлографические лаборатории
- Лаборатории механических, температурных и климатических испытаний
- Спектральные и химические лаборатории
- Оборудование для механических испытаний



**АГАМА-2РМ**  
прибор для определения  
воздухопроницаемости



Пресс малогабаритный  
МП-1000 Щ  
для кубиков 100x100



Пресс испытательный  
тип ИП-1А  
(10т., 50т., 100т., 200т.)



**КТХ**  
Камера тепла и холода



Мобильная лаборатория  
для испытания  
материалов



Разрывная машина  
модернизированная с  
компьютерным



**ИЗС** - Измеритель  
защитного слоя



Виброплощадка ВПЛ-1АВ  
для формирования  
асфальтобетонных образцов

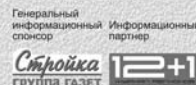
Отдел продаж: тел./факс +7(495) 437-9800, 430-0428, 437-2274  
Отдел сервиса и метрологического сопровождения: тел./факс 439-6877  
Адрес: 119361, Москва, ул. Наташи Ковшовой, д. 21  
Интернет: www.vniir.ru E-mail: vniir@aha.ru  
Режим работы: с 8:30 до 18:00, выходные - сб., вскр.  
Условия работы: 100% предоплата, отгрузка со склада в Москве

СТРОИТЕЛЬНОЕ ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

СТРОИТЕЛЬНОЕ ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

## VII ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА СТРОЙМАСТЕР · 2009 26–28 марта, Кисловодск

- Строительные и отделочные материалы, оборудование, технологии
- Системы водоснабжения, канализации, отопления, кондиционирования
- Тепло-, энергосберегающие технологии
- Коттеджное строительство
- Ландшафтная индустрия



(87937) 3-31-74, 3-31-79 • kavkaz-expo@mail.ru  
(863) 240-32-60, 237-88-73 • rostextstroy@aanet.ru

## СтройЭКСПО

26 Всероссийская специализированная выставка

### ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭКСПОЗИЦИИ:



- Строительные и отделочные материалы
- Кровля. Изоляция
- Окна. Двери. Ворота
- Быстровозводимые здания и сооружения
- Системы очистки воды, водоочистители

- Канализационные системы и оборудование
- Системы вентиляции и кондиционирования
- Системы водоснабжения и отопления
- Котельное оборудование
- Трубы. Запорная и регулирующая арматура



**Организатор:**  
Выставочный центр "ВолгоградЭКСПО"  
Тел./факс: (8442) 49-19-29  
E-mail: dima@volgogradexpo.ru  
[www.volgogradexpo.ru](http://www.volgogradexpo.ru)

**Выставочный центр «ВолгоградЭКСПО»  
Выставки, которые посещают**

**10-12  
МАРТА  
2009  
ВОЛГОГРАД**



**10-13 марта 2009**

Узэкспоцентр  
Ташкент, Узбекистан

**UzBuild** 

10-я ЮБИЛЕЙНАЯ УЗБЕКСКАЯ  
МЕЖДУНАРОДНАЯ  
ВЫСТАВКА

**СТРОИТЕЛЬСТВО**

[www.uzbuild.uz](http://www.uzbuild.uz)

**Организаторы:**

**ITE Uzbekistan:**

ул. Ойбека, 20, Ташкент, 100015, Узбекистан

Тел.: +(998 71) 113 01 80

Факс: +(998 71) 252 51 64

E-mail: [irina\\_danilova@ite-uzbekistan.uz](mailto:irina_danilova@ite-uzbekistan.uz)

Web: [www.uzbuild.uz](http://www.uzbuild.uz)



# ВОЛГАСТРОЙ ЭКСПО

XIV МЕЖДУНАРОДНАЯ  
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА



27-30 АПРЕЛЯ **2009**



**КАЗАНЬ**

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

ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР  
ISO - 9001 



КАЗАНСКАЯ  
ЯРМАРКА

**В Сланцах открылось  
новое производство  
газобетона**

В конце декабря 2008 г. в г. Сланцы (Ленинградская область) было открыто новое предприятие по производству газобетона. Заказчиком строительства, начавшегося четыре года назад, стала компания «ЕвроАэроБетон».

Сырье для производства поставляется с цементного завода «Цесла», а также с завода «Фосфорит» (г. Кингисепп Ленинградской области). Этот завод продает песчаный шлам — отходы собственного производства. Проектная мощность завода составляет 500 м<sup>3</sup> газобетона в сутки, или 164 тыс. м<sup>3</sup> в год. Объем инвестиций в строительство 25 млн евро, срок окупаемости 4,5 года. Предприятие построено на кредитные средства «Еврофинанс Моснарбанка». На заводе создано 130 рабочих мест. Про-

изводство работает на немецком оборудовании и по технологиям, созданным немецкой компанией Philco. Все производство автоматизировано.

Пока завод еще не вышел на проектную мощность. В случае успеха этого бизнеса компания намерена расширить производство — закупать новые автоклавы, разделительные машины (разделяющие блоки небольшой толщины), строить новые цеха, например арматурный, чтобы производить армированный газобетон, и цех плит-перекрытий. В отделенных планах компании строительство еще 5–6 таких же предприятий. Основные потребители газобетона — крупные застройщики Петербурга и Ленинградской области.

*По материалам  
пресс-службы АСП*

**«ТехноНИКОЛЬ» запатентовала  
новую кровельную систему**

Корпорация «ТехноНИКОЛЬ» получила патент на кровельную систему TN-SMART, в основе которой комбинированное утепление с применением ПВХ-мембран в качестве гидроизоляционного слоя.

Кровельная конструкция SMART служит для устройства кровель больших площадей с любыми требованиями по классу конструктивной пожарной опасности. Конструкция состоит из стальных профилированных листов, марка которых подбирается в соответствии с действующими нагрузками. Поверх листов последовательно укладывается пароизоляционная пленка ТехноНИКОЛЬ, негорючая базальтовая теплоизоляции ТЕХНОРУФ Н толщиной 50 мм, экструзионный пенополистирол ТехноНИКОЛЬ (толщина

определяется тепловым расчетом), разделительный слой на основе стеклохолста и ПВХ-мембрана LOGICROOF. Данная конструкция совмещает все преимущества входящих в ее состав материалов.

Полученный сертификат подтверждает, что система TN-SMART соответствует всем требованиям пожарной безопасности, установленным ГОСТ 30403–96, СНиП 21-01–97, и может быть использована при строительстве зданий, которые должны соответствовать любым требованиям по классу конструктивной пожарной опасности.

Корпорация «ТехноНИКОЛЬ» дает 10 лет гарантии на водонепроницаемость этой кровельной системы.

*По материалам пресс-службы  
Корпорации «ТехноНИКОЛЬ»*

**Стоимость цемента на МФБ  
за год снизилась**

Московская фондовая биржа (МФБ) подвела итоги 2008 г. по торгам в секции товарного рынка, которые показали, что цена на цемент за год упала в 1,5 раза. В конце года участники предлагали 2,65 тыс. р. за тонну цемента, тогда как начинались торги в 2008 г. с отметки почти 4 тыс. р. МФБ начала торговать цементом в июле 2006 г. В настоящее время в торгах на бирже участвуют такие компании, как «Евроцемент групп», «Новоросцемент», «Сибирский цемент», «Мордовцемент», «Искитимцемент», «Уралцемент», «Балцем» (Украина), «Вольскцемент», ПРУП «Белорусский цементный завод», «Базэлцемент», а также производители из Турции. Всего в прошлом году на МФБ было реализовано около 500 тыс. т цемента различных марок на общую сумму 2,1 млрд р., участниками торгов было заключено 580 сделок. На торгах стоимость материала упала ниже отметки 3 тыс. р. за тонну в первой половине октября 2008 г.

Эксперты считают, что падение цены цемента на бирже связано прежде всего со снижением деловой ак-

тивности участников торгов. В 2008 г. объем продаж цемента на бирже упал, так как можно было приобрести его напрямую у производителей. Предлагать товар на бирже выгодно производителям только в том в случае, если на рынке наблюдается дефицит, однако в 2008 г. такой ситуации не было. В прошлом году в России было произведено около 54 млн т цемента, в 2007 г. этот показатель составил 59,9 млн т. Аналитики компании «Ренессанс Капитал» прогнозируют, что в 2009 г. внутреннее производство может вырасти до 72,1 млн т.

Другие аналитики не согласны с таким прогнозом. Они ожидают сокращения производства примерно в два раза. Кроме того, что сократятся объемы внутреннего производства цемента, скорее всего с рынка уйдет импорт, по крайней мере на ближайший год, так как его цена будет неподходящей для девелоперов.

*По материалам пресс-службы  
Московской фондовой биржи*

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

**Многослойные конструкции из экструдированного пенополистирола под фундаментными плитами получили официальное одобрение**

Немецкий институт строительных технологий (Deutsches Institut für Bautechnik) официально разрешил использовать под фундаментными плитами многослойные конструкции, изготавливаемые из экструдированного пенополистирола производства концерна BASF — Styrodur® 3035 CS, Styrodur 4000 CS и Styrodur 5000 CS. При этом толщина каждого из слоев может доходить до 120 мм, а общая толщина изоляции — до 300 мм. Конструкция из нескольких слоев XPS марки Styrodur С, характеризующегося высокой прочностью при сжатии, эффективна в тех случаях,

когда предъявляются жесткие требования к уровню теплоизоляции, например при строительстве «пассивных» домов.

Три сорта пенополистирола Styrodur С имеют различные показатели прочности при сжатии. Эти материалы одобрены для применения в условиях длительного или постоянного давления, создаваемого водой, в частности при воздействии грунтовых вод. При этом максимальная глубина погружения слоев из пенополистирола составляет 3,5 м. Для многослойных конструкций допустима величина длительного давления: 100 кПа для Styrodur 3035 CS; 180 кПа — для Styrodur 4000 CS и 250 кПа — для Styrodur 5000 CS.

По материалам пресс-службы концерна BASF

ИССЛЕДОВАНИЯ РЫНКОВ

**Объем производства фанеры сократится**

Из всех деревообрабатывающих сегментов лесопромышленного комплекса России в наибольшей степени пострадало от кризиса фанерное производство. Это обусловлено его экспортоориентированностью (более 60% от общего объема приходится на экспорт, а в отдельных компаниях — до 80%). Поэтому в российских компаниях ситуация ухудшилась еще в конце 2007 г., когда ипотечный кризис в США сказался на рынке строительства, в частности на рынке деревянного домостроения, где потребление всех строительных материалов снизилось на 40%, а затем на рынках Европы и других стран.

Одной из первых проблем, с которой столкнулись российские производители фанеры в 2008 г., стало пе-

репроизводство продукции. Не пользующуюся достаточным спросом за рубежом продукцию производители направили на внутренний рынок, для которого этот объем был избыточным. К тому же кризис значительно повлиял на строительный рынок, являющийся наряду с мебельным одним из основных потребителей фанеры. По последним оценкам, объем жилищного строительства в 2008 г. останется на уровне предыдущего года. На мебельном рынке кризис в полной мере отразится только в 2009 г.

Согласно базовому сценарию в 2009 г. рынок фанеры столкнется со значительным снижением спроса на внутреннем и внешнем рынках. В результате совокупный объем производства на отечественных предприятиях в 2009 г. сократится почти на 20%.

**Кризис «уронил» цены на кирпич не менее чем на 10%**

Российский рынок кирпича растет в среднем на 11% ежегодно. Средняя цена на кирпич за последние несколько лет увеличилась почти в 3 раза. С начала 2008 г. также наблюдался рост цен, который сменился падением в начале сентября, когда в стране начала развиваться кризисная ситуация. В октябре снижение цен на кирпич продолжилось и составило не менее 10%. В дальнейшем снижение цен может продолжиться, поскольку основными потребителями кирпича являются строительные организации, которых кризисная ситуация затронула непосредственным образом, в результате чего было заморожено множество проектов.

В структуре российского производства кирпича по видам преобладает керамический строительный кирпич. Его доля в общем объеме составляет около 44%. На силикатный кирпич приходится 38%. Другие виды кирпича составляют не более 18% всего объема. Динамика производства носит относительно циклический характер с пиками, приходящимися на летние месяцы. Лидером по производству керамического кирпича является Приволжский федеральный округ. Его доля в структуре производ-

ства по федеральным округам составляет около 30%. На втором месте по производству керамического кирпича Центральный федеральный округ. На его долю приходится 24% объема. Сибирский, Уральский и Южный федеральные округа составляют 16%, 14% и 12% соответственно. Дальневосточный и Северо-Западный округа в сумме имеют не более 4% общего объема производства керамического кирпича. Приволжский округ также является лидером по производству силикатного кирпича — 41%. 35% составляет Центральный округ. 24% суммарно приходится на остальные федеральные округа.

Российский рынок кирпича представлен в основном российскими производителями. Доля импорта на рынке составляет лишь 4%. Большую часть импорта в стоимостном выражении составляет огнеупорный кирпич — около 70%. 14% в структуре импорта занимает силикатный кирпич. Оставшаяся доля импорта приходится на керамический и кремнеземистый кирпич. Наибольшее количество кирпича импортируется из Китая, Украины и Германии.

По материалам «РБК. Исследования рынков»







## Как подготовить к публикации научно-техническую статью (методическое пособие для начинающего автора)



Развитие стройиндустрии стимулировало развитие строительного материаловедения, что, в свою очередь, предопределило рост направляемых в редакцию статей.

Часто с просьбой о публикации обращаются аспиранты, как правило, в соавторстве со своими научными руководителями, соискатели научных степеней. За все годы существования журнала научные редакторы, члены редколлегии, редакционного совета и большая группа специалистов-рецензентов внимательно и терпеливо помогали росту научных кадров и специалистов отрасли. Однако в последнее время все чаще в редакцию для публикации представляют слабые в научном отношении, незавершенные, незрелые работы, которые в ряде случаев не доходят даже до рецензентов и забраковываются на этапе внутриредакционного рецензирования.

Начнем с определений. Наука — система знаний о закономерностях развития природы и общества и способах воздействия на окружающий мир. Статья — сочинение небольшого размера в сборнике, журнале, газете.

Таким образом, научность труда, исследования, работы характеризуется целью проникнуть, нащупать, определить, сформулировать какую-либо новую закономерность формирования вещества или протекания процесса для практического, унитарного использования в материаловедении, прикладной механике, теплотехнике и т. д.

В нашем случае 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 группы журналов «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 группы журналов «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.

Весь материал, передаваемый в редакцию в электронном виде, должен сопровождаться рекомендательным письмом руководителя предприятия (института); распечаткой, лично подписанной авторами; подтверждением, что статья предназначена для публикации в группе журналов «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.

Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте издательства [www.rifsm.ru/avtoram.php](http://www.rifsm.ru/avtoram.php)