

### СОДЕРЖАНИЕ

**Главный редактор**  
РУБЛЕВСКАЯ М.Г.

**Зам. главного редактора**  
ЮМАШЕВА Е.И.

**Редакционный совет:**

РЕСИН В.И.  
(председатель)

ТЕРЕХОВ В.А.

(зам. председателя)

БАРИНОВА Л.С.

БУТКЕВИЧ Г.Р.

ВАЙСБЕРГ Л.А.

ВОРОБЬЕВ Х.С.

ГУДКОВ Ю.В.

ЗАВАДСКИЙ В.Ф.

КАМЕНСКИЙ М.Ф.

СИВОКОЗОВ В.С.

УДАЧКИН И.Б.

ФЕРРОНСКАЯ А.В.

ФИЛИППОВ Е.В.

ФОМЕНКО О.С.

ШЛЕГЕЛЬ И.Ф.

**Учредитель журнала:**

ООО РИФ «Стройматериалы»

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

**Редакция  
не несет ответственности  
за содержание  
рекламы и объявлений**

**Авторы**

опубликованных материалов  
несут ответственность  
за достоверность приведенных  
сведений, точность данных  
по цитируемой литературе  
и отсутствие 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 из нашего журнала  
возможны лишь с письменного  
разрешения главного редактора

**Адрес редакции:**

Россия, 117997, Москва,  
ул. Кржижановского, 13  
Тел./факс: (095) 124-3296  
124-0900

E-mail: rifsm@ntl.ru  
http://www.ntl.ru/rifsm

Подведены итоги работы строительного комплекса  
и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации ..... 2  
«Отечественные строительные материалы-2002» ..... 6

#### **ЯЧЕИСТЫЕ БЕТОНЫ – НАУКА И ПРАКТИКА**

И.Б. УДАЧКИН. Ключевые проблемы развития  
производства пенобетона ..... 8

А.А. АХУНДОВ, В.И. УДАЧКИН. Перспективы совершенствования  
технологии пенобетона ..... 10

Ф.М. САЛИМГАРЕЕВ, А.Н. НАЙМАН. Новый подход к технологии  
изготовления стеновых блоков из ячеистого бетона ..... 12

А.П. ПРОШИН, А.И. ЕРЕМКИН, В.А. БЕРЕГОВОЙ,  
Е.В. КОРОЛЕВ, А.М. БЕРЕГОВОЙ, А.А. КРАСНОЩЕКОВ,  
С.В. СОБОЛЕВ, А.А. ЛЯМОВ. Ячеистый бетон для теплоизоляции  
ограждающих конструкций зданий и инженерных коммуникаций ..... 14

Л.В. МОРГУН. Эффективность применения фибропенобетона  
в современном строительстве ..... 16

А.С. КОЛОМАЦКИЙ, С.А. КОЛОМАЦКИЙ.  
Теплоизоляционный пенобетон ..... 18

О.В. КОРОТЫШЕВСКИЙ, А.А. ТКАЧЕНКО. Эффективные  
термоблоки для ограждающих конструкций жилых  
и промышленных зданий и сооружений ..... 20

#### **ЗАРУБЕЖНАЯ ТЕХНИКА**

Группа «Barbieri & Tarozzi – Nasseti» ..... 23

В.А. ТЕРЕХОВ, Ю.В. ГУДКОВ, Г.Я. ДУДЕНКОВА.  
Фирма «СЕРИК» – инициатор создания комплексного  
производства изделий для керамических стен ..... 26

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В.В. ИВАНИЦКИЙ, Н.А. САПЕЛИН, А.В. БОРТНИКОВ.  
Теоретические и практические аспекты оптимизации структуры  
пористых бетонов ..... 32

В.А. ЛОТОВ. Фазовый портрет процесса поризации  
газобетонных смесей ..... 34

А.А. ЛАУКАЙТИС. Влияние температуры воды на разогрев  
формовочной смеси и свойства ячеистого бетона ..... 37

#### **КЕРАМИЧЕСКИЕ СТЕНОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

В.А. ТЕРЕХОВ. Пересмотр требований ГОСТ 530–95 назрел ..... 40

В.А. КОНДРАТЕНКО, В.Н. ПЕШКОВ, Д.В. СЛЕДНЕВ.  
Проблемы кирпичного производства и способы их решения ..... 43

И.Ф. ШЛЕГЕЛЬ, П.Г. ГРИШИН, Л.И. ЦАЛКОВА,  
Г.Б. ОСАДЧИЙ. Дробилка молотковая ШЛ-314 ..... 46

В.А. ЕЗЕРСКИЙ. Исследования глин для производства  
керамического кирпича и черепицы ..... 48

Центр делового сотрудничества в строительстве  
подвел итоги работы за 2001 год ..... 51



## **Подведены итоги работы строительного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации**

21 января 2002 г. в Госстрое России на годовой коллегии были подведены итоги работы строительного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. Для обсуждения работы, проделанной в 2001 г., собралось 500 руководителей, специалистов и ученых из 80 регионов страны. На заседании коллегии присутствовали гости из Белоруссии и Украины.

С основным докладом выступил председатель Госстроя России А.Ш. Шамаузафаров. Он отметил, что строительный комплекс и жилищно-коммунальная сфера Российской Федерации включают более 270 тысяч предприятий. В отрасли занято около 7 млн человек.

Основной показатель деловой активности отрасли — инвестиции в основной капитал — в 2001 г. составил 1470,8 млрд р, что на 8% больше, чем в 2000 г., а выполненный объем работ по договорам строительного подряда в 2001 г. составил 730 млрд р, или 108,8% к уровню 2000 г. В Российской Федерации в 2001 г. введено в действие жилых домов общей площадью 31,1 млн м<sup>2</sup>, или 102,6% к уровню 2000 г., преодолен спад в вводе жилья, наблюдавшийся в 2000 г.

Одним из главных направлений реализации структурной политики является реформирование строительных организаций и предприятий, направленное на их ускоренную адаптацию и достижение конкурентоспособности в условиях открытого рынка.

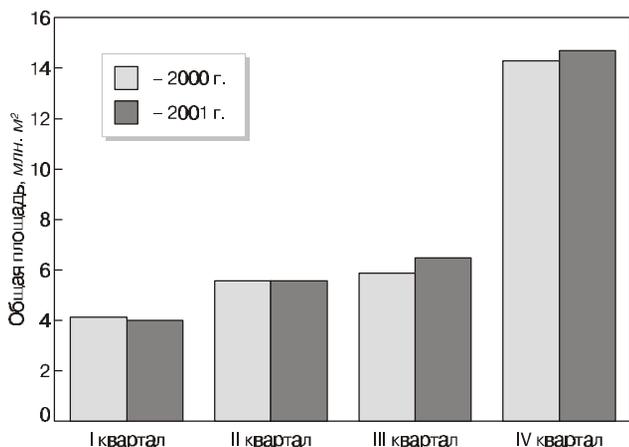
В условиях структурной перестройки строительного комплекса особое значение приобретает законодательное регулирование работы отрасли, создающее необходимые предпосылки для перевода отрасли к стадии экономического роста, повышению отдачи от инвестиций. Первоочередные нормативные правовые акты, обеспечивающие решение этих задач, должны быть направлены на:

- усиление контроля за целевым использованием централизованных капитальных вложений, формирование единой инвестиционной программы государства;
- проведение взаимосвязанной бюджетной, налоговой и ценовой политики;

- повышение роли и обеспечение целевого использования амортизационных отчислений как важнейшего источника инвестиций;
- расширение масштабов конкурсного размещения централизованных инвестиций на возвратной основе;
- последовательное снижение процентной ставки за банковские кредиты;
- обеспечение гарантированного и непрерывного финансирования, имущественной ответственности всех участников инвестиционной деятельности;
- обеспечение государственной поддержки индивидуального жилищного строительства и привлечение сбережений населения на инвестиционные цели;
- развитие системы гарантий и правового обеспечения активной деятельности частных инвесторов, в том числе иностранных;
- создание условий сокращения незавершенного строительства, включая повышенное его налогообложение, а также приоритетности реконструкции и технического перевооружения;
- расширение межотраслевой интеграции, создание финансово-промышленных и финансово-строительных групп, лизинговых, холдинговых компаний, иных производственных объединений и ассоциаций, развитие малого бизнеса.

Основным содержанием научно-технической политики Госстроя России является выбор приоритетов научно-технического развития, создание эффективных механизмов их реализации. Организации и предприятия выполняют на конкурсной основе НИОКР в области строительства, архитектуры, градостроительства и жилищно-





Динамика ввода в действие жилых домов в 2000–2001 гг. (поквартально)

коммунального хозяйства по приоритетным направлениям и критическим технологиям научно-технического развития строительного комплекса на 2002 г.

На новой организационной, методической и экономической основе Госстрой России будет также осуществляться взаимодействие с регионами, субъектами Федерации, научно-техническими обществами по различным проблемам научно-технического развития отрасли.

#### Промышленность строительных материалов

Проведенные за последние годы мероприятия по переснащению производственной базы строительства показали, что потенциал отрасли по производству конкурентоспособной и импортозамещающей продукции возрос.

По экспертной оценке за 2001 г. индекс промышленного производства в отрасли составил около 105,5% (табл. 1).

Расширение номенклатуры производимой продукции позволило повысить коэффициент использования производственных мощностей предприятий стройиндустрии в 2001 г. до 35% против 27% в 2000 г.

Этот процесс происходит на фоне сокращения доли крупнопанельных домов в общем вводе жилья в 2001 г. с 45 до 29%. Возросли физические объемы ввода монолитных зданий в 1,5 раза, жилья с использованием ячеистых бетонов в 4,5 раза, зданий смешанных систем в 1,5 раза, что говорит о перспективности их применения в домостроении в дальнейшем.

По данным субъектов Российской Федерации, в 2001 г. были построены и введены в эксплуатацию 219 объектов по производству строительных материалов, в том числе в Приволжском федеральном округе – 94 объекта, Центральном – 51, Сибирском – 27, Южном – 12, Северо-Западном – 12, Уральском – 11 (табл. 2).

Финансирование практически всех мероприятий по развитию приоритетных направлений промышленности строительных материалов, изделий и конструкций осуществлялось в основном за счет внебюджетных источников (собственных и заемных средств).

Качество выпускаемой отечественными производителями продукции заметно повысилось по сравнению с началом 90-х годов, но удельный вес продукции, сопоставимой по качеству с импортной и конкурентоспособной в общем объеме производства по разным материалам существенно различается. Например:

- по цементу – более 80% выпускаемого цемента по качеству отвечает современным требованиям и может быть сертифицировано на соответствие европейскому, американскому и британскому стандартам. Однако в настоящее время сертифицировано не более 10% выпускаемого цемента. Несмотря на то



что доля пакетированного цемента возросла, его объемы недостаточны, что сдерживает экспорт цемента;

- по линолеуму – 32% продукции выпускается шириной до 4 м, что соответствует лучшим мировым образцам и превышает в ряде случаев качество поступающего линолеума по импорту;
- по санитарным керамическим изделиям – выпускается около 68% продукции современных форм и дизайна;
- по керамической плитке – более 75% продукции конкурентоспособно на внутреннем и внешнем рынках как по качеству, так и по дизайну;
- по теплоизоляционным материалам на основе минеральных волокон – около 45% выпускаемой продукции соответствует требованиям европейских стандартов;
- по листовому стеклу – выпускается более 73% от общего объема производства полированного стекла по современной «флоат-технологии»;
- по мягким кровельным материалам – около 21% от общего объема производства продукции соответствует современным требованиям строительства (1,7% – это полимерные материалы на основе эластомерных композиций, 19% – битумно-полимерные наплавленные материалы на негниющих основах);
- по столярным изделиям – около 65% продукции – это современные высокого качества конструкции (деревянные, дерево-алюминиевые, ПВХ).

Доля импортных строительных материалов в общем объеме продаж на внутреннем рынке (по стоимости) не превышает 6–10%, а доля экспорта – 4–6%.

Степень износа основных фондов в отрасли достигает 54%, причем ежегодное выбытие их составляет около 2%, а ввод в действие новых – около 1%. Это приводит к старению основных фондов, особенно их активной части, а также к фактическому сокращению производственных мощностей.

Технический уровень большинства российских предприятий все еще значительно отстает от современных требований. Низкими темпами осуществляется перевооружение предприятий по производству цемента, теплоизоляционных, стеновых и кровельных материалов.

В 2001 г. по сравнению с 2000 г. на 5,8% сократилась доля убыточных предприятий. Парк техники в строительном комплексе насчитывает около 125 тыс. единиц машин. В настоящее время при практическом избытке строительной техники по отношению к объемам работ насущной остается проблема нехватки отечественных машин, соответствующих новым технологиям строительства.

Первостепенными задачами на 2002 г. отечественной промышленности строительных материалов, изделий и конструкций остаются:

Таблица 1

Наименование материалов	2000 г.	2001 г. (экспертная оценка)	2001 г. к 2000 г., %
Цемент, тыс. т	32388,8	35465,7	109,5
Листы асбестоцементные (шифер), млн усл. плиток	1800	1710	95
Линолеум, тыс. м <sup>2</sup>	67226	68906,7	102,5
Мягкие кровельные материалы, тыс. м <sup>2</sup>	418891	427268,8	102
Санитарные керамические изделия, тыс. шт.	5517,7	6124,6	111
Ванны, тыс. шт.	717,2	695,7	97
Раковины и мойки, тыс. шт.	561,5	710,3	126,5
Краны, смесители, тыс. шт.	3401	3809,1	112
Плитки керамические для внутренней облицовки стен, тыс. м <sup>2</sup>	29010,9	31476,8	108,5
Стекло строительное, тыс. м <sup>2</sup>	40220,3	35796,1	89
Минеральная вата и изделия из нее, тыс. м <sup>3</sup>	6054,7	6720,7	111
Радиаторы и конвекторы, тыс. кВт	3073,3	3764,8	122,5
Стеновые материалы, млн шт. усл. кирпича, в том числе кирпич строительный, млн шт. усл. кирпича	13311,6 10695,7	13444,7 10695,7	101 100
Сборный железобетон, тыс. м <sup>3</sup> , в том числе панели и другие конструкции для крупно- панельного домостроения, тыс. м <sup>2</sup>	18340,7 5823,5	19716,3 8415	107,5 144,5
Нерудные стройматериалы, тыс. м <sup>3</sup> , в том числе щебень и гравий, тыс. м <sup>3</sup>	189928,1 109862,4	199424,5 115354,5	105 105

Таблица 2

Наименование материалов	Количество объектов, производств, техн. линий	Мощность
Теплоизоляционные материалы, тыс. м <sup>3</sup>	15	105,6
Столярные изделия, тыс. м <sup>2</sup>	14	385
Окна и двери из ПВХ, тыс. м <sup>2</sup>	11	480
Современные сборные железобетонные изделия и конструкции, тыс. м <sup>3</sup>	21	635
Стеновые материалы, млн шт. усл. кирпича	40	550
Цементно-песчаные блоки, млн шт. усл. кирпича	16	307
Кирпич эффективный лицевой, млн шт. усл. кирпича	15	163
Изделия из ячеистого бетона, млн шт. усл. кирпича	9	80
Стеновые панели, тыс. м <sup>2</sup>	4	1110
Тарированный цемент, тыс. т	2	1300
Керамическая плитка, тыс. м <sup>2</sup>	5	6770
Песчано-цементная плитка, тыс. м <sup>2</sup>	2	11
Сухие смеси, тыс. т	2	33
Стеклопакеты, тыс. м <sup>2</sup>	4	365
Черепица металлическая, т	1	3,5
Современные мягкие кровельные материалы, млн м <sup>2</sup>	4	10,9
Облицовочные материалы из природного камня и бетона, тыс. м <sup>2</sup>	6	157
Нерудные материалы, тыс. м <sup>3</sup>	7	1832
Гипсовые плиты и панели, тыс. м <sup>2</sup>	3	745
Линолеум, млн м <sup>2</sup>	5	27,7
Полимерные трубы, пог. км	1	20
Тротуарная плитка, тыс. м <sup>2</sup>	12	236
Санитарные керамические изделия, тыс. шт.	1	408
Шифер, млн шт. усл. плиток	1	1

- дальнейшее расширение выпуска высокоэффективных и конкурентоспособных отечественных строительных материалов и изделий;
- улучшение финансово-экономического положения предприятий, снижение кредиторской задолженности и издержек производства, внедрение ресурсо- и энергосберегающих мероприятий.

### НИОКР

Реализация научно-технической политики в 2001 г. осуществлялась на основе Приоритетных направлений научно-технического развития и критических технологий в области строительства, архитектуры, градостроительства и жилищно-коммунального хозяйства на период до 2005 г., включающих:

- новые технологии быстрого возведения и трансформации жилья;
- отраслевые информационно-телекоммуникационные технологии;
- новые технологии обеспечения безопасности населения, территорий и строительных объектов от опасных природных воздействий;
- новые энергосберегающие технологии межотраслевого применения в строительном комплексе и жилищно-коммунальной сфере;
- новые строительные материалы;
- научные исследования по совершенствованию нормативно-правовой и нормативно-технической базы в связи с использованием последних достижений научно-технического прогресса.

В 2001 г. профинансировано и выполнено 87 научно-исследовательских работ, в том числе в рамках федеральных целевых программ 64 (ФЦП Жилище, Развитие малых городов России, Улучшение ритуального обслуживания населения, Каспий, Сейсмобезопасность Республики Бурятия), и НИОКР в интересах отрасли – 23.

Разработана проектно-техническая документация для объектов массового строительства на Северном Кавказе (8 проектов).

Решение задач экономического развития страны Госстрой России будет осуществлять, опираясь на уже созданные механизмы и инструменты государственной инвестиционной политики.

Для решения экономических и социальных задач страны федеральным законом «О федеральном бюджете на 2002 год» от 30.12.01 № 194-ФЗ предусмотрены государственные капитальные вложения, финансируемые из федерального бюджета на 2002 г. в объеме 50,22 млрд р, в том числе на реализацию Федеральной адресной инвестиционной программы – 44,56 млрд р, из них по линии Госстроя России будет реализовано и распределено капитальных вложений на сумму более 14 млрд р.

Выступления членов коллегии и гостей очередной раз показали, что проблемы строительного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства тесно связаны и требуют последовательного комплексного решения. Однако в каждом регионе имеется ряд вопросов, от решения которых наиболее зависит экономическое и социальное благополучие.

Например, губернатор Калининградской области **В.Г. Егоров** в своем выступлении подчеркнул, что многие проблемы области обусловлены ее географической оторванностью от основной территории России.

В начале 90-х годов многие строительные организации области были вынуждены искать приют в Литве и Польше. Строительство в области практически замерло. Работу продолжали только военные строители.

В настоящее время строительный комплекс Калининградской области насчитывает 790 строительных организаций. Инвестиции в строительство в 2001 г. составили около 8 млрд р. Оживление строительства обус-

ловлено многими факторами. Проводится изменение структуры строительного комплекса, были определены основные стратегические направления развития.

При определенных усилиях Светлогорск и другие районы области могут стать популярными курортами не только для россиян, но и для иностранцев. С целью проведения комплексной реконструкции курортных районов Калининградской области в Калининграде открыт филиал Гипрогора.

Одной из наиболее острых проблем области остается обеспечение жильем военнослужащих, в том числе уволенных в запас. В настоящее время требуется построить более 830 тыс. м<sup>2</sup> жилья.

Однако главной проблемой области является катастрофическое состояние инженерных коммуникаций. Достаточно привести такие примеры. Калининград вовсе не имеет очистных сооружений, износ сетей водозабора составляет 90%, а сетей водоснабжения близок к 100%. Многие мосты находятся в аварийном состоянии. В области более 40% ветхого жилья довоенной постройки. Таким образом, без полной реконструкции и строительства новых систем инженерной инфраструктуры начинать широкомасштабное строительство жилья и объектов культурного и гражданского назначения нельзя. При этом решить эти проблемы частными инвестициями невозможно. Для реализации программы реконструкции инженерной инфраструктуры в настоящее время получен кредит ЕБРР.

Губернатор Красноярского Края **А.И. Лебедь** ставит перед строительным комплексом края иные задачи, вытекающие из современной ситуации. За четыре года руководства краем губернатору удалось не только навести порядок и стабилизировать ситуацию, но и стимулировать активизацию строительного комплекса. В 2001 г. был освоен 31,2 млрд р инвестиций в строительство, введено 503,9 тыс. м<sup>2</sup> жилья, что составляет 115% к 2000 г. А.И. Лебедь сообщил, что в значительной степени прирост ввода жилья обеспечен привлечением инвестиций частных застройщиков.

Однако с активизацией строительства в крае стала заметна нехватка собственных высококачественных строительных материалов, без которых, как известно, даже самый талантливый строитель ничего не построит. В 2001 г. в Красноярском крае введены мощности по производству теплоизоляционных материалов, сухих строительных смесей, асфальтобетонный завод и др.

В 2002 г. администрация Красноярского края также будет проводить политику технического перевооружения существующих и создания новых высокотехнологичных современных мощностей по производству строительных материалов. *«Победит тот, кто не устанет строить»*, – завершил свое выступление А.И. Лебедь.

Много выступлений участников заседания коллегии были посвящены проблемам ЖКХ. Все чаще руководители, специалисты и ученые обращают внимание на то, что только повышением тарифов отраслевых проблем не решить. Требуется разработать и внедрить жизнеспособный механизм финансирования реконструкции инженерных сетей, производства и широкомасштабного внедрения энергоэффективных материалов и технологий, приборов учета и регулирования энергоносителей.

Жилищная политика в любом государстве должна быть адекватна, отметил в своем кратком выступлении заместитель председателя Правительства Российской Федерации **В.Б. Христенко**. В настоящее время ЖКХ является самой расходной отраслью народного хозяйства. Для создания современной системы жилищно-коммунального хозяйства и эффективно работающего строительного комплекса требуется обновление нормативно-технической базы. Эти задачи Правительство России ставит в ряд первоочередных в 2002 г.

*Е.И. Юмашева*



# ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ-2002

28 января-1 февраля 2002 г. в Москве в ЦВЗ «Манеж» прошла третья специализированная выставка «Отечественные строительные материалы-2002». Традиционно ее организуют Комплекс архитектуры, строительства, развития и реконструкции Москвы и выставочная компания «Евроэкспо» при поддержке Госстроя России.

Стартовав в январе выставкой «Евроремонт» на Красной Пресне, начался выставочный марафон 2002 года. Ежегодно в российском строительном выставочном календаре появляются все новые и новые мероприятия. Часто новые выставки не оправдывают ожиданий, не окупают потраченные ресурсы предприятий и фирм. А ведь отечественным организациям все еще трудно изыскивать средства на участие в выставках.

В связи с этим три года назад новая выставка «Отечественные строительные материалы» была встречена с некоторой осторожностью. Однако уже первое мероприятие показало верность выбранного направления. Выставка «Отечественные строительные материалы» стала одним из наиболее крупных и интересных выставочных проектов строительной направленности, который ориентирован на развитие отечественной промышленности строительных материалов и стройиндустрии, поддержку российских производителей.

«Изюминкой» выставки стало отсутствие зарубежных фирм. С течением времени организаторы так же тщательно оберегают этот маркетинговый ход. В этих условиях отечественные фирмы, особенно производственные предприятия, все смелее выходят на «Манеж». Если в первой выставке «Отечественные строительные материалы-2000» участвовали в основном московские и подмосковные фирмы, то на третьей свою продукцию представляли более 300 фирм из 35 городов и областей России.

Производственные предприятия Белоруссии предлагали посетителям выставки высококачественные обои (ОАО «Гомельобои»), широкий спектр лакокрасочных материалов (ООО «Заславские краски»), керамическую плитку и сантехнические изделия (ОАО «Керамин») и теплоизоляционные материалы на основе вспененного полиэтилена (СП ООО «Полифас»). Однако, учитывая заключенный между нашими странами союзный договор, видимо не стоит считать эти предприятия зарубежными. Поэтому чистота жанра вновь соблюдена.



Мэр Москвы всегда лично знакомится с новинками строительного рынка. Директор завода «Филикровля» Л.С. Краснов (слева) рассказывает Ю.М. Лужкову и руководителю стройкомплекса столицы В.И. Ресину о последних разработках предприятия

Экспозицию Правительства Москвы представляли флагманы московской строительной индустрии: Главмосстрой, Мосмонтажспецстрой, Главстройпром, Моссинжстрой, Моспромстройматериалы.

Подавляющую часть экспонентов выставки «Отечественные строительные материалы» традиционно составляют производственные предприятия и фирмы. С удовлетворением следует отметить, что многие российские производители пользуются таким маркетинговым инструментом как отраслевая выставка весьма умело.

Например, в центре внимания посетителей выставки постоянно была самарская компания «Термопепс-МТЛ», на просторном, оформленном в современном западном стиле стенде которой была представлена высококачественная теплоизоляция на основе базальтового волокна, а также теплоизоляционные сэндвич-панели различного назначения. В последние годы существенно увеличился спрос на теплоизоляцию, а высококачественные теплоизоляционные конструкции заводского изготовления вообще входят в «горячую десятку» современных строительных материалов. И такая удача – отечественный производитель, качество на уровне, цена приемлемая, заказы хоть на выставке оформляй. Многие, заметим, так и сделали, а сейчас панели всюду монтируют.

Однако некоторые специалисты забеспокоились. Действительно, завод по производству теплоизоляционных изделий в Самаре был, но вот мощностей по выпуску сэндвич-панелей не было. Да и качество самарских плит всегда было обычным.

Все оказалось просто. Концерн «Термопепс» и финансово-промышленная группа «МТЛ» создали совместное предприятие, закупили новейшее итальянское оборудование как по производству утеплителя на основе базальтового волокна, так и для производства сэндвич-панелей. Во время проведения выставки новые производственные мощности были в состоянии промышленного пуска. На выставке «Отечественные строительные материалы-2002» отдел маркетинга предприятия заранее готовил почву для вывода на рынок продукции нового уровня качества.



Построить дом из блоков «Липецкого завода домостроения» по проекту фирмы «Стромтрейдинг» совсем не сложно. Во всяком случае эффектный стенд был возведен быстро и без особых усилий. Посетители выставки могли знакомиться с достоинствами материала на «объекте»



ООО «МИСИ-КБ» не только производит различные изделия из цветного архитектурного бетона, но и использует их в ландшафтном строительстве

Специалисты «Липецкого завода изделий домостроения» и их партнеры из московской фирмы «Стромтрейдинг» считают, что прежде, чем сажать дерево и растить сына, надо построить дом. Для реализации этой задачи на заводе выпускается широкая номенклатура изделий из ячеистого бетона – стеновые блоки, перемычки, плиты перекрытий и покрытий, а также клеевая смесь для кладки «Полимикс». Изделия из ячеистого бетона производятся на оборудовании и по технологии германской фирмы «Хебелъ». Компьютерный входной контроль сырья и отлаженный технологический процесс обеспечивают соответствие параметров продукции не только отечественным, но и европейским стандартам.

Настоящая конкурентная борьба начинается среди отечественных производителей сухих строительных смесей. На выставке этот вид продукции представили около 20 фирм. Наряду с такими старожилками сухосмесного рынка как «Опытный завод сухих смесей», «ОТЛИ», «Старатели», появляются новые предприятия, торговые марки, смеси специального назначения.

Так же бурно развивается сегмент лакокрасочных материалов. За внимание посетителей боролись на выставке около 15 фирм производителей ЛКМ. Дебютантом выставки «Отечественные строительные материалы-2002» стала научно-производственная фирма «Кватон», которая в 2001 г. начала производство высококачественных водно-дисперсионных материалов для ремонта и отделки внутри и снаружи помещений. Для производства используются сырьевые компоненты ведущих мировых производителей Forcít (Финляндия), Du Pont (США), Omiya (Германия). В номенклатурном ряду «Кватон» краски, лаки, пропитки, шпатлевки, фактурные покрытия.

Наряду с рулонным кровельным наплаваемым битумно-полимерным материалом «Бистерол» казанская



«Железобетонная мудрость» приобретена московским «ЖБИ-17» годами участия в выставках



Заместитель председателя Госстроя России Л.С. Баринава всегда старается найти время для посещения выставки. На стенде НПО «Стройполимер»

фирма «Альтея» представила на суд посетителей выставки звукоизоляционный материал «Фибиол» для защиты перекрытий от ударного шума. Материал представляет собой стекловолок, с одной стороны пропитанный битумной мастикой, на которую нанесена полиэтиленовая пленка. Плавающий пол, устроенный из «Фибиола», снижает уровень ударного шума на 20 дБ.

Все больше среди участников выставки становится научно-исследовательских институтов, конструкторских бюро, внедренческих фирм. Свои прикладные разработки демонстрировали московские ГУП «НИИЖБ», «МИСИ-КБ», ростовская фирма «Стройтехинка», специализирующаяся на проектировании, строительстве и реконструкции кирпичных заводов.

Интересные разработки представил научно-производственный центр «Бломокс-26» (блочно-модульные конструктивные системы) 26 ЦНИИ МО России. Комплекс конверсионной продукции теперь доступен гражданским организациям и фирмам. Это мобильные, перебазируемые и стационарные бетоносмесительные установки, различные дозаторы, транспортеры, разгрузители цемента из вагонов и приемные устройства, сточные, шахтные и наклонные подъемники, передвижные и стационарные конвейеры.

Насыщенной была программа семинаров и презентаций в рамках выставки.

По признанию организаторов выставки, ЦВЗ «Манеж» уже не вмещает всех желающих принять в ней участие. В этом году на «листе ожидания» остались около 50 фирм. Поэтому принято решение, проведение следующей выставки «Отечественные строительные материалы-2003» перенести в СКК «Олимпийский».

*Тамара Пец*



На стенде фирмы «Юнис» каждый посетитель мог ненадолго стать отделочником

И.Б. УДАЧКИН, д-р техн. наук, профессор (ООО «Строминноцентр XXI», Москва)

## Ключевые проблемы развития производства пенобетона

Необходимость энергосбережения во всех областях техники потребовала создания и внедрения новых технологий в промышленности строительных материалов. Одним из перспективных направлений являются работы по совершенствованию производства ячеистого бетона.

В структуре стеновых и теплоизоляционных материалов стройиндустрии Российской Федерации существенное место занимают две основные разновидности ячеистого бетона: газобетон автоклавного твердения и пенобетон неавтоклавного твердения. Эти материалы в основном взаимозаменяемы и производятся в соответствии с общей нормативной базой. Такой базой является прежде всего ГОСТ 25485–89 «Бетоны ячеистые. Технические условия».

Несмотря на взаимозаменяемость этих материалов, следует объективно отметить, что структурная прочность автоклавного газобетона на один-два класса (15–25%) выше, чем у неавтоклавного пенобетона. Неавтоклавный пенобетон имеет влажностную усадку, в 2–4 раза превышающую этот показатель у автоклавного газобетона. Естественно, изделия из неавтоклавного пенобетона имеют низкую трещиностойкость, что снижает долговечность строительных изделий и тормозит развитие производства пенобетона, особенно в монолитном строительстве. Перечисленные проблемы являются существенными и до настоящего времени сдерживали производство неавтоклавного пенобетона, так как снижали его конкурентоспособность.

Однако у неавтоклавного пенобетона есть ряд преимуществ перед автоклавным газобетоном. Так, пористая структура пенобетона полностью формируется в очень короткий отрезок времени в условиях интенсивных динамических воздействий (механического перемешивания). Поэтому температура окружающей среды, точность дозировки компонентов, постоянство свойств вяжущего и кремнеземистого заполнителя не оказывают в технологии пенобетона такого большого влияния на конечные свойства материала, как в технологии автоклавных газобетонов.

Более того, главный показатель ячеистого бетона — средняя плотность — легко корректируется непосредственно в ходе технологического процесса. Это очень важно при изготовлении ячеистых бетонов на малых предприятиях или на строительной площадке.

По заключению Госстроя РФ (протокол № 01-НС-18/4 от 29 ноября 2001 г.), неавтоклавные и автоклавные ячеистые бетоны имеют ряд характеристик, выгодно отличающих их от многих традиционных строительных материалов. Изделия из них наилучшим образом адаптированы к сложным климатическим и экономическим условиям России и имеют ряд важных достоинств: невысокая средняя плотность, низкая теплопроводность, пониженное водопоглощение, стойкость при пожаре. Все виды ячеистых бетонов имеют высокие санитарно-гигиенические свойства стенового ограждения, так как не содержат вредных для здоровья человека химических и синтетических веществ, имеют хорошую обрабатываемость и др. За счет простой и рациональной технологии пенобетона во много раз снижена удельная капиталоемкость, расход энергоносителей, трудоемкость, а следовательно, и себестоимость продукции.

Появилась возможность организации производства изделий на мобильных мини-заводах, максимально приближенных к районам застройки, что уменьшает транспортные расходы, позволяет загрузить работой местное население, активизировать строительство, особенно жилищное.

В конце 90-х годов разработано много отечественных эффективных сравнительно недорогих пенообразователей на основе синтетических поверхностно-активных веществ.

По данным института СПбЗНИИПИ (бывший ЛенЗНИИЭП), ежегодное наращивание производства неавтоклавного пенобетона составляет в России примерно 100 тыс. м<sup>3</sup> при общем объеме на конец 2000 г. 500 тыс. м<sup>3</sup>. При этом автоклавного ячеистого бетона выпускается в пределах 1,2–1,8 млн м<sup>3</sup>, а себестоимость его производства выше на 30–50% в сравнении с пенобетоном.

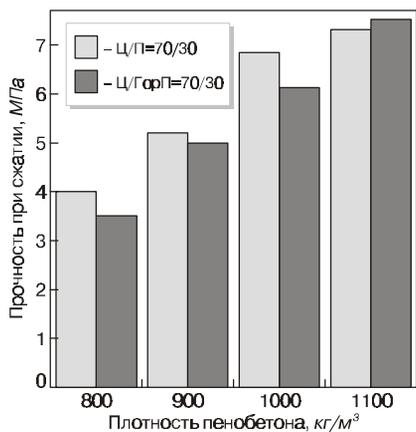
В настоящее время неавтоклавный ячеистый бетон применяется в монолитном и сборном вариантах. Из монолитного пенобетона делают стяжки под полы, утепляющие слои чердачных перекрытий, кровель и мансард, наружные и внутренние стены, теплоизоляцию труб бесканальной прокладки.

Дальнейшее развитие производства и применения неавтоклавного пенобетона можно осуществлять на основе решения следующих ключевых проблем:

- существенное уменьшение влажностной усадки неавтоклавного пенобетона;
- организация промышленного производства пенобетона с прочностью, равной или превышающей прочность автоклавного газобетона;
- максимальное использование отходов промышленного производства как основного сырья. Это позволит решить вопросы, во-первых, утилизации отходов, во-вторых, снижения себестоимости товарных пенобетонов и изделий из них.

По существу первой проблемы крупные научно-исследовательские организации России ведут исследования по снижению влажностной усадки пенобетона. В институте ВНИИ-СТРОМ под руководством профессора А.А. Ахундова завершен основной этап работ по промышленной технологии малоусадочного пенобе-

Средняя плотность в сухом состоянии, кг/м <sup>3</sup>	Бетон автоклавный		Бетон неавтоклавный		Бетон неавтоклавный модифицированный	
	Класс бетона по прочности	Средняя прочность при сжатии, МПа	Класс бетона по прочности	Средняя прочность при сжатии, МПа	Класс бетона по прочности	Средняя прочность при сжатии, МПа
400	B1	1,5	B0,5	0,9	B1	1,4
600	B2	3,1	B1,5	2,2	B2	3
800	B3,5	5	B2	3,2	B3,5	4,7



**Рис. 1.** Гистограмма прочности пенобетона, содержащего 30% природного (П) или горелого (ГорП) песков литейного производства стали



**Рис. 2.** Промышленная установка по производству неавтоклавного пенобетона ОАО «Жилстрой», Орел



**Рис. 3.** Турбулентный пенобетоносмеситель для индивидуальных производств и малых предприятий

тона. В основу технологии положена концепция, использующая знания в области безусадочных и расширяющихся цементов.

В России и за рубежом с начала прошлого века интенсивно развивается производство и применение расширяющихся цементов и соответствующих добавок к бетону [1]. Такие цементы, принятые в качестве основного сырья для неавтоклавного пенобетона, позволяют получить малоусадочный материал. Известен ряд дешевых добавок-модификаторов для цементов и бетонов, имеющих многотоннажное промышленное производство и реальные цены [2].

По существу второй проблемы следует сказать, что есть много способов и составов, повышающих прочность неавтоклавного пенобетона. Наиболее рациональным для промышленного применения являются способы и состав смеси, предусматривающие использование суперактивных ультрадисперсных микрокремнеземов. На российском рынке появился ультрадисперсный материал, содержащий более 92% диоксида кремния аморфной модификации (ТУ 5743-048-02495332-96). Микрокремнезем является отходом ферросплавного производства. Московская фирма «Лидинг» организовала поставку и реализацию продукции на территории Российской Федерации. Производителями продукции являются заводы ферросплавов Урала и Сибири.

В таблице приведены показатели прочности автоклавных и неавтоклавных ячеистых бетонов, принятые в ГОСТ 25485-89 «Бетоны ячеистые. Технические условия» и СНиП 82-02-95. В этой же таблице показаны наиболее характерные результаты лабораторных исследований оптимальных составов неавтоклавного пенобетона, содержащих 5-7% от массы цемента микрокремнезема Челябинского завода ферросплавов.

Из таблицы видно, что для ячеистых бетонов средней плотностью от 400

до 800 кг/м³ рядовой неавтоклавный пенобетон имеет класс по прочности на один-два пункта ниже, чем бетон автоклавный. Модифицированный пенобетон, содержащий микрокремнеземы, имеет класс по прочности, равный автоклавному ячеистому бетону. Предлагаемый способ и состав высокопрочного неавтоклавного пенобетона не является исчерпывающим. В этом направлении значительные результаты получены в институтах НИИЖБ, МАДИ (ТУ), МГСУ и др. [3].

Технология неавтоклавного пенобетона позволяет широко использовать не только местные сырьевые ресурсы, но и отходы промышленного производства. Эта проблема актуальна как с точки зрения промышленной экологии, так и с точки зрения снижения себестоимости пенобетона и изделий из него.

Относительно третьей проблемы общеизвестны технологические решения по утилизации зол ТЭС, отходов горнодобывающих предприятий и других отраслей. Нами завершены научно-исследовательские работы, позволяющие утилизировать в технологии пенобетона горелые пески литейного производства. Модуль крупности исследованных песков 1,89, насыпная плотность в высушенном состоянии 1,26 г/см³, истинная плотность - 54%. Работа выполнена по заказу ООО «Стройиндустрия» (г. Электросталь).

Установлено, что горелый песок литейного производства может быть рекомендован как сырьевой компонент пенобетона. Физико-механические свойства такого пенобетона представлены на рис. 1. На гистограмме показана прочность пенобетона на основе традиционного и горелого песков. Различия в прочности полученного пенобетона незначительны и не превышают допустимых отклонений. Актуальность проведенной работы подтверждается тем, что только предприятия Москвы вывозят в отвал более 100 тыс. т таких отходов в год.

Постоянное внимание к развитию технологии неавтоклавного пенобетона делает эту технологию конкурентоспособной по отношению к технологии автоклавных ячеистых бетонов и зарубежным аналогам. Создано два типа оборудования, учитывающего новые тенденции в технологии пенобетона.

Первый тип промышленный, его производительность 8 м³/ч, или 15 тыс. м³ в год (рис. 2). Эти установки успешно эксплуатируются практически во всех регионах России. Для малых предприятий нами разработан турбулентный пенобетоносмеситель производительностью 2 м³/ч (рис. 3).

Удельные капитальные вложения в организацию производства неавтоклавного пенобетона с применением указанных установок в десятки раз ниже достигнутого уровня для ячеистобетонных производств в целом. Однако эти вложения резко возрастают при организации производства изделий в металлических формах. Массовое применение получили «сотовые» формы, стоимость которых превышает 25 тыс. р на 1 м³ пенобетона. Учитывая это, разработчики технологии неавтоклавного пенобетона намерены в текущем году использовать работы ПК «Регион капитал» в части освоения комплекса резательной машины «Регион-100». Это избавит новую технологию от избыточной массы металла.

#### Список литературы

1. Михайлов В.В., Лутвер С.Л. Расширяющиеся и напрягающиеся цементы и самонапряженные железобетонные конструкции, М.: Стройиздат. 1974.
2. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. М.: Технопроект. 1998.
3. Ухова Т.А. Химические добавки-интенсификаторы твердения ячеистого бетонных изделий // Промышленность автоклавных материалов и местных вяжущих. ВНИИЭСМ. М., 1986. Вып. 8.

## Перспективы совершенствования технологии пенобетона

Одним из решающих направлений повышения физико-механических показателей пенобетона кроме известного приема вводить в состав массы различные химические и армирующие добавки по нашему мнению, является необходимость использования для получения пенобетона пены с чрезвычайно микроскопическими порами и высокой кратностью. В этом направлении в ОАО «ВНИИСТРОМ» достигнуты определенные результаты [1].

Для наглядности микропористый пенобетон в какой-то степени можно сравнить с пенопластом. Пенопласт прежде всего за счет микроскопических пор имеет хорошие физико-технические показатели. Мы считаем, что при производстве пенобетона применение пены с микроскопическими порами и при высокой степени помола сырьевых компонентов, а также ряд других мероприятий могут приблизить показатели пенобетона к показателям пенопласта.

Прежде всего на развитие производства пенобетона существенное влияние оказало изменение концепции в строительном производстве — переход на малоэтажное строительство, сокращение объема крупнопанельного строительства, известные повышения требований к теплозащитным свойствам ограждающих конструкций зданий и сооружений, переход к рыночным условиям хозяйствования и в связи с этим развитие частного предпринимательства. Можно отметить, что эти факторы

создали объективные условия для развития производства пенобетона.

В настоящее время стоимость 1 м<sup>3</sup> изделий из пенобетона на 30–50% ниже, чем стоимость аналогичных изделий из газобетона, а стоимость единичной мощности оборудования для пенобетона в несколько раз ниже, чем для газобетона. Набор комплекта оборудования для пенобетона позволяет создавать мощность от 3 до 20 тыс. м<sup>3</sup> в год, что благоприятствует бизнесу современного начинающего предпринимателя.

Среди отмеченных недостатков физико-технических свойств пенобетона существенное место занимают высокие показатели усадки этого материала. Поэтому в данной статье приводится анализ природы усадочных явлений в производстве пенобетона и некоторые результаты работ по улучшению этих показателей.

Согласно ГОСТ 25485–89 «Бетонные ячеистые. Технические условия» усадка при высыхании неавтоклавных пенобетонов не должна превышать 3 мм/м. Такая величина влажностной усадки приводит к образованию трещин. Это прежде всего касается крупноразмерных изделий, монолитных стен и покрытий. Систематические многолетние натурные обследования пенобетонов, проводившиеся под руководством Е.С. Силаenkova [2], показали, что ширина раскрытия трещин доходит до 3–5 мм.

Анализируя существующие положения, усадку в бетонах можно разделить на две составляющие: первая — усадка, обусловленная

давлением воды в капиллярах цементного камня при ее испарении, и вторая — за счет действия физико-химической контракции.

Для понимания причин усадки неавтоклавного пенобетона в результате происходящих физико-химических процессов целесообразно руководствоваться данными В.В. Михайлова, который предлагает разделить этот процесс на три основные стадии [3]:

- на первой стадии клинкерные минералы после контакта с водой интенсивно диспергируются, образуя цементный гель;
- на второй стадии гель прессыщается, и в нем начинают выкристаллизовываться новообразования. При этом объем кристаллов в 2,2 раза меньше объема геля. Процесс сопровождается образованием контракционных пустот (пор), а сам процесс называется контракцией;
- в теории расширяющегося цемента определяющей является третья стадия. Гидросульфаты алюмината кальция как добавка-модификатор сосредотачиваются на поверхности стенок новообразований в контракционных порах.

Гидросульфаты алюмината кальция после гидролиза интенсивно гидратируют с образованием игольчатых кристаллов, наиболее характерным из которых является этрингит. Сосредоточение игольчатых кристаллов, заполнивших контракционные поры, сопротивляется усадке цементного камня в момент перехода его из пластичного в упругое состояние.

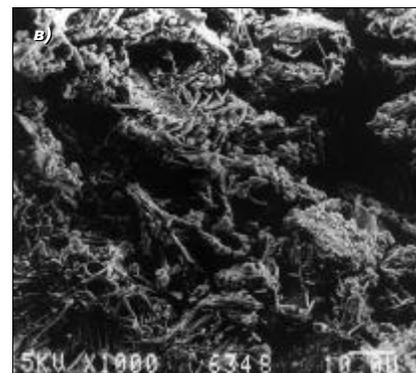
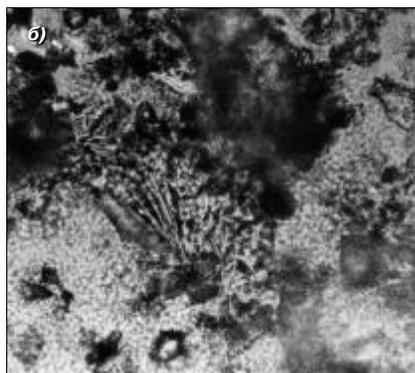
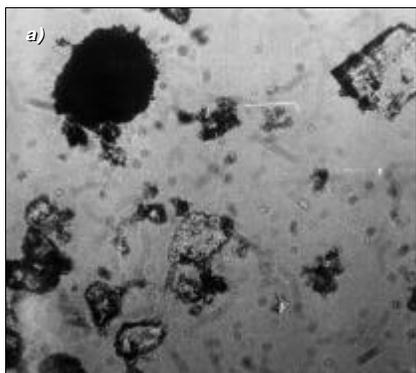


Рис. 1. Микроструктура малоусадочного неавтоклавного пенобетона на трех стадиях гидратации: а) 15 мин гидратации  $\times 500$ ; б) 60 мин гидратации  $\times 500$ ; в) 7 сут гидратации  $\times 1000$

Убедительные данные в поддержку контракционной теории малоусадочного пенобетона получены при помощи электронно-микроскопического анализа (ЭМА). Исследования проводили на растровом электронном микроскопе «JSM – 35cF» фирмы «Джеол» (Япония). Параметры съемки: ускоряющее напряжение HV=15 кВ, расстояние от образца до детектора WD – 15 мм, диафрагма = 2, экспонирование образца = 100 с. Поверхность скола образца напылялась медью ВУП-1 в вакууме 1,10 мм рт. ст. Затем образец визуально просматривался при различных увеличениях в интервале 250–10000 раз, типичные и характерные участки фотографировались.

В качестве объекта исследований использован неавтоклавный пенобетон с сульфатоалюминатной добавкой типа «Алак», которая производится на подольском заводе «Цементор».

На рис. 1 показаны микрофотографии процесса гидратации малоусадочного пенобетона. Из фотографии видно, что в первые 15 мин гидратации наблюдается образование мелкодисперсных фаз. Появились первые «реснички» этрингита на добавке.

Далее этрингит заметно растет на добавке. Мелкодисперсная фаза увеличивается. В концентрированных местах скопление этрингита образует конгломерат с соединениями C4AH13 (рис. 1а).

После 60 мин этрингит увеличивается в размерах до 3–4 мкм. Видоизменяется поверхность клинкера. Наблюдается резорбция кварца. В растворе много мелкодисперсной фазы (рис. 1б).

На 7-е сут гидратации увеличиваются гидросульфатоалюминаты кальция всех типов. Наблюдаются переплетение кристаллов этрингита и других алюмосиликатов. Алит гидратирован почти полностью. Видно, что контракционные поры почти полностью заполнены игольчатыми кристаллами, которые в начальные сроки твердения частично компенсируют усадку цементного камня (рис. 1в).

Отношение В/Т	Отношение П/Ц (песок-цемент)	Расход пенообразователя, л/м <sup>3</sup>	Плотность сухого бетона, кг/м <sup>3</sup>	Прочность после 28 сут, МПа	Добавка, %	Усадка мм/м
<b>Контрольный пенобетон</b>						
0,3	0,25	1,4	692	2	0	2,2
0,35	0,25	1,3	706	2,56	0	2,4
0,35	0,25	1,3	735	2,43	0	2,5
0,36	0,25	1,3	709	2,3	0	2,5
<b>Пенобетон с добавкой «Алак»</b>						
0,3	0,25	1,4	680	1,8	0	2,2
0,35	0,25	1,3	672	2,1	3	1,95
0,35	0,25	1,3	765	2	6	1,32
0,35	0,25	1,3	740	2,2	10	1,1

Проведенные исследования и выработанная гипотеза позволили осуществить технологический эксперимент. Неавтоклавный пенобетон был изготовлен из цемента марки ПЦ-500 ДО, песка речного мытого с модулем крупности Mk=1,1, пенообразователя «Пеностром-М». В качестве добавки модификатора использовали модификатор «Алак» и сульфатоалюминатный цемент Пашийского металлургического-цементного завода. В цементе меняли соотношение оксида алюминия и сульфат-иона. Рабочая плотность пенобетона – 700 кг/м<sup>3</sup>. Суммарное количество добавки составляет от 3 до 10% от массы цемента. Результаты экспериментов представлены в форме технологических номограмм.

На рис. 2 показаны технологические номограммы зависимости времени конца твердения цементных паст от содержания смеси активного оксида алюминия и сульфат-иона. Естественно предположить, что добавка сульфатоалюминатного типа в составе сырьевой смеси проявится как регулятор (ускоритель) твердения, так и в качестве компенсатора усадки пенобетона, что и подтвердили эксперименты.

Прямые лабораторные и поисковые определения усадки пенобетона, выполненные по стандартным методикам, приведены в таблице.

Предельное количество модификатора, вводимого в состав пенобетонной смеси, соответствует расчетному объему контракционных пор, то есть 6–10% от объема бетона.

Реальными поставщиками добавок-модификаторов в промышленных объемах являются Пашийский металлургическо-цементный завод (Пермская обл.), который производит высокоглиноземистый и сульфатоалюминатный цементы.

Завод в состоянии оперативно корректировать химический состав отпускаемого цемента в соответствии с заказом потребителя.

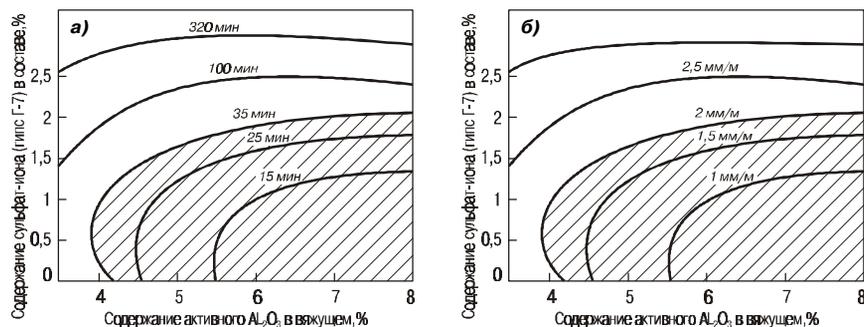
В Российской Федерации есть цементные заводы, выпускающие цементы, которые пригодны для производства малоусадочного бетона без использования добавок. К этой группе заводов относятся Пикалевский цементный завод (Ленинградская обл.), Ангарский цементный завод (Иркутская обл.), Пашийский металлургическо-цементный завод и др.

В Иркутске построен микрорайон «Радужский», состоящий из 12-этажных домов, рассчитанных на эксплуатацию при 8-балльном сейсмическом воздействии.

Приведенные данные не исчерпывают всех инженерных способов компенсации усадки, а показывают наиболее реальное техническое направление, пригодное для масштабного использования в строительной Российской Федерации.

#### Список литературы

1. Патент Российской Федерации № 2173675.
2. *Силаенков Е.С.* Долговечность изделий из ячеистого бетона. М.: Стройиздат. 1986. С. 1–4.
3. *Михайлов В.В., Лутвер С.Л.* Расширяющийся и напрягающий цементы и самонапряженные железобетонные конструкции. М.: Стройиздат. 1974, 312 с.



**Рис. 2.** Номограмма зависимости времени конца твердения цементных паст от содержания активного Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и сульфат-иона в составе вяжущего (а). Номограмма зависимости усадки цементного камня от содержания активного Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и сульфат-иона в составе вяжущего (б)

## Новый подход к технологии изготовления стеновых блоков из ячеистого бетона

ОАО «Завод ячеистых бетонов» является одним из крупнейших предприятий по выпуску деталей домостроения и сборного железобетона в Закамском регионе и единственным производителем изделий из эффективного автоклавного ячеистого бетона в Республике Татарстан. В течение 40 лет завод освоил несколько серий жилых домов, увеличил производственные мощности и стал основным поставщиком материалов и конструкций для строительства жилья в городе и близлежащих населенных пунктах. Во времена пика жилищного строительства выпуск сборного железобетона на предприятии достиг более 210 тыс. м<sup>3</sup> в год.

Практически полное прекращение строительства и резкий спад производства, вызванные экономическим кризисом в стране, поставили завод перед альтернативой прекратить производство и стать экономически несостоятельным или найти реальные пути выхода из создавшегося положения.

Развитие кирпичного строительства в городе еще больше осложнило ситуацию для нашего предприятия, выпускающего в основном детали панельного домостроения. Кроме того, резкое повышение требований по теплозащите зданий сделало невозможным строительство выпускаемой серии домов Э-0907 с 2000 г.

Это обстоятельство стало дополнительной причиной поиска рационального решения проблемы.

Усилиями специалистов завода правильное решение было найдено — объединить преимущества панельного и кирпичного строительства. Это дало возможность использовать имеющиеся мощности по выпуску изделий из ячеистого бетона и загрузить освободившиеся производственные мощности по выпуску сборного железобетона.

В новом проекте каркас жилого дома железобетонный панельный с поперечными несущими стенами с шагом 3—4,2—6 м и шелевыми плитами по периметру; наружные стены — поэтажно самонесущие — из ячеистобетонных блоков с облицовкой в 1/2 кирпича. Отличительными особенностями в новых проектах жилых зданий являются новая планировочная структура квартир, их повышенная комфортность за счет использования для ограждающих конструкций экологически чистого эффективного материала (ячеистый бетон), а также более высокая архитектурная выразительность самих зданий за счет облицовки наружных стен кирпичом.

В результате проделанной подготовительной работы наступивший 2000 г., то есть срок введения в действие требований второго этапа энергосбережения, нас не застал врасплох. Новые проекты 5-, 9-, 10-этажных жилых домов прошли ведомственную экспертизу Республики Татарстан, и уже по этим проектам построены 9-, 10-этажные дома в г. Альметьевске, продолжается

строительство 5-, 10-этажных домов в г. Набережные Челны (рис. 1, 2).

Несмотря на неоспоримые преимущества ограждающих конструкций из ячеистого бетона перед другими материалами по теплозащите, долговечности, пожаробезопасности, однослойности конструкции, для обеспечения требуемого сопротивления теплопередаче при сравнительно малой толщине стены потребовалось резкое повышение качества стеновых блоков из ячеистого бетона. Качество же стеновых блоков, изготовляемых литьевым способом в горизонтальных рамках, не соответствовало современным требованиям. Задача состояла в том, чтобы стеновые блоки по своим теплотехническим характеристикам и внешнему виду не уступали зарубежным аналогам. Только при этом условии можно было добиться экономически целесообразной толщины наружной стены в 530 мм, обеспечивающей требуемую теплозащиту.

Обобщив отечественный, зарубежный и многолетний собственный опыт производства стеновых блоков, завод своими силами спроектировал, изготовил и задействовал оригинальную технологическую линию. Техническое перевооружение действующего цеха велось без остановки производства.

Принципиальное отличие новой технологии заключается в вертикальной заливке массивов высотой 1,2 м и резке его короткими струнами. Производство высоких массивов обладает рядом преимуществ в сравнении с изготовлением горизонтальных массивов высотой 0,6 м, к основным из которых относятся:



Рис. 1.



Рис. 2.

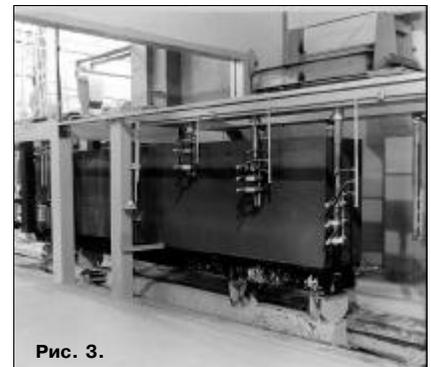


Рис. 3.



Рис. 4.

- отсутствие необходимости кантования массива при помощи сложного механизма;
- возможность резки короткой струной;
- повышение коэффициента заполнения автоклавов;
- сокращение производственных площадей.

В настоящее время изготовление стеновых блоков из ячеистого бетона на заводе осуществляется по следующей схеме:

- помол песка мокрым способом, подача шлама, цемента, извести в шлам-бассейны и расходные бункеры производятся по ранее принятой технологии;
- дозирование цемента, извести и шлама осуществляется дозаторами на тензометрических датчиках с дистанционным управлением;
- отдозированные компоненты перемешиваются в передвижной газобетономешалке и выгружаются в вертикальную бортоснастку.

Вертикальная бортоснастка состоит из стационарных открывающихся бортов и сменного поддона и имеет размеры 6000×626×1300 мм. Бортоснастка снабжена механизмом фиксации и прижима бортов к поддону, стыки поддон-борта имеют систему герметизации.

После набора необходимой пластической прочности открываются борта, и поддон с вертикальным массивом при помощи специальной траверсы, подвешенной на кран, перемещается на линию резки в составе:

- машины для срезки горбуши;
- машины для боковой резки массивов;
- машины для горизонтальной резки (рис. 3);
- вертикально-резательной машины.

Все резательные машины рассчитаны на быструю перенастройку под выпуск блоков разных типоразмеров. При вертикальной резке массива на торцах блоков выполняются потайные карманы для удобства кладки (рис. 4). Для сбора и дальнейшего использования отходов резки и горбуши предусмотрен ленточный конвейер, который расположен под резательными машинами.



Рис. 5.

Разрезанные на блоки массивы с поддонами устанавливаются на автоклавную тележку (рис. 5) и загружаются в автоклав. В одном автоклаве пропаривается одновременно 15 вертикальных массивов общим объемом 64,8 м<sup>3</sup>.

В резательном комплексе имеется и стационарная установка для разъединения слипшихся блоков (рис. 6). После разъединения блоки объемом 0,72 м<sup>3</sup> устанавливаются на деревянные поддоны размером 1000×600 мм и для обеспечения сохранности при транспортировке на специальной машине упаковываются в стрейч-пленку (рис. 7, 8), а освободившиеся поддоны возвращаются по конвейеру возврата пустых поддонов в пролет заливки. Весь комплекс резательных машин и машин по разъединению, упаковке блоков обслуживают два человека.

Выполненные на заводе работы позволили значительно улучшить качество и впервые освоить массовый выпуск стеновых блоков из ячеистого бетона со следующими характеристиками.

Плотность, кг/м <sup>3</sup> .....	400
Прочность при сжатии, МПа .....	2
Коэффициент теплопроводности в сухом состоянии, Вт/(м·°С) .....	0,087
Отклонения от заданных размеров, мм	
по длине и ширине .....	+3
по высоте .....	+2

Перечисленные показатели стеновых блоков существенно выше, чем требования ГОСТ 21520—89, что позволило их сертифицировать. В настоящее время стеновые блоки, изготавливаемые по новой технологии, по своим физико-механическим свойствам, товарному виду, упаковке не уступают зарубежным аналогам.

Известно, что кладка стеновых блоков на раствор по сравнению с кладкой на клей снижает термическое сопротивление до 20%. Поэтому на заводе создан участок по выпуску сухой клеевой смеси со специальной добавкой для высококачественной кладки стеновых блоков. Клеевая смесь, приготавливаемая на объекте путем перемешивания сухого клея с водой и имеющая высокую

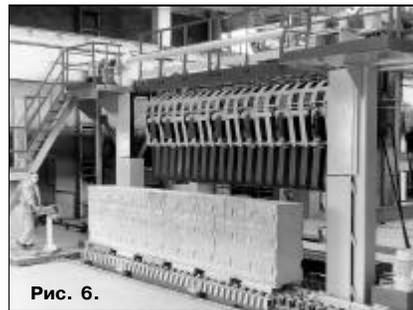


Рис. 6.



Рис. 7.



Рис. 8.

водоудерживающую способность, пластичность и жизнеспособность, позволяет вести кладку блоков из ячеистого бетона толщиной шва до 5 мм. Кроме того, применение сухих смесей на объектах позволило поднять строительную технологию на качественно более высокий уровень: это культура производства, уменьшение потерь в виде отходов, стабильность составов, снижение транспортных расходов, возможность поставки сухих смесей с сухими противоморозными добавками.

Для дальнейшего повышения качества готовой продукции и расширения номенклатуры изделий из ячеистого бетона начаты работы по освоению производства перемычек по резательной технологии, принято решение о техническом перевооружении еще одного пролета с привязкой такой же линии по выпуску стеновых блоков, утеплителя и мелкоштучных перегородок.

Благодаря постоянной работе над расширением ассортимента, гибкости, маневренности и профессионализму коллектива ОАО «Завод ячеистых бетонов» стал лидером стройиндустрии региона и уверенно вошел в новые экономические отношения.

А.П. ПРОШИН, д-р техн. наук, А.И. ЕРЕМКИН, канд. техн. наук,  
 В.А. БЕРЕГОВОЙ, канд. техн. наук, Е.В. КОРОЛЕВ канд. техн. наук,  
 А.М. БЕРЕГОВОЙ, канд. техн. наук, (Пензенская ГАСА),  
 А.А. КРАСНОЩЕКОВ, директор ОАО «Завод «Коммунальной энергетики»,  
 С.В. СОБОЛЕВ, генеральный директор ОАО «Трест «Жилстрой»,  
 А.А. ЛЯМОВ, зам. директора ЗАО «Термопор» (Пенза)

## **Ячеистый бетон для теплоизоляции ограждающих конструкций зданий и инженерных коммуникаций**

В последнее время неавтоклавный ячеистый бетон, получаемый по пенной технологии, вызывает повышенный интерес со стороны ученых-материаловедов и практиков-строителей. Жилье, построенное с использованием пенобетона, обладает повышенной комфортностью при сравнительно небольших затратах на возведение ограждающих конструкций. Наружные ограждения с конструктивными слоями из ячеистого бетона обычно обладают хорошей тепловой устойчивостью, позволяющей выравнивать колебания температуры внутреннего воздуха помещений. Отсутствие мостиков холода и швов при монолитном утеплении конструкций ячеистым бетоном существенно повышает их теплозащитные качества. К несомненным преимуществам неавтоклавного ячеистого бетона относятся: малая энергоемкость изготовления, высокая огнестойкость, экологическая безопасность, биостойкость, а также высокая степень сходства физико-химических свойств ячеистого бетона с другими материалами, используемыми в ограждающих конструкциях (кирпич, бетон, другие каменные материалы).

На кафедре «Строительные материалы» Пензенской ГАСА разработаны составы и технологии производства пенобетона, предназначенного для изготовления сборных и монолитных теплозащитных конструкций с использованием только отечественных компонентов.

Общая пористость разработанных теплоизоляционных ячеистых бетонов плотностью 200–600 кг/м<sup>3</sup> на портландцементном вяжущем достигает 92%. Очевидно, что при столь высокой степени поризации качество пористой структуры приобретает определяющее значение для материала в целом. Оптимальная ячеистая структура характеризуется наличием равномерно распределенных замкнутых и полидисперсных

по размеру пор с гладкой глянцевой поверхностью припорового слоя. Добиться получения качественной макроструктуры пенобетона возможно только при использовании взаимодополняющих технологических и рецептурных факторов.

В настоящее время на рынке химических реактивов, применяемых в производстве строительных материалов, появились эффективные отечественные пенообразующие ПАВ, которые позволяют получать в процессе перемешивания пенобетонную смесь низкой плотности. Главный недостаток таких смесей заключается в недостаточной устойчивости пеномассы, приводящей к расслоению материала и разрушению его ячеистой структуры.

С целью решения задачи по стабильному получению качественно теплоизоляционного пенобетона низкой плотности нами было использовано несколько способов повышения устойчивости пен.

Первый способ заключается в том, что в проектируемый состав вводили тонкодисперсные минеральные наполнители из основных, кислых горных пород, а также из отходов некоторых производств. Проведенные исследования и анализ полученных экспериментальных данных позволили сделать вывод, что для всех использованных в работе отечественных пенообразующих ПАВ («ПО-6К», «ПО-1», «Пеностром», «Морпен») заметное

влияние на стойкость и структуру пеномассы оказывает удельная поверхность и сорбирующая способность частиц наполнителя.

Время помола наполнителя выбиралось исходя из условия, что размеры его частиц должны быть соизмеримы с диаметрами каналов Плато в пеномассе. Соблюдение этого требования повышает возможность частичной закупорки каналов истечения жидкости из межпоровых перегородок, а значит, уменьшает скорость разрушения пеномассы.

При втором способе устойчивость пеномассы повышали путем введения в состав органических добавок, эффективно регулирующих реологические свойства поризуемого раствора в процессе изготовления материала. Однако для снижения плотности разрабатываемого материала до величин 150–250 кг/м<sup>3</sup> потребовалось изменение минералогического состава портландцемента.

Особенностью получения пенобетонов низкой плотности является достаточно большое водотвердое (В/Т) отношение, приводящее к разрыхлению материала межпоровых перегородок и повышению его усадочных деформаций в процессе твердения. Для уменьшения содержания в материале химически несвязанной воды были использованы пластифицирующие добавки.

Решение задачи по направленной модификации цементного вяжущего, выбор специальных добавок, повы-

Показатели	Плотность бетона, кг/м <sup>3</sup>			
	200*	300	400	600
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	0,055	0,08	0,1	0,14
Коэффициент паропроницаемости, Мг/(м·ч·Па)	0,27	0,26	0,24	0,17
Прочность при сжатии, кг/см <sup>2</sup>	1,7	7,5	13	25–30
* монолитный вариант				



**Общий вид установки по производству пенобетона**

шающих стойкость пеномассы, и современных пенообразующих ПАВ позволили добиться стабильного получения высокопоризованного ячеистого бетона для эффективной теплоизоляции ограждающих конструкций зданий и инженерных коммуникаций. Основные технические свойства разработанных составов пенобетона приведены в таблице.

Относительно невысокие прочностные показатели теплоизоляционных материалов низкой плотности (менее  $250 \text{ кг/м}^3$ ) компенсируются хорошей адгезионной прочностью полученного ячеистого бетона к традиционным стеновым материалам. Это позволяет снизить нагрузку на нижележащие слои пенобетона и гарантирует стабильность пеномассы в процессе заливки и набора прочности.

Достоинством разработанного материала является его невысокая себестоимость, что обусловлено использованием недорогих и недефицитных сырьевых компонентов, а также высокой степенью насыщения объема материала воздушной фазой. В случае укладки высокопоризованного пенобетона в стеновые конструкции, которые изготовлены из материалов, сильно всасывающих воду (кирпич плотностью менее  $1800 \text{ кг/м}^3$ , блоки из автоклавного ячеистого бетона, деревянные конструкции), рекомендуется предварительно обработать поверхность последних специальными гидрофобизирующими составами.

Отличительная способность разработанных составов — возможность регулирования требуемого среднего размера пор в интервале от 0,6 мм до 6 мм путем изменения содержания модифицирующих добавок и В/Т отношения. Направленное регулирова-

ние структуры пор позволяет варьировать такими важнейшими свойствами материала, как прочность, теплопроводность, водопоглощение. При оптимальном соотношении сырьевых компонентов и технологии изготовления наблюдалось качественное улучшение структуры и эксплуатационных свойств пенобетона.

Необходимым условием получения качественной пенобетонной смеси является использование пеногенератора и технологии изготовления, соответствующей реологическим и другим особенностям поризуемого раствора. Для приготовления материала была использована одностадийная технология, основанная на способе сухой минерализации пены. Отличительной особенностью выбранной технологии является совмещение операций приготовления пены и пенобетона в одной рабочей емкости, что значительно упрощает механическую часть технологической линии по производству теплоизоляционного пенобетона.

В ходе работ по выпуску опытной партии разработанного утеплителя были внесены необходимые изменения в конструкцию пеногенератора и дозирующих устройств, скорректирован состав материала. Проведенные мероприятия позволили существенно повысить качество готовой пеномассы и добиться стабильного выхода пенобетона заданной средней плотности при объеме замеса до 350 л.

Полный цикл получения пенобетонной смеси, включающий в себя дозирование компонентов, их загрузку, приготовление пеномассы и пенобетона, а также укладку полученной массы в металлические формы, не превышает 10 мин. Размеры выпущенных блоков  $240 \times 400 \times 600 \text{ мм}$ .

С целью уменьшения усадочных деформаций материала и повышения технологичности его изготовления пенобетон после набора необходимой пластической прочности пропаривается в течение 12 ч при температуре  $+80^\circ\text{C}$  для плотности  $400 \text{ кг/м}^3$  и выше и  $+50^\circ\text{C}$  для плотности ниже  $300 \text{ кг/м}^3$ .

На основании положительных результатов, полученных в ходе на-

турных опытно-технологических испытаний, было принято решение о проектировании мини-завода по производству неавтоклавного теплоизоляционного ячеистого бетона в Пензе. На сегодняшний день закончен монтаж оборудования и компоновка технологической линии. Все технологическое оборудование для изготовления разработанного материала установлено на одной металлической раме размерами  $10 \times 10 \times 6,5 \text{ м}$  (см. рисунок).

Использование современных электронных дозаторов позволило обеспечить необходимую точность загрузки сыпучих компонентов. Технические возможности сконструированной технологической линии предусматривают подключение персонального компьютера, управляющего дозировкой и процессом поризации раствора. Выпуск материала в промышленном масштабе планируется начать весной 2002 г.

Разработанный пенобетон может быть использован в ряде конструктивных схем наружных ограждений для тепловой защиты каркасных и бескаркасных зданий различной этажности: межкаркасное сборное и монолитное заполнение из материала плотностью  $250\text{--}300 \text{ кг/м}^3$ , кладка слоистая с металлическими связями и колодцевая, трехслойные бетонные стеновые панели, наружные стены блочные или монолитные в несъемной опалубке из плит ЦСП или асбестоцемента, теплоизоляционный слой материала плотностью  $350\text{--}400 \text{ кг/м}^3$  в чердачной крыше или на совмещенном покрытии здания.

При этом, как показывает теплотехнический расчет, выполненный в соответствии с новыми изменениями СНиП II-3-79\*\* «Строительная теплотехника», обеспечивается небольшая материалоемкость ограждающих конструкций для территорий II климатического района, характеризуемых величинами градусо-суток отопительного периода (ГСОП) до 5000. Например, толщина наружного однослойного ограждения из ячеистого бетона плотностью  $200 \text{ кг/м}^3$  находится в пределах 25–30 см, а общая толщина трехслойной стеновой панели не превышает 40 см.

**Комплекты технологического оборудования для производства неавтоклавного пенобетона и изделий на его основе**

Производительность ..... до  $5 \text{ м}^3/\text{ч}$   
 Габариты (в зависимости от количества пеногенераторов)..... не более  $10 \times 10 \times 6,5 \text{ м}$   
 Численность персонала ..... 2 человека  
 Потребляемая мощность ..... не более 30 кВт

**По вопросу приобретения мини-завода обращаться по адресу:**

440028, г Пенза, Пензенская государственная архитектурно-строительная академия  
 Проректор по научной работе, доктор технических наук, профессор А.П. Прошин  
 Телефон/факс: (841-2) 62-05-01 Email: [proshin@gasa.penza.com.ru](mailto:proshin@gasa.penza.com.ru)

## Эффективность применения фибропенобетона в современном строительстве

Наряду с традиционными строительными материалами ячеистый бетон следует считать эффективным стеновым материалом настоящего и будущего [1]. Обладая высокими теплозащитными свойствами и теплоаккумулирующей способностью, этот материал предотвращает значительные потери тепла зимой и позволяет избежать слишком высоких температур в помещениях летом. Его применение позволяет исключить резкие колебания температуры в помещениях, что обуславливает благоприятный микроклимат как для нормальной жизнедеятельности людей, так и для работы приборов и установок, чувствительных к изменениям температуры и относительной влажности воздуха. Факторы конкурентоспособности стеновых материалов приведены в табл. 1.

Ячеистый бетон обладает всеми основными преимуществами, отвечающими современным требованиям к строительным материалам по теплозащитным свойствам, но при этом он требует высокой культуры

выполнения строительных работ. В условиях энергетического кризиса высокие теплозащитные свойства строительного материала имеют первостепенное значение, так как расходы на содержание зданий при постоянно растущей стоимости энергии все больше определяются расходами на отопление и кондиционирование.

Пенобетон как разновидность ячеистого бетона в последнее время получил интенсивное развитие в ряде стран Западной Европы, Японии и США. Особенностью применяемых там технологий является необходимость доведения компонентов до удельной поверхности 2500–5000 см<sup>2</sup>/г, что существенно усложняет технологический процесс и повышает их стоимость.

С точки зрения экологической эффективности затрат на производство, безавтоклавные ячеистые бетоны являются самыми перспективными. Однако объем их применения в строительстве сравнительно невелик. Недостаточное использование безавтоклавных ячеистых бетонов связано

с такими свойствами, как склонность к расслоению при формировании массивов и высокие усадочные деформации в период твердения и эксплуатации, чрезвычайно высокая чувствительность к колебаниям температуры окружающей среды в период от укладки смесей в опалубку до окончания схватывания.

И тем не менее в связи с актуальностью проблемы энергосбережения строительному комплексу следует обратить внимание на эффективные технологии изготовления безавтоклавных ячеистых бетонов, предназначенных для монолитного и сборного применения. На это нацеливает строителей ряд программ, принятых правительством, в том числе и «Свой дом». Эта программа утверждена Госстроем РФ и рекомендует шире применять малозергемкие методы монолитного полигонного и сборного строительства.

Такой способ монолитного и сборно-монолитного строительства объектов был применен немецкими строительными фирмами при ре-

Таблица 1

Показатели свойств	Кирпич	Ячеистые бетоны	Бетонные блоки	Минвата	Пенополимеры	Фибропенобетон
Коэффициент конструктивного качества	5–16	0,5–13	4–17	1	1–17	1–14
Экологическая чистота в условиях эксплуатации	5	5	5	2	1	5
Термическое сопротивление стены толщиной 0,5 м (Вт/°С)	0,86–0,6	7,14–0,77	1–0,56	10–6,5	11,5–6,5	7,14–0,83
Коэффициент звукопоглощения	0,1–0,2	0,5–0,7	0,1–0,3	0,2–0,8	0,3–0,7	0,6–0,9
Устойчивость к виброзагрязнению и сейсмическим воздействиям	1	0,8	1,5	0	0,5	5
Пожароопасность	5	5	5	3	0	5
Обрабатываемость, гвоздимость	2	3	2	3	3	5
Потребность в защите от атмосферных воздействий	4	3	5	0	2	5
Итого баллов	<b>28–38,8</b>	<b>29–35,3</b>	<b>28,6–41,3</b>	<b>23,2–20,3</b>	<b>22,3–23,7</b>	<b>37,7–44,7</b>
Морозостойкость (циклы)	15–50	0–75	50–200	0	0–50	10–150
Потери при транспортировке, складировании и монтаже, %	0,5–2	5–15	0,5–1	0,5–2	0,5–2	0,1–0,2
Цена 1 м <sup>2</sup> стены с нормируемым термическим сопротивлением, р	1400	810	1440			1140

**Примечания.** 1. Коэффициент конструктивного качества определяется отношением прочности к плотности.  
 2. Чем выше термическое сопротивление, тем ниже эксплуатационные расходы на отопление и кондиционирование.  
 3. Чем выше коэффициент звукопоглощения, тем лучше звукоизоляция помещения.  
 4. Показатель морозостойкости регламентирует потребность в защите конструкции (при Мрз < 35 стену надо штукатурить или защищать другим способом).

Таблица 2

Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при сжатии, МПа	Прочность на растяжение при изгибе, МПа	Морозостойкость, циклы	Теплопроводность, Вт/(м·°С) при 8% W*	Толщина наружной стены, м, для Ростова-на-Дону	Масса 1 м <sup>2</sup> стены**, кг
200	0,5	0,2–0,3	не норм.	0,09	0,23	46
300	0,7–0,9	0,2–0,5	не норм.	0,11	0,28	84
400	1–1,2	0,5–0,8	не норм.	0,14	0,36	144
500	1,5–2	0,7–1	30–50	0,18	0,47	235
600	2–2,5	0,9–1,3	50–80	0,22	0,57	342
700	2,5–3,5	1,1–1,8	80–120	0,26	0,69	483
800	3,5–5	1,5–2,8	100–150	0,33	0,85	680
900	4–7,5	2–3,5	100–150	0,37	0,96	864
1000	5–10	2,5–4,5	100–150	0,41	1,06	1060

**Примечание.** В соответствии с требованиями к термическому сопротивлению ограждающих конструкций по СНиП II-3-79\* Госстроя России «Строительная теплотехника», М., 1999, термическое сопротивление стены для климатических условий г. Ростова-на-Дону составляет 2,57 м<sup>2</sup>·°С/Вт.  
\* W – влажность, % по массе; \*\* масса 1 м<sup>2</sup> стены, термическое сопротивление которой составляет 2,57 м<sup>2</sup>·°С/Вт.

конструкции центра Берлина после воссоединения Германии. Кроме того, что он показал свою технико-экономическую эффективность, такой способ строительства, по нашему мнению, является экологически щадящим окружающую среду. А экологические критерии, выражающиеся в суммарной энергоёмкости производства единицы продукции, на современном этапе развития цивилизации самые главные, поскольку именно результаты инженерной деятельности человека на планете Земля привели к глобальным изменениям климата. И если не уменьшать затраты расходуемой энергии, то нарушения экологического равновесия окружающей среды, ярко проявившиеся в XX веке, в XXI могут стать необратимыми.

Для развития монолитного строительства нужны универсальные по набору сырьевые компоненты и простые в конструкционном отношении технологические линии. Такие линии позволяют в построечных условиях изготавливать эффективные стеновые и теплоизоляционные материалы, а также изделия конструкционного назначения типа перемычек, плит покрытий и перекрытий. В наиболее полной мере этим требованиям может удовлетворять технология фибропенобетона естественного твердения, поскольку негативное влияние перечисленных выше факторов на эксплуатационные свойства ячеистобетонных материалов и изделий из них может быть устранено путем дисперсного армирования синтетическими волокнами. Свойства фибропенобетона различной плотности приведены в табл. 2.

Синтетическая дисперсная арматура (фибра) как протяженная поверхность раздела фаз является важней-

шим структурообразующим компонентом в пенобетонных смесях. Физические и геометрические параметры фибры (вещественная природа, площадь поперечного сечения и длина) и ее количество определяют:

- длительность сохранения сформированной в смесителе ячеистой структуры;
- меру дефектности межпоровых перегородок и, как следствие, механические свойства затвердевшего бетона;
- возможность расширения сырьевой базы строительства за счет повышенной устойчивости смесей к расслоению и осадке;
- снижение энергоёмкости производства за счет широкого применения пеносмесей различной плотности в монолитном и сборном строительстве.

Особенности формирования структуры фибропенобетонных смесей таковы, что время, необходимое для их расслоения под действием гравитационных сил и за счет колебаний температуры окружающей среды, увеличивается в несколько раз, а сроки схватывания, как и в традиционных ячеистобетонных смесях, регламентируются рецептурой. Эти особенности позволяют изготавливать высококачественные фибропенобетонные массивы даже в построечных условиях и укладывать фибропенобетонные смеси при среднесуточной температуре +2°С. Существующие нормативные документы ограничивают возможность применения традиционных пенобетонных смесей температурой +15°С.

Опыт применения фибропенобетона плотностью 700 кг/м<sup>3</sup> при среднесуточной температуре +2°С имеет ООО «МИС», который осуществил укладку фибропенобетон-

ной звукоизоляции в ноябре–декабре 2001 г. на строительстве жилого дома в микрорайоне «Миллениум» в Ростове-на-Дону [2].

Результаты испытаний контрольных образцов, отобранных из отформованных массивов, показали, что через сутки после укладки на железобетонное перекрытие фибропенобетон имел прочность при сжатии 0,4–0,6 МПа (то есть при хождении по поверхности отформованного массива не оставалось следов). Расслоения по высоте не наблюдалось, хотя для изготовления смеси использовался речной песок с модулем крупности 1,12, а соотношение цемент:заполнитель составляло 1:1.

Фибропенобетон отличается: низкая энергоёмкость производства, обширная и недефицитная сырьевая база, простая и поддающаяся полной автоматизации технология, высокие эксплуатационные и гигиенические свойства, возможность утилизации изделий, утративших свои потребительские свойства.

Обобщая вышеизложенное, можно заключить, что при таких свойствах, какими обладает фибропенобетон, его можно считать одним из самых эффективных стеновых и теплоизоляционных материалов.

#### Список литературы

1. Кузнецов Ю.С., Новокрещенова С.Ю., Новокрещенов В.Д., Голикова Л.Н. Региональные экологические аспекты строительной индустрии. В кн.: «Современные проблемы строительного материаловедения», мат-лы VII ак. чт. РААСН, Белгород, 2001, Ч. 1. С. 290–292.
2. Протокол технического совета в ООО «Монолитное индустриальное строительство» от 25 декабря 2001 г. Ростов-на-Дону.

## Теплоизоляционный пенобетон

В соответствии с ГОСТ 25485–89 «Бетоны ячеистые. Технические условия» теплоизоляционный неавтоклавный ячеистый бетон имеет марку по средней плотности от D500 до D300, класс по прочности при сжатии от B1 до B0,5, нормируемый для марок D500 и D400, и коэффициент теплопроводности в сухом состоянии не более 0,12 Вт/(м·°С) для D500 и не более 0,08 Вт/(м·°С) для D300.

Белгородскими производителями пенобетона освоено производство изделий марки по плотности D300 для наружной теплоизоляции фасадов зданий и устройства теплоизоляции в кирпичной кладке. Кроме того, освоена технология монолитных работ по устройству теплоизоляции кровли и заливке теплоизоляционного слоя в кирпичной кладке пенобетонными смесями.

Опыт производства свидетельствует о том, что при изготовлении теплоизоляционного пенобетона требуется стабильность характеристик сырьевых материалов и технологических параметров производства для гарантированного получения такой низкой средней плотности пенобетона, как марка D300. Сырьевыми компонентами являются портландцемент ПЦ 500-Д0, сухой пенообразователь ТАСМ и вода. Выпущены и испытаны опытные партии сухой смеси для изготовления пенобетона марки D300, что существенно упрощает работу прежде всего в условиях строительной площадки и практически исключает влияние субъективного фактора — квалификации оператора смесителя на качество пенобетона.

Приготовление теплоизоляционной пенобетонной смеси производится в пенобетоносмесителе специальной конструкции и включает смешение компонентов, стабилизацию и гомогенизацию массы. Вспенивание смеси осуществляется за счет подачи в смеситель сжатого воздуха. Контроль качества теплоизоляционного пенобетона показывает, что достигается стабильное получение средней плотности 290–300 кг/м<sup>3</sup>, средней прочности при сжатии не менее 0,5 МПа и коэффициента теплопроводности не более 0,07 Вт/(м·°С).

Пенобетонные смеси теплоизоляционного пенобетона имеют повышенное водоцементное отношение, составляющее для проектной марки D300 величину 0,8–0,9. Это предопределяет склонность смесей к расслоению, которое проявляется на макро- и микроуровне. Расслоение на макроуровне за счет отделения воды ведет к получению брака и свидетельствует о нарушении регламента технологического процесса. Расслоение на микроуровне имеет место для всех пенобетонных смесей и приводит к снижению прочностных показателей пенобетона. Водоотделение и седиментацию частиц твердой фазы в микрообъемах пенобетонной смеси может уменьшить или даже исключить введение водоудерживающих добавок.

Принципиальным решением в технологии теплоизоляционного пенобетона является применение высокодисперсных цементов. При удельной поверхности цемента свыше 600 м<sup>2</sup>/кг становится возмож-

ным получение пенобетон марок по средней плотности D200 и D400. Суспензия высокодисперсных частиц цемента размером менее 50 мкм может быть получена непосредственно в технологии пенобетона за счет фракционирования цемента общестроительного назначения седиментацией. В таблице приведены результаты испытаний теплоизоляционного пенобетона, изготовленного традиционным способом минерализации пены и способом, разработанным специалистами БелГТАСМ на фракционированном седиментацией цемента.

Роль высокодисперсных частиц цемента при изготовлении теплоизоляционного пенобетона состоит в получении нерасслаиваемых смесей и мелкопористой структуры пенобетона. Частичная гидратация зерен цемента при его фракционировании седиментацией, а также быстрая и полная гидратация высокодисперсных частиц цемента при твердении теплоизоляционного пенобетона не влияют на его основное функциональное свойство — коэффициент теплопроводности.

Одним из основных вопросов качества теплоизоляционного пенобетона является снижение его усадки, которая обуславливает трещинообразование. Усадка при высыхании неавтоклавных ячеистых бетонов марок по средней плотности D500 и ниже не нормируется и не влияет на теплопроводность пенобетона. Натурные исследования показали, что усадка в изделиях из теплоизоляционного пенобетона марки D300 вызывает появление на наружной поверхности изделий сети мелких трещин размером до 0,5 мм с расстоянием между ними в среднем 30 мм или крупных трещин размером свыше 1 мм, расположенных на расстоянии в среднем 150 мм. Трещины появляются, как правило, спустя месяц после изготовления изделий, когда они находятся на строительной площадке. Причиной трещинообразования являются градиент влажности по толщине изделия, а также карбонизационная усадка.

Вопросы усадки и трещинообразования в теплоизоляционном пенобетоне снимаются при его армирова-

Марка пенобетона по средней плотности	Фактическая средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при сжатии, МПа, в возрасте, сут			Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)
		3	7	28	
<b>Минерализация пены</b>					
500	530	1,31	1,67	1,93	0,11
400	420	0,33	0,68	1,01	0,085
300	320	0,19	0,37	0,66	0,063
<b>Способ БелГТАСМ</b>					
400	410	0,42	0,75	1,12	0,082
300	290	0,2	0,43	0,72	0,059

нии. Обследование наружной теплоизоляции из армированного минеральным волокном пенобетона марки D300 площадью более 500 м<sup>2</sup> показало, что ни в одном из изделий трещин не образовалось. Имеющиеся данные позволяют сделать вывод, что для повышения трещиностойкости пенобетона можно использовать нещелочестойкое волокно. Его взаимодействие с ингредиентами твердеющего цемента на начальном этапе увеличивает адгезию, а последующая карбонизация и снижение pH обеспечивает сохранность волокон в це-

ментном камне межпоровых перегородок пенобетона.

Второе направление, позволяющее уменьшить усадку и увеличить прочность пенобетона, заключается в пластификации пенобетонной смеси. В производственных условиях испытан пластификатор, совместимый с пенообразователем, что снизило количество воды для приготовления пенобетонных смесей на 15–20%. Образцы серии, выпиленные из изделий марки D500, через 3 сут имели прочность 1,1 МПа при влажности 25 мас. %, а

прочность при сжатии пенобетона марки D300 после 28 сут твердения составила 0,73 МПа.

Освоение производства изделий и монолитных работ из теплоизоляционного пенобетона с маркой по средней плотности D300 и ее снижение до D200 является перспективным и экономически целесообразным. Развитие промышленной технологии теплоизоляционного пенобетона с низкими средними плотностями позволит получить материал, альтернативный минераловатным изделиям и пенопластам.

**РЕКЛАМА**

## «Гэликон»

### один из крупнейших поставщиков кровельных материалов на российском рынке

Компания «Гэликон» является одним из крупнейших поставщиков кровельных материалов на российском рынке. Компания торгует широким спектром разнообразных видов импортной металлочерепицы, битумной кровли (мягкой черепицей и гофрированными листами на основе целлюлозного волокна), а также сайдингом, мансардными окнами, гидро- и пароизоляционными пленками, утеплителем, кровельными саморезами, водосливными системами.

Металлочерепица – строительный материал, широко используемый во многих странах мира. Его успех объясняется следующими свойствами:

- высокая прочность и легкость;
- долговечность;
- стойкость против коррозии.

Стальные листы имеют полимерное покрытие, обеспечивающее повышенную коррозионную стойкость. Оно является эффективным барьером, предотвращающим воздействие кислорода и влаги на сталь.

Компания представляет к продаже металлочерепицу со следующими видами полимерных покрытий:

- полиэстер – наиболее популярное и недорогое тонкое покрытие в виде пленки, образующее глянцевую поверхность разнообразных цветов;
- матовый полиэстер – в полтора раза более толстое полимерное покрытие, придающее металлу бархатистый внешний вид;

- пурал – новое, базирующееся на полиуретане покрытие, наиболее стойкое к воздействию ультрафиолетовых лучей;
- пластизол – покрытие в виде толстой пленки. Предлагаемый компанией к продаже пластизол HPS-200 имеет гарантию фирмы производителя при нормальных уклонах кровли до 27 лет.

Одним из наиболее интересных кровельных материалов является мягкая битумная кровля. Ее использование наиболее целесообразно при сложных куполообразных конструкциях. Мы предлагаем к продаже мягкие кровли финских производителей KATEPAL, Lemminkäinen (Pikipoika), Isoral, наиболее подходящие для России по климатическим показателям.

Компания «Гэликон» является авторизованным дилером шведской компании «Atlas», производящей высококачественные стальные кровельные саморезы, покрытые полимером под цвет кровли. Саморезы комплектуются алюминиевой шайбой и специальной долговечной уплотнительной резиновой прокладкой.

Инженеры нашей компании готовы профессионально произвести компьютерный расчет кровельных и стеновых материалов и комплектующих.

*Перечисленные товары всегда имеются в наличии на складе в Москве.*

# МЕТАЛЛОЧЕРЕПИЦА



**LEMMINKÄINEN**



**KATEPAL**



**FAKRO**

**Битумная ЧЕРЕПИЦА**

**Мансардные ОКНА**

**ГофроЛист**

**ВОДОСЛИВ, Гидроизоляция**

**САЙДИНГ**

От \$3.6

(095) 913-3436, 286-1112, 282-7474

Филиалы:

- “Маяковская” 250-80-62, 785-24-89
- “Петровско-Разумовская” 480-76-00
- “Рижская” 926-87-19

## **Эффективные термоблоки для ограждающих конструкций жилых и промышленных зданий и сооружений**

Строительные термоблоки (ТБ) представляют собой мелкие трехслойные стеновые элементы для сборного строительства и предназначены для использования:

- в качестве самонесущих теплоизоляционных элементов в ограждающих конструкциях многоэтажных жилых и промышленных зданий;
- в качестве несущих элементов в малоэтажном строительстве (коттеджи, гаражи, постройки сельскохозяйственного и промышленного назначения, теплые склады и ангары и т. д.) (рис. 1).

Строительные ТБ изготавливаются в виде трехслойной конструкции с наружным фасадным слоем, средним теплоизоляционным слоем и несущим (самонесущим) слоем, которые скрепляются дискретными связями — металлическими, обработанными антикоррозийным составом, стеклопластиковыми или жесткими из пенобетона.

В качестве эффективного утеплителя используется пеноизол, пенополиуретан, пенополистирол, волокнистые базальтовые материалы в виде теплоизоляционных плит типа Rocwool, Paroc и т. п.

Кладка наружных стен выполняется на клеевых или кладочных мелкодисперсных смесях, толщина шва до 5 мм.

При изготовлении ТБ используется сертифицированная отечественная промышленная технология производства пенобетона, а также сертифицированные отечественные и зарубежные теплоизоляционные материалы. Это обеспечивает получение продукции полностью отвечающей современным эксплуатационным, гигиеническим и экологическим требованиям.

Фасадный слой выполняется из пенобетона (керамзитопенобетона) марки по плотности не ниже D800, или из мелкозернистого бетона с гладкой или рельефной поверхностью. Для придания фасадам архитектурной выразительности фасадный слой может быть окрашен в массу. Толщина фасадного слоя колеблется

от 10 до 100 мм. При окончательной отделке фасада готового здания возможно нанесение красок, штукатурных и других фасадных покрытий.

Теплоизоляционный слой рекомендуется размещать ближе к фасадной поверхности, а его толщина зависит от климатической зоны строительства. Например, для Москвы и Московской области она составляет 120 мм при использовании пенополистирола марки ПСБ-С25.

Несущий (самонесущий) слой изготавливается из пенобетона или керамзитопенобетона (КПБ). Толщина несущего слоя составляет не менее 150 мм в случае применения в малоэтажном строительстве для зданий не выше двух этажей, с маркой по плотности не менее D800, класс прочности на сжатие не менее В 2,5. Толщина самонесущего слоя назначается с учетом пожарной безопасности и необходимой тепловой инерции здания.

В табл. 1 приведены основные характеристики ТБ, промышленное производство которых осваивается ЗАО «Фибробетон».

Технология изготовления ТБ включает следующие операции:

- изготовление связей из проволоки  $\varnothing$  3–5 мм с защитой от коррозии путем окунания в «цементное молочко»;
- изготовление термовкладышей из пенополистирола путем резки его раскаленной нихромовой нитью;

- введение связей в термовкладыши и установка термовкладышей в формы, обработанные эмульсолом;
- изготовление пенобетонной смеси по турбулентно-кавитационной технологии, разработанной ЗАО «Фибробетон», патент РФ № 2081099, плотностью смеси D800, класс на сжатие В2,5;
- заливка фасадного и несущего слоев с введением керамзитового гравия по разработанной технологии (без перемешивания в бетоносмесителе);
- выдержка, тепловлажностная обработка, распалубка, складирование.

Эксперименты в производственных условиях показали, что при применении пенополистирола марки ПСБ-С15 или пеноизола происходит существенное поглощение влаги из пенобетонной смеси, что приводит к нежелательной усадке ее в форме. По этой причине применение ПСБ-С15 и пеноизола возможно только при условии их гидрофобизации.

С целью снижения усадочных явлений в пенобетоне и уменьшения его распалубочной влажности была проведена работа по введению в пенобетонную смесь керамзитового гравия. В табл. 2 приведены данные о влиянии увлажнения и времени вибрации на пустотность керамзитового гравия, используемого в изготовлении термоблоков методом раздельной укладки.



Рис. 1

Таблица 1

Характеристики	Размер блока 300×200×400 мм			
	Утеплитель			
	пенополистирол ПСБ-С25		волоконная плита Rockwool	
	D600 КПБ	D800 КПБ	D600 КПБ	D800 КПБ
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	300	500	350	550
Термическое сопротивление, (R)	3,4	3,2	3,4	3,2
Усредненный коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К) ( $\lambda$ )	0,08	0,09	0,08	0,09
Прочность при сжатии, МПа	0,5	1,5	0,5	1,5
Морозостойкость	F25	F25	F25	F25

Таблица 2

Обработка керамзита	Время вибрации, с	Объем керамзита, дм <sup>3</sup>	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Пустотность, %
Керамзит сухой	0	8	377	40
	6	7,2	419	33
	20	7,2	419	33
	40	7,2	419	33
Керамзит, обработанный горячей водой	0	8	377	40
	6	7,2	419	33
	20	7,2	433	31
	40	7,2	433	31

Таблица 3

Масса навески до увлажнения M <sub>1</sub> , г	Время увлажнения, мин	Масса навески после увлажнения, M <sub>2</sub> , г	Водопоглощение W <sub>погл.</sub> , %	Влажность W, %
5	880	963	9,4	14,4
10	845	928	9,8	14,8
20	893	988	10,6	15,6
30	890	985	10,6	15,6
45	868	960	10,7	15,7
60	863	955	10,7	15,7

Таблица 4

Конструкция стены	Конструкция и толщина фундаментных блоков, м	Стоимость 1м <sup>2</sup> стены без учета внутренней отделки, р	Стоимость 350 м <sup>2</sup> , р	Стоимость фундаментных блоков 120 шт., р	Общая стоимость стен с фундаментом 4+5, р	Разница стоимости материалов стены и фундамента по сравнению с ТБ, р	Стоимость дополнительно полученной площади за счет более тонкой стены из ТБ, при стоимости 1м <sup>2</sup> 6000 р, р	Суммарный экономический эффект от ТБ в сравнении с приведенными конструкциями 7+8
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>а</b>	ФБС – 0,5	911	318850	110400	429250	101350	185640 (31м <sup>2</sup> )	286990
<b>б</b>	ФБС – 0,6	890	311500	124200	435700	107800	241740 (40м <sup>2</sup> )	349540
<b>в</b>	ФБС – 0,5	1132	396200	110400	506600	178700	165240 (27м <sup>2</sup> )	343940
<b>г</b>	ФБС – 0,4	690	241500	86400	327900	–	–	–

Экспериментальные данные, приведенные в табл. 2, показывают, что виброуплотнение уменьшает пустотность сухого керамзита на 18%, а увлажненного – на 24%. Увлажнение керамзита позволяет достичь более высокой степени упаковки зерен при виброуплотнении керамзита в форме, но при этом не достигается задача выведения влаги из пенобетонной смеси с целью снижения распалубочной влажности.

В табл. 3 приведены экспериментальные результаты водопоглощения керамзита в зависимости от длительности нахождения его в воде, которые могут быть использованы при расчете количества воды, «высасываемой» керамзитовым гравием из пенобетонной смеси.

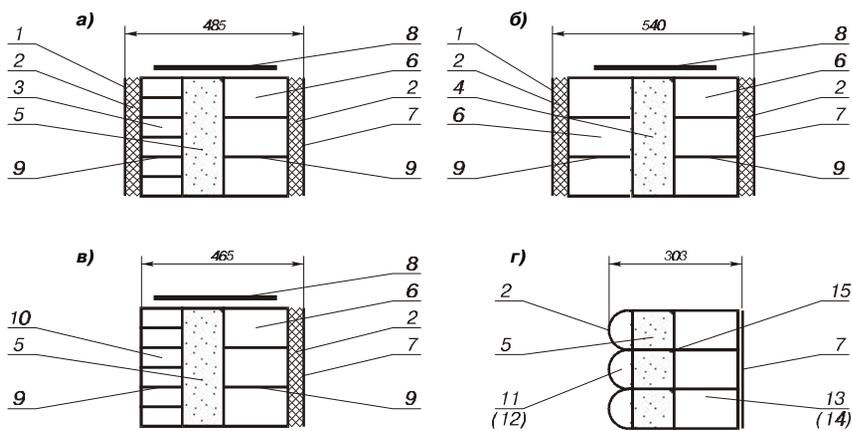
Максимальное количество влаги, принимаемое керамзитовым гравием, не превышает 10 мас. % при естественной влажности керамзитового гравия 5%. Это позволяет с большей точностью проектировать состав пенобетонной смеси и значительно снизить распалубочную влажность.

Для изготовления керамзитопенобетона была использована технология поэтапного формования, при которой исключается применение бетоносмесителя для перемешивания керамзитового гравия и пенобетонной массы.

Основной принцип поэтапного формования заключался в введении в форму керамзитового гравия с последующей пропиткой его пенобетонной смесью в процессе виброуплотнения.

Недостатком этого способа является наличие виброуплотнения, которое отрицательно влияет на срок эксплуатации формооснастки, увеличивает энергопотребление и негативно отражается на здоровье рабочих.

В связи с этим была проведена серия производственных экспериментов, в результате которых отработана технология безвибрационного перемешивания керамзитового гравия и пенобетонной смеси при формировании несущего слоя ТБ.



**Рис. 2.** Варианты ограждающих конструкций: **а)** оштукатуренный кирпич, пенополистирол, пенобетон; **б)** оштукатуренный пенобетон, пенополистирол, пенобетон; **в)** облицовочный кирпич, пенополистирол, пенобетон; **г)** несущий (самонесущий) термоблок: 1 – фасадная краска; 2 – штукатурка 20 мм; 3 – кирпич 125 мм; 4 – пенополистирол 100 мм; 5 – пенополистирол 120 мм; 6 – пенобетонный блок 200 мм; 7 – затирка, шпаклевка, покраска; 8 – кладочная сетка; 9 – раствор 15 мм; 10 – кирпич облицовочный 125 мм; 11 – фасадный слой ТБ 28 мм; 12 – фасадный слой ТБ 68 мм; 13 – несущий слой 150 мм; 14 – самонесущий слой 110 мм; 15 – клеевой раствор 5 мм

Результатом этой работы стал новый строительный материал – термоблок, имеющий существенные преимущества:

- при необходимости легко изменять толщину теплоизоляционного слоя в соответствии с назначением возводимого объекта и географическим местом строительства, что очень важно для страны, в которой имеются почти все климатические зоны;
- благодаря высокой геометрической точности изготавливаемой продукции появляется возможность применения в кладке клеевых составов с толщиной слоя до 5 мм, что ведет к существенному сокращению теплопотерь;
- уменьшение толщины наружных стен позволяет увеличить полезную площадь строящегося здания при равной площади застройки;
- высокая пожаробезопасность при использовании пенополистирола. Последнее преимущество объясняется тем, что в случае примене-

ния ТБ наружные ограждения разделяются несгораемыми слоями клеевого (цементного) состава, на котором были уложены ТБ, что создает препятствие для распространения огня внутри стены.

На рис. 2 приведены варианты ограждающих конструкций, применяемых в современном строительстве с одинаковым термическим сопротивлением. Экономический расчет произведен на примере двухэтажного дома площадью застройки 121 м<sup>2</sup> с подвалом и мансардой, площадью стен 300 м<sup>2</sup> и фронтонов 50 м<sup>2</sup> (табл. 4).

Из данных табл. 4 видно, что экономический эффект от применения ТБ составляет от 12% до 15%. Необходимо отметить также существенное сокращение сроков строительства, что приведет к дополнительной экономии средств.

Экономическую целесообразность применения самонесущих ТБ в качестве материала для ограждающих конструкций в монолитнокаркасном здании предлагается рассмо-

треть применительно к 25-этажному трехподъездному дому площадью застройки 45×12 м с площадью стен 9 тыс. м<sup>2</sup>, и суммарным поэтажным периметром капитальных стен (45×2+12×2)×25=2850 м.

При применении ТБ можно уменьшить толщину стен на 0,18 м для всего дома. Это дает увеличение площади на 2850 м × 0,18 м = 513 м<sup>2</sup>. Дополнительно полученная инвестором прибыль составляет весьма внушительную сумму. Удешевление стен по сравнению с кирпичными составляет 135 тыс. у.е. Удешевление фундамента и монолитного каркаса за счет облегчения всего здания составит примерно 12–15%.

Широкие возможности и технико-экономическая целесообразность применения термоблоков требуют более детального и глубокого изучения этого направления в науке, проектировании и промышленном применении.

### ЗАО «ФИБРОБЕТОН»



строительные технологии и оборудование

- технология и оборудование по производству пенобетонов
- производство пенобетонных блоков, термоблоков и стальной фибры

Россия, 107143, Москва, 2-й Иртышский пр. 6

Телефон: (095) 782-5480  
Факс: (095) 462-0743

РААСН, Госстрой России, Ассоциация строительных вузов, НИИСФ, МГСУ, ВНИИстром им. П.П. Будникова, РНТО строителей в рамках мероприятий, посвященных 10-летию создания РААСН проводят всероссийский семинар, 22–23 апреля, Москва

## Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий

- Современное состояние промышленного производства и применения гипсовых материалов и изделий в отечественной и зарубежной практике
- Номенклатура гипсовых вяжущих и изделий
- Влияние рыночных отношений на производство гипсовых вяжущих и изделий
- Вопросы строительной теплофизики и акустики при применении гипсовых материалов и изделий в строительстве
- Новые разработки в области гипсовых вяжущих и изделий
- Долговечность изделий на основе гипсовых вяжущих
- Архитектурные возможности гипсовых изделий и деталей
- Эколого-экономические аспекты производства и применения гипсовых вяжущих и изделий в строительстве
- Состояние нормативно-технической базы в области производства и применения гипсовых вяжущих и изделий

Оргкомитет

127238, Москва, Локомотивный проезд, 21, НИИСФ. Тел.: (095) 482-3929, 482-40-76, 488-79-73, 488-64-92 факс: 482-40-60 E-mail: ivb@4unet.ru

В.А.ТЕРЕХОВ, канд. техн. наук, заслуженный строитель России, вице-президент ЗАО «Концерн Росстром»,  
Ю.В.ГУДКОВ, заслуженный строитель России, генеральный директор,  
Г.Я.ДУДЕНКОВА, канд. техн. наук, зав. отделом керамики ОАО «ВНИИСТРОМ»

## **Фирма «СЕРИК» – инициатор создания комплексного производства изделий для керамических стен**

Организация выпуска широкой номенклатуры высокоэффективных керамических стеновых изделий на одной технологической линии кирпичного завода без изменения основных технологических параметров имеет большое значение. Это позволяет повысить устойчивость работы кирпичного завода в рыночных условиях, а также улучшить инвестиционные и технико-экономические показатели объектов, сооружаемых из комплекта керамических изделий.

Французская фирма «СЕРИК» создала технологию, оборудование и комплексное производство высокоэффективных керамических стеновых материалов. Новые технологические процессы фирмы «СЕРИК» позволяют обеспечить выпуск изделий со шлифованным основанием для монтажа кирпичных стен на клей, что исключает образование в стене мостиков холода и резко улучшает теплофизические показатели конструкции.

Фирма «СЕРИК» предлагает три основных базовых вида пустотелых камней наружных керамических стен с созданием на их основе комплектной серии всех остальных керамических изделий (рис. 1).

Техническая характеристика базовых блоков традиционных и шлифованных, а также стен на их основе представлены в таблице.

Авторы статьи в 2001 г. по приглашению фирмы «СЕРИК» посетили завод «Штурм» в Бечсдорфе

близ Страсбурга, завод лицевого керамических изделий «Пасема», завод по производству керамической черепицы в Сан-Жермере.

Завод «Штурм» первым начал выпускать изделия со шлифованным основанием в 1996 г. Его производственная мощность 860 т/сут.

Кирпичный завод «Штурм» уже 50 лет специализируется на производстве продукции для кирпичных стен, преимущественно многпустотных блоков с вертикальными пустотами. На новых производственных мощностях выпускается более 100 различных видов кирпича и блоков, включая 35 различных видов кирпичей со шлифованным основанием, которые составляют 65% общего объема производства. Размеры продукции от малого формата 115×240×71 мм массой 1,65 кг до больших форматов 300×495×238 мм массой 30 кг. Средняя плотность кирпича 0,6–1,4 кг/дм<sup>3</sup>.

Продукция используется в основном для несущих стен, чаще – для однослойных, которые соответствуют требованиям стандартов по тепло-, звукоизолирующим параметрам. Особый интерес специалистов вызывают блоки со шлифованным основанием, которые в дальнейшем укладываются на клей для максимального уменьшения мостиков холода.

Монтаж строительных конструкций и поставку комплектного оборудования отделений массоподготовки и формовки выполнила фирма «Rieter Werke», D-Konstanz.

Сырьем является смесь двух глин. После вылеживания и предварительной обработки в вальцах глина через два ящичных питателя и ленточные дозаторы подается в бегуны модели K20-80/MSS-B производительностью 155 т/ч с центральной подачей материала и центральной опорой.

Бумажный переработанный (гранулированный) шлам может быть добавлен в сырьевую смесь через третий ящичный питатель с последующим ленточным дозированием. Шлифовальная пыль и добавки подаются в бегуны через силос. В бегунах материал измельчается, перемешивается и доувлажняется. Влажность смеси измеряется электронной системой.

Последующая линия переработки состоит из вальцов грубого помола и вальцов тонкого помола с распределителем материала. Последовательность установки позволяет получить конечный размер частиц глины около 0,8 мм.

После переработки материал распределяется по двоянному продольному шихтозапаснику. Эти две последовательные емкости шихтозапасника оборудуются конструкцией «бок о бок». Емкости хранения со стенами высотой около 15 м спроектированы так, что бок стены соответствует возможностям движения экскаватора, чтобы исключить зависание оставшегося продукта в слое у бетонных стен. Специальные конструкции стрелы экскаватора и ковшей

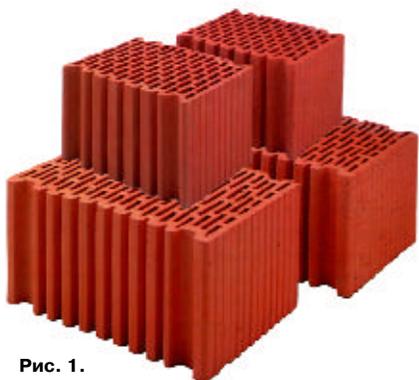


Рис. 1.

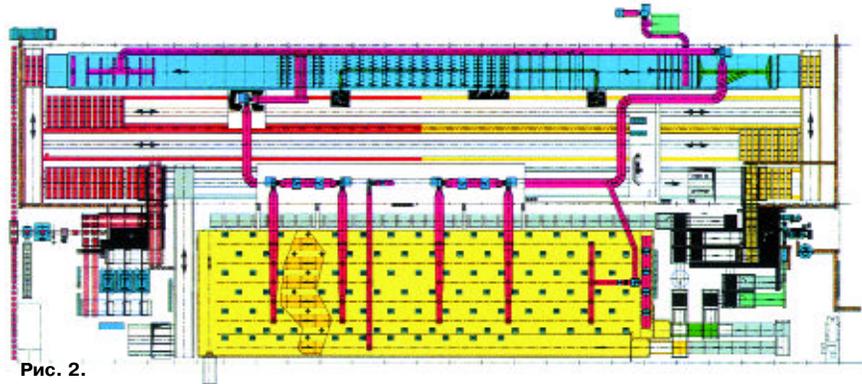


Рис. 2.

Показатели	Основные технические показатели					
	Толщина стен 200 мм		Толщина стен 300 мм		Толщина стен 370 мм	
	Тип блоков		Тип блоков		Тип блоков	
	Традиционные (Т-20)	Шлифованные (R-20)	Традиционные (Т-30)	Шлифованные (R-30)	Традиционные (Т-37)	Шлифованные (R-37)
Формат, мм	200×240×500	200×249×500	300×240×250	300×249×250	375×240×250	375×249×250
Масса одного блока, кг	18	18,2	14	14	17,2	17,3
Масса 1 м <sup>2</sup> стены, кг	185	135	300	280	360	330
Толщина слоя, мм: растворного клевого	10–20	1	10–20	1	10–20	1
Термическое сопротивление блока, м <sup>2</sup> ·К/Вт	0,76	0,76	2,42	2,42	3,06	3,06
Предел прочности при сжатии, МПа	12	12	10	10	8	8
Звукоизолирующая способность, R <sub>w</sub> , дБ	44	44	47	47	51	51

обеспечивают аккуратную и организованную разгрузку материала даже при пересечении стен глинохранилища, разделяющих его на боксы.

Мощная линия первичной переработки сырья до шихтозапасника, большая емкость шихтозапасника, разделенного на секции, позволили компактно разместить новое производство, которое обеспечило выпуск необходимого для создания керамической стены ассортимента (рис. 2).

Из двух глинохранилищ материал передается ленточным транспортером в вальцы тонкого помола в формовочное отделение. Растиратель модели SR 1900-S является комбинированным экструзионным механизмом. Растиратель с емкостью диаметром 1900 мм и высотой 2040 мм еще больше гомогенизирует глиняную массу. На этом этапе также регулируется влажность материала.

При установленной мощности оборудования 110 кВт перерабатывается 95 т/ч сырья при перфорации сетчатого механизма ячейками размером 30×12 мм.

Растиратель сопряжен с двухвальным смесителем модели VDWM 2610 и экструдером модели SP 650/600 из серии VARIAT.

Для регулирования подачи необходимого количества сырья в зависимости от формата продукции приводные двигатели обоих агрегатов имеют контроллеры, изменяющие число оборотов.

Сырец укладывается на сушильную раму группами (2–4 в зависимости от размера блока). В целях предотвращения деформаций используются захватывающие или сдвигающие механизмы, группирующие и разделяющие блоки с использованием специального ленточного конвейера, электронно синхронизированного с продвигающимся сушильным перекладчиком пакетировщика.

Сушильный перекладчик пакетировщика группы нагруженной продукции затем помещает на сушильные квадратные палеты (2900×2900 мм), которые в зависимости от вида блоков могут быть автоматически повернуты на 90° для совмещения на-

правления отверстий с воздушным потоком в сушилке (рис. 3). Палеты непрерывно поднимаются, устанавливаясь одна над другой на стеллаже высотой от 5 до 16 рядов на сушильной вагонетке (рис. 4).

Сушилки размером 1,8×30×7 м оборудованы пятью путями для 30 сушильных вагонеток, имеется возвратный путь для 12–20 сушильных вагонеток, так что законченный цикл сушки может быть выполнен за 28 ч.

Каждая зона сушки имеет систему автономного регулирования параметров процесса сушки. Часть горячих газов подается вентилятором из печи, другая часть подается из газового теплогенератора. 102 вентилятора типа «Rotalsec» обеспечивают рециркуляцию агента сушки в сушилке.

На выходе из сушилок палеты, развернутые при загрузке, вновь поворачиваются на 90° для пропуска на подъемную установку. Все операции полностью автоматизированы.

Добавление бумажных отходов в массу глины вызывает появление коррозионных газов в зоне подготовки печи. На заводе действует



Рис. 3.



Рис. 4.



Рис. 5.



Рис. 6.

печь фирмы «СЕРИК» с огнеупорной внутренней облицовкой и коррозионной защитой оборудования системы нагревания.

Печь (включая подготовку) имеет длину 180 м, ширину – 7 м и высоту (над подом печной вагонетки) – 1,62 м. Цикл обжига 22 ч при температуре 980°C (рис. 6).

В ней использован песчаный затвор, проект которого был оптимизирован. Воздушное пространство ниже вагонетки было разделено на пять секций. Каждая секция снабжена подающим и отсасывающим вентиляторами, что позволяет получить лучшее равновесное давление.

Для поддержания постоянной температуры сгорания бумажной добавки установлены две охлаждающие рециркуляционные системы в зоне подготовки (рис. 5).

В зоне обжига печи действует десять зон по 20 газовых горелок в своде.

Дымовые газы дожигаются в СТР-окислительной установке, после чего выбрасываются наружу.

Энергетический расход на сушку и обжиг составляет около 230 Мкал/т.

Шлифовальная установка размещена вблизи участка разгрузки печных вагонеток и упаковки готовой продукции. Это позволяет минимизировать перемещение при выпуске традиционной и шлифованной продукции.

Три шлифовальные машины Wassmer пригодны для шлифования кирпича. Они были приобретены в 1995–1996 гг. и используются с тех пор без каких-либо аварий и поломок.

Дополнительно используется бесшумный агрегат для шлифовки изделий специальных форматов. Так же как и все установки завода шлифовальные агрегаты имеют надежные укрытия в виде акустических кабин.

После каждой шлифовки механический датчик проверяет шлифовальные размеры. На агрегате имеется очистительная система, которая очищает блоки воздушным потоком. На автоматической смазывающей установке обеспечивается защита от проникновения пыли в движущиеся части механизмов.

Обработанные изделия переворачиваются на 90° для палетной укладки на шлифованную поверхность.

Поддоны после загрузки подаются на автоматическое пакетирование в термоусадочную пленку и штабелируются двойным потоком на ленточных конвейерах (рис. 7).

Производство высокоэффективных пустотелых изделий с поризованным черепком осуществляется на специализированной технологической линии, что связано с особенностями подготовки и ввода поризующих добавок (опилки, бумажные отходы), а также необходимостью переналадки обжиговых печей и созданием дополнительной зоны утилизации тепла и нейтрализации продуктов сгорания от сжигания большого количества выгорающих добавок, создания антикоррозионной защиты оборудования и огнеупорной облицовки обжигательного канала в зоне подготовки печи.

Во Франции широко распространено производство и применение керамической черепицы. Черепицу производят различных размеров и формы от 22 до 6,8 шт. на 1 м<sup>2</sup>.

Посещение современной черепичной линии в Сен-Жермере уреди-



Рис. 7.



Рис. 8.



Рис. 9.



Рис. 10.

тельно доказало, что получение качественной черепицы в значительной степени определяется отсутствием ручного труда, особенно при транспортно-укладочных операциях (для укладки, съема, садки и пакетирования используются роботы) (рис. 8) и применением гипсовых форм в автоматических штамповочных прессах.

Сушка и обжиг черепицы осуществляются при укладке ее на отдельные огнеупорные поддоны, устанавливаемые в горизонтальном положении на печной вагонетке в этажерку (рис. 9).

Таким образом, сушка черепицы происходит в многозонной туннельной сушилке с шириной канала, равной ширине обжигового канала, что значительно упрощает процесс производства и исключает необходимость перекладки черепицы с сушильных стеллажей на печные вагонетки.

Широко распространены и линии с традиционной схемой транспортно-укладочных операций, особенно при производстве ленточной черепицы. Представляет интерес, что для облегчения веса кровли ленточная черепица формируется пустотелой.

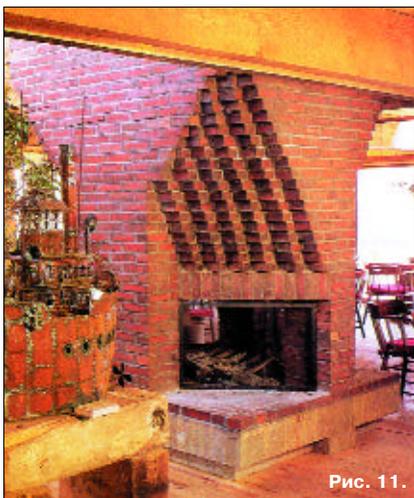


Рис. 11.

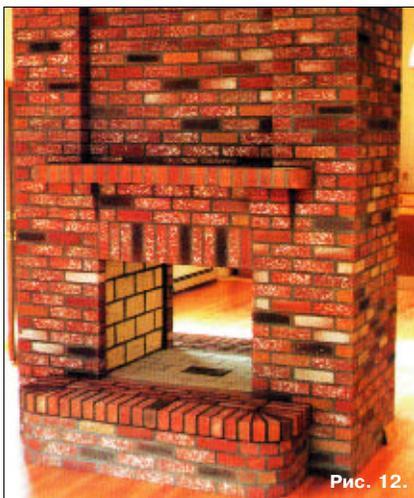


Рис. 12.

Характерной особенностью производства и применения лицевых керамических изделий является широкая цветовая гамма выпускаемого кирпича с большим разнообразием тонов, в том числе пестрых, называемых «леопард», «колибри» и т. д.

Кирпич используется не только как лицевой стеновой материал, но и для создания малых архитектурных форм: заборов, колодцев, шашлычниц, погребков, цветочных клумб, садовых скамеек и т. д., внутренней отделки помещений: фрагменты стен, камин, кухни (рис. 11, 12).

На кирпичном заводе, расположенном в предместье Парижа (завод «Пасема») на двух технологических линиях наряду с автоматизированным производством стандартного кирпича существует и возможность выпуска различных фигурных изделий и плитки «под кирпич», которые на печные вагонетки укладываются вручную. На заводе проведена реконструкция без остановки производства, построены новые камеры сушилок с пол-

ной автоматизацией процесса сушки, организовано производство стеновых блоков с облицовкой плиткой под кирпичную кладку.

В организации производства керамических изделий во Франции обращает на себя внимание:

- применение многокомпонентных шихт на основе различных глин (две и более глин), а также красящих оксидов для объемного окрашивания, топливосодержащих добавок для создания восстановительной среды в садке кирпича и получения «пятнистой» лицевой поверхности;
- создание конусов используемого сырья с запасом не менее года-двух на территории завода;
- при наличии нескольких технологических линий после шихтозапасника до шихтозапасника предпочтение отдается одной линии с мощным перерабатывающим оборудованием (каменывалительные валы, бегуны, валцы тонкого помола);
- использование шихтозапасников с многоковшовым экскаватором продольного копания;
- применение для гомогенизации и усреднения преимущественно круглых смесителей с протирачной решеткой (глинорастирателей), служащих одновременно и питателями перед смесителем пресса, взамен мешалок с фильтрующей решеткой;
- складирование поддонов с кирпичом в три и более рядов по высоте.

*Эффективность реконструкции действующего производства или быстрая окупаемость новых мощностей прямо зависит от правильного подбора и компоновки технологического оборудования. В свою очередь набор необходимого оборудования определяется в зависимости от предполагаемого ассортимента продукции.*

В.В. ИВАНИЦКИЙ, канд. техн. наук, Н.А. САПЕЛИН, канд. техн. наук,  
А.В. БОРТНИКОВ, инженер (ОАО «ВНИИСТРОМ»)

## Теоретические и практические аспекты оптимизации структуры пористых бетонов

Предложенные ранее ВНИИСТРОМом меры по повышению качества пенобетона (применение более эффективного пенообразователя, ограничения по дисперсности песка и обработка смеси цемента и влажного песка в стержневой мельнице-смесителе) [1, 2], а также технические новинки других организаций [3] позволяют получить сравнительно однородные по плотности пенобетонные изделия. Однако их прочность соответствует средним и нижним пределам показателей, регламентируемых стандартами для неавтоклавных бетонов.

На основании анализа фактических прочностных характеристик материалов, выпускаемых предприятиями, и изучения структуры пенобетонных изделий нами сделано предположение о том, что причиной указанного является недостаточное количество «строительного материала» для образования бездефектной структуры.

Ниже, исходя из толщины перегородок каркаса пористых бетонов различной структуры, приведены результаты анализа и расчетов теоретически возможных и реально допустимых требований к дисперсности сырья и предложены некоторые направления совершенствования пористых бетонов.

Общую зависимость относительной плотности изделия ячеистой структуры можно представить в виде:

$$\frac{\rho}{\rho_0} = 1 - \frac{K_1}{\left(1 + \frac{b}{d}\right)^3}, \quad (1)$$

где  $K_1$  – коэффициент структуры, показывающий величину максимально возможной пустотности.

По нашим расчетам и литературным данным [4]:

- $K_1 = 0,52$  – при кубической упаковке шаровых пустот;
- $K_1 = 0,68$  – при упаковке шаровых пустот в ячейках 14-гранника;
- $K_1 = 0,74$  – при гексагональной упаковке шаровых пустот в ячейках 12-гранника;
- $K_1 = 0,785$  – при упаковке эллипсоидных пустот в ячейках 14-гранника;
- $K_1 = 1$  – при структуре материала, состоящего из многогранников с одинаковой толщиной перегородок.

Как следует из зависимости (1), наименьшая плотность достигается при  $K_1 = 1$ , то есть когда пространственная структура материала состоит из многогранников с одинаковой толщиной перегородок и напоминает соты. Параметры этой структуры получены математическим расчетом и являются перспективным и идеальным ориентиром для практики.

Рассмотрим приведенную на рис. 1 и полученную из уравнения (1) зависимость минимальной толщины перегородок в пенобетоне различной плотности от разме-

ра пор при одинаковых размерах ячеек и плотности перегородок –  $1650 \text{ г/см}^3$ , соответствует расчетно-экспериментальному значению при составе сырьевой смеси: цемент/песок = 50/50 и при  $B/T = 0,3$ .

Анализ полученных показателей минимально возможной толщины перегородок в пенобетоне наглядно свидетельствует о необходимости более жесткого подхода к дисперсности песка и любого другого кремнеземистого компонента, используемого в производстве пенобетона, а при низких плотностях – и к дисперсности цемента. Например, при порах 1–2 мм (реально максимальный размер пор в пенобетоне) и плотности  $900 \text{ кг/м}^3$  минимальная толщина перегородок не может быть более 0,3–0,6 мм; при плотности  $600 \text{ кг/м}^3$  – 0,17–0,32 мм; при плотности  $400 \text{ кг/м}^3$  – 0,1–0,2 мм, а при плотности  $300 \text{ кг/м}^3$  – менее 0,09 мм.

В соответствии с ранее полученными данными [4] малодефектная и достаточно прочная перегородка может быть получена из 3–5 частиц цемента и песка по толщине перегородки. Соответственно средней, а возможно, даже максимальный размер частиц цемента и песка, образующих эту перегородку, должен быть в 3–5 раз меньше минимальной толщины перегородки, приведенной на рис. 1.

Кроме того, реальные ячеистые структуры представляют собой гексагональную упаковку полидисперсных шаровых пустот и обеспечивают только 68–82%-ную пустотность, то есть для этих структур необходимо принимать  $K_1 = 0,68$ –0,82.

Значит, с точки зрения получения малодефектной и прочной ячеистой структуры, реальные размеры частиц исходных материалов должны быть еще меньше, то есть

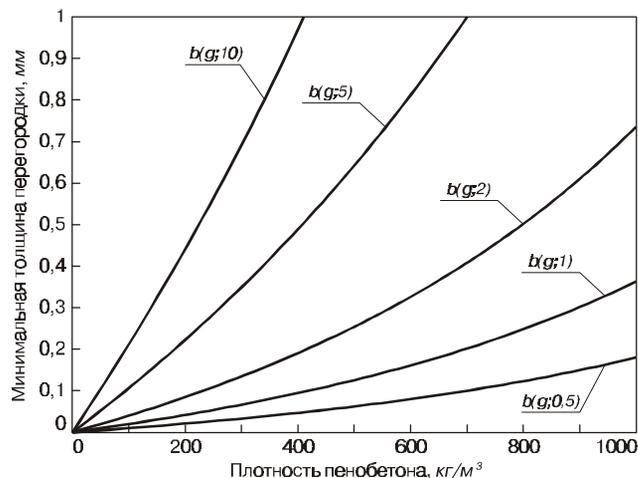


Рис. 1. Зависимость минимальной толщины перегородок (b) в пенобетоне различной плотности от размера пор при идеальной сотовой пространственной структуре

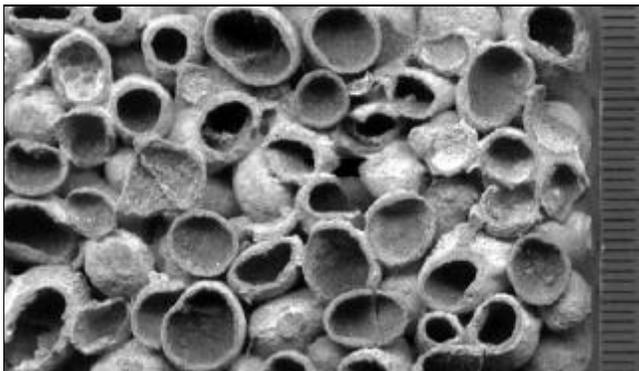


Рис. 2. Зернистая омоноличенная структура теплоизоляционного материала (цена деления 1 мм)

не более десятков, а при низких плотностях и единиц микронов. В противном случае требуемые характеристики изделий или нереально получить, или их основные свойства не в полной мере удовлетворяют потребителя.

Данные рис. 1 наглядно свидетельствуют также о перспективности создания крупнопористых ячеистых и сотоподобных структур с размером пустот 3–5 мм, а возможно, 5–20 мм и более.

Однако создание промышленно приемлемых технологий строительных изделий с такой структурой проблематично, хотя и небесперспективно, и это направление должно быть предметом научно-технического поиска. Примером может служить изготовление легкого бетона на цементном вяжущем и вспученном полистирольном наполнителе «методом самоуплотняющихся масс» [4], базирующемся на «довспенивании» пенополистирольных гранул с цементным раствором в закрытом объеме с превращением гранул в многогранники и с образованием сотоподобных ячеек, замкнутых в плотные и прочные цементные оболочки, образующие неорганический несущий каркас в относительно малопрочном органическом пенополистирольном теле.

Один из других возможных путей — частичное или полное удаление строительного материала из каналов Плато [5] в ячеистой структуре, где он (материал) практически является утяжеляющим балластом, — переход к зернистой и зернисто-ячеистой структуре изделий.

Это направление приобрело практическое значение после разработки во ВНИИСТРОМе промышленно-приемлемого способа формования пустотелых силикатных зерен диаметром от 2–5 до 40 мм и толщиной оболочки от 0,1 до 2,5 мм. В настоящее время уже получен силикатный пустотелый зернистый материал шарообразной формы с минимальной насыпной плотностью до 200 кг/м<sup>3</sup>. Расчеты и полученные результаты свидетельствуют о возможности снижения плотности до 100–150 кг/м<sup>3</sup>.

Такие зерна после твердения (сырье цемент и наполнитель) или обжига (сырье глина) могут использоваться как теплоизоляционные засыпки или для изготовления теплоизоляционных изделий. В последнем случае сразу после формования зерна укладываются в форму и легко уплотняются. В результате твердения или обжига места контактов омоноличиваются и образуется зернистая и даже в ряде случаев сотоподобная структура. Фотография этой структуры приведена на рис. 2.

Приведены также варианты создания различных промежуточных структур. Фотография зернисто-ячеистой структуры, полученной из зернистого материала в качестве заполнителя и пенобетона в качестве теплоизоляционного заполнителя межзерновой пустотности, показана на рис. 3.

Параметры получения и свойства конструкционно-теплоизоляционных изделий с такой структурой:

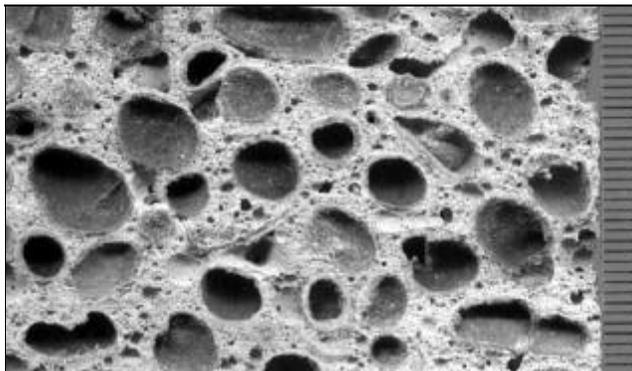


Рис. 3. Зернисто-ячеистая структура конструкционно-теплоизоляционного материала (цена деления 1 мм)

Исходная сырьевая смесь, % (цемент и песок, обработанные совместно в сырьевой мельнице-смесителе)

цемент	.....	45
песок с $M_{кр.}=1,07$	.....	55
$S_{уд.}$ смеси, см <sup>2</sup> /г	.....	около 1600
$B/T$		
при получении зерен	.....	0,15–0,2
при получении пенобетона	.....	0,3–0,34
при изготовлении изделий	.....	0,2–0,24
Время достижения распалубочной прочности, ч	.....	5–8
Плотность бетона, кг/м <sup>3</sup>	.....	740–820
Предел прочности, кг/см <sup>2</sup>		
при сжатии	.....	45–57
при сжатии «классического»		
пенобетона такого же состава		
и плотности (справочно)	.....	25–35

Эти результаты подтверждают расчетно-теоретические данные о целесообразности создания строительных изделий зернистой и зернисто-ячеистой структуры, обеспечивающей при использовании грубодисперсного немолотого песка получение конструкционно-теплоизоляционных бетонов с прочностью, соизмеримой с прочностью автоклавных ячеистых бетонов на основе молотых исходных компонентов.

Перспективной является также ведущаяся в настоящее время разработка технологии различных видов теплоизоляционных засыпок и изделий зернистой и зернисто-ячеистой структуры плотностью 100–400 кг/м<sup>3</sup> на основе минеральных вяжущих, зол, глин и других материалов.

Таким образом расчетно-экспериментальным путем показаны направления повышения качества пенобетонных и других поризованных изделий. Это применение исходных твердых компонентов с размером частиц, обеспечивающих возможность образования прочных перегородок в традиционных ячеистых структурах; создание технологий изделий, обеспечивающих формирование омоноличенной зернистой и сотоподобной структуры с размером пор, превышающим 3–5 мм.

#### Список литературы

1. Бортников А.В. Методика оценки пригодности песка в производстве пенобетонных изделий // Материалы IV научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и докторантов. Строительство — формирование среды жизнедеятельности. МГСУ. 2001.
2. Иваницкий В.В., Бортников А.В., Гаравин В.Ю., Бугаков А.И. Новый вид пенообразователя для производства пенобетона // Строит. материалы. 2001. № 5. С. 35–36.
3. Проспектные материалы по «баротехнологии» пенобетона, ЗАО «Строминноцентр», М., 1999.
4. Горлов Ю.П. Технология теплоизоляционных и акустических материалов и изделий. М., 1989.
5. Тихомиров В.К. Пенны. М., 1975.

## Фазовый портрет процесса поризации газобетонных смесей

Газобетонная смесь (ГБС) является типичной гетерогенной дисперсной системой, состоящей первоначально из двух фаз – твердой (Т) и жидкой (Ж), и практически не содержит газовой фазы. Общий объем смеси складывается из объемов твердой и жидкой фаз. Принимая, что при гидратации и твердении вяжущих примерно 10% воды переходит в химически связанное состояние, то есть в состав твердой фазы, имеем:

$$V_{см} = V_m + V_{ж} = \frac{T - 0,1B}{\rho_{и}} + \frac{B}{\rho_{ж}}, \quad (1)$$

где  $V_{см}$  – общий объем смеси в исходном состоянии, м<sup>3</sup>;  $V_T$  – объем твердой фазы в смеси, м<sup>3</sup>;  $V_{ж}$  – объем жидкой фазы в смеси, м<sup>3</sup>;  $\rho_{ж}$  – плотность жидкой фазы, кг/м<sup>3</sup>;  $T$  – масса твердой фазы, кг; принимаем:  $T = 100$  кг;  $B$  – масса жидкой фазы, кг;  $B = T \cdot V/T$ , кг;  $V/T$  – заданное значение водотвердого отно-

шения;  $\rho_{и}$  – истинная плотность материала твердой фазы, кг/м<sup>3</sup>.

Относительные объемы твердой и жидкой фаз или их объемные концентрации  $K_{T1}$ ,  $K_{ж1}$  в исходном состоянии определяются:

$$K_{T1} = V_T / V_{см}, \text{ отн. ед.}, \\ K_{ж1} = V_{ж} / V_{см}, \text{ отн. ед.}, \quad (2)$$

и для исходного состояния справедливо соотношение:

$$K_{T1} + K_{ж1} = (3)$$

Отличительной особенностью ГБС является непрерывное изменение объемного фазового состава в процессе поризации и переходе смеси из начального в конечное состояние. При вводе в ГБС газообразователя в результате протекания химической реакции газы выделяются непрерывно, являющийся изменяющийся фазовый состав смеси, и в этом случае справедливо равенство:  $K_{T1} + K_{ж1} = K_{T2} + K_{ж2} + K_{г2} = 1$ , (4)

где  $K_{T2}$ ,  $K_{ж2}$ ,  $K_{г2}$  – объемные концентрации твердой, жидкой и газообразной фаз в текущем или конечном состоянии процесса поризации.

Соотношение (4) является математическим выражением закона постоянства объемного фазового состава дисперсной системы, по которому, независимо от разновидности системы и вида энергетического или технологического воздействия на нее, в любой момент времени сумма объемных концентраций твердой, жидкой и газообразной фаз системы есть величина постоянная.

Проектирование состава ГБС с использованием массовых количеств компонентов является достаточно сложной задачей, и поэтому в качестве основного метода расчета состава смеси используется метод абсолютных объемов, являющийся частным случаем закона постоянства объемного фазового состава дисперсной системы. Несомненно,

Таблица 1

$\rho_{г/б}$ , кг/м <sup>3</sup>	V/T = 0,45 $K_{T1} = 0,414$ $K_{ж1} = 0,586$			V/T = 0,5 $K_{T1} = 0,387$ $K_{ж1} = 0,612$			V/T = 0,55 $K_{T1} = 0,364$ $K_{ж1} = 0,636$			V/T = 0,6 $K_{T1} = 0,342$ $K_{ж1} = 0,657$			V/T = 0,65 $K_{T1} = 0,324$ $K_{ж1} = 0,676$		
	$K_{T2}$	$K_{ж2}$	$K_{г2}$	$K_{T2}$	$K_{ж2}$	$K_{г2}$	$K_{T2}$	$K_{ж2}$	$K_{г2}$	$K_{T2}$	$K_{ж2}$	$K_{г2}$	$K_{T2}$	$K_{ж2}$	$K_{г2}$
300	0,095	0,135	0,769	0,095	0,15	0,755	0,094	0,165	0,74	0,094	0,18	0,726	0,093	0,195	0,711
400	0,127	0,18	0,693	0,127	0,2	0,673	0,126	0,22	0,654	0,125	0,24	0,635	0,125	0,26	0,615
500	0,159	0,225	0,616	0,158	0,25	0,592	0,157	0,275	0,567	0,157	0,3	0,543	0,156	0,325	0,519
600	0,191	0,27	0,539	0,19	0,3	0,51	0,189	0,33	0,481	0,188	0,36	0,452	0,187	0,39	0,423
700	0,223	0,315	0,462	0,222	0,35	0,428	0,22	0,385	0,425	0,219	0,42	0,361	0,218	0,455	0,327
800	0,255	0,36	0,385	0,253	0,4	0,347	0,252	0,44	0,308	0,25	0,48	0,27	0,25	0,52	0,23

Таблица 2

$\rho_{г/б}$ , кг/м <sup>3</sup>	V/T = 0,45 $\frac{K_{T1}}{1-K_{T1}} = 0,706$			V/T = 0,5 $\frac{K_{T1}}{1-K_{T1}} = 0,632$			V/T = 0,55 $\frac{K_{T1}}{1-K_{T1}} = 0,572$			V/T = 0,6 $\frac{K_{T1}}{1-K_{T1}} = 0,520$			V/T = 0,65 $\frac{K_{T1}}{1-K_{T1}} = 0,479$		
	$\frac{K_{T2}}{1-K_{T2}}$	n	$\alpha_n$	$\frac{K_{T2}}{1-K_{T2}}$	n	$\alpha_n$	$\frac{K_{T2}}{1-K_{T2}}$	n	$\alpha_n$	$\frac{K_{T2}}{1-K_{T2}}$	n	$\alpha_n$	$\frac{K_{T2}}{1-K_{T2}}$	n	$\alpha_n$
300	0,105	0,148	0,851	0,105	0,166	0,834	0,103	0,181	0,818	0,103	0,198	0,802	0,102	0,214	0,786
400	0,145	0,205	0,795	0,145	0,229	0,77	0,144	0,252	0,748	0,143	0,272	0,725	0,142	0,296	0,703
500	0,189	0,268	0,732	0,188	0,297	0,702	0,187	0,327	0,673	0,186	0,358	0,642	0,185	0,386	0,614
600	0,236	0,334	0,666	0,234	0,37	0,63	0,233	0,407	0,593	0,231	0,444	0,556	0,23	0,48	0,52
700	0,286	0,405	0,595	0,284	0,449	0,551	0,283	0,495	0,505	0,28	0,538	0,462	0,278	0,58	0,42
800	0,341	0,483	0,517	0,339	0,536	0,464	0,337	0,589	0,411	0,333	0,64	0,36	0,331	0,691	0,309

что метод абсолютных объемов позволяет определить начальный состав смеси, но его трудно использовать для контроля процесса поризации смеси.

Поэтому основной целью настоящей работы является выявление закономерностей процесса поризации ГБС при переходе ее из начального в конечное состояние с использованием объемных фазовых характеристик.

В качестве исходного материала при проектировании составов неавтоклавного газобетона плотностью в пределах 300–800 кг и водотвердым отношением в пределах  $V/T = 0,45–0,65$  использовался цемент Топкинского завода марки 400 истинной плотностью  $3000 \text{ кг/м}^3$  и удельной поверхностью  $290 \text{ м}^2/\text{кг}$ . Использование только цемента в качестве твердой фазы смеси является наиболее целесообразным как с экономической, так и с технологической точек зрения при изготовлении неавтоклавного газобетона.

Заданный диапазон изменения водотвердого отношения обусловлен необходимостью определения особенностей фазового состава смеси при получении газобетона различной заданной конечной плотности. Обычно при проектировании состава газобетона значение  $V/T$  принимается в пределах  $0,6–0,65$ , что обеспечивает необходимые реологические свойства смеси, но при этом может возникнуть проблема устойчивости смеси при поризации. Устойчивость смеси можно повысить путем снижения  $V/T$  и применения поверхностно-активных разжижающих добавок.

С учетом связывания 10% воды в твердую фазу при гидратации и твердении цемента расчетное количество твердой фазы в конечном состоянии ГБС при различных значениях  $V/T$  определялось по формуле:

$$K_{T_2} = \frac{\rho_{r/6} - 0,1 \cdot m_{r/6} \cdot V/T}{\rho_u}, \quad (5)$$

где  $\rho_{r/6}$  – заданная плотность газобетона,  $\text{кг/м}^3$ ;  $m_{r/6}$  – масса  $1 \text{ м}^3$  газобетона, кг.

Объемное содержание жидкой и газовой фаз в смеси определялось по формулам:

$$K_{ж_2} = V/T \cdot \frac{\rho_{r/6}}{\rho_{ж}}$$

$$K_{г_2} = 1 - (K_{T_2} + K_{ж_2}). \quad (6)$$

Результаты расчетов фазового состава газобетонов представлены в табл. 1. Их анализ позволяет сделать следующие выводы.

1. При заданной плотности газобетона, независимо от значений

водотвердого отношения, объемная концентрация твердой фазы в смеси является величиной практически постоянной. При таких условиях также наблюдается постоянство соотношения  $K_{T_2}/(1-K_{T_2})$ .

2. При заданном значении  $V/T = \text{const}$  и различной плотности газобетона, соотношение между объемными долями твердой и жидкой фаз смеси как в исходном, так и в поризованном состоянии есть величина постоянная.
3. Зависимости  $K_{T_2} = f(\rho_{r/6})$ ,  $K_{ж_2} = f(\rho_{r/6})$ ,  $K_{г_2} = f(\rho_{r/6})$  являются линейными.

В работе [1] отмечалось, что контроль процесса перестройки структуры при поризации газобетонной смеси можно осуществить не только по объемной концентрации фаз, но и по соотношениям этих фаз в исходном и конечном состояниях с помощью структурно-энергетического параметра

$$n = \frac{K_{T_2}}{1-K_{T_2}} / \frac{K_{T_1}}{1-K_{T_1}}$$

и степени перестройки структуры  $\alpha_n = 1-n$ . Значения этих величин представлены в табл. 2. Анализ данных этой таблицы показывает, что максимальная степень перестройки структуры, или степень поризации газобетонной смеси  $\alpha_n$  достигается у смесей, рассчитанных на получение газобетона минимальной плотности и с минимальным содержанием жидкой фазы. Увеличение заданной плотности газобетона и содержания жидкой фазы в исходной смеси приводит к снижению степени ионизации.

Достаточно подробная характеристика процесса поризации газобетонной смеси, представленная в табл. 1 и 2, в целом дает представление о закономерностях этого процесса, который можно представить в двойной системе координат в виде многочисленных и разнообразных графических зависимостей.

Так как процесс поризации происходит при участии всех трех фаз дисперсной системы, есть все основания полагать, что наибольшей информативностью будет обладать графическое изображение этого процесса в тройной системе координат  $K_T-K_{ж}-K_{г}$  (см. рисунок). Основанием для такого изображения является закон постоянства объемного фазового состава газобетонной смеси, которая после введения газобразователя из исходного двухфазного состояния (Т+Ж) переходит в трехфазное (Т+Ж+Г).

Установлено, что процессы поризации и изменения объемного фазового состава смеси разви-

ваются по линии, соединяющей точку начального состава ( $K_{T_1}, K_{ж_1}$ ), лежащую на стороне треугольника  $K_T-K_{ж}$ , с вершиной треугольника  $K_{г}$ . Завершаются эти процессы в точке пересечения линии поризации с линией  $K_{T_2} = \text{const}$ , соответствующей конечному значению объемной концентрации твердой фазы в проектируемом составе газобетона (табл. 1).

После завершения процесса поризации фазовый состав поризованной смеси изменяется по линии  $K_{T_2} = \text{const}$ , соединяющей точку конца поризации с точкой пересечения линий  $K_{T_2} = \text{const}$  и стороны треугольника  $K_T-K_{г}$ . Это изменение фазового состава происходит вследствие удаления свободной воды из газобетона при его высыхании. Конечный фазовый состав газобетона на линии  $K_T-K_{г}$  соответствует расчетному составу. Закономерно возникает вопрос об увеличении количества твердой фазы при гидратации цемента после окончания процесса поризации, что должно привести к изменению фазового состава по линии  $K_{T_2} = \text{const}$ . Это будет возможно в случае, когда в составе проектируемого газобетона не учитывается химически связанная вода. В случае учета этой воды (формулы 1, 5) фактический фазовый состав газобетона будет соответствовать расчетному.

С позиций нелинейной термодинамики процесс поризации газобетонных смесей является неравновесным процессом, течение которого сопровождается самоорганизацией пористой структуры газобетона под действием потока выделяющегося газа и сил поверхностного натяжения. Самоорганизация структуры, протекающая с затухающей интенсивностью во время пребывания дисперсной системы в неравновесном состоянии, сопровождается энтропией, увеличение которой при переходе поризуемой системы из начального в конечное состояние пропорционально величине  $\ln 1/n$ .

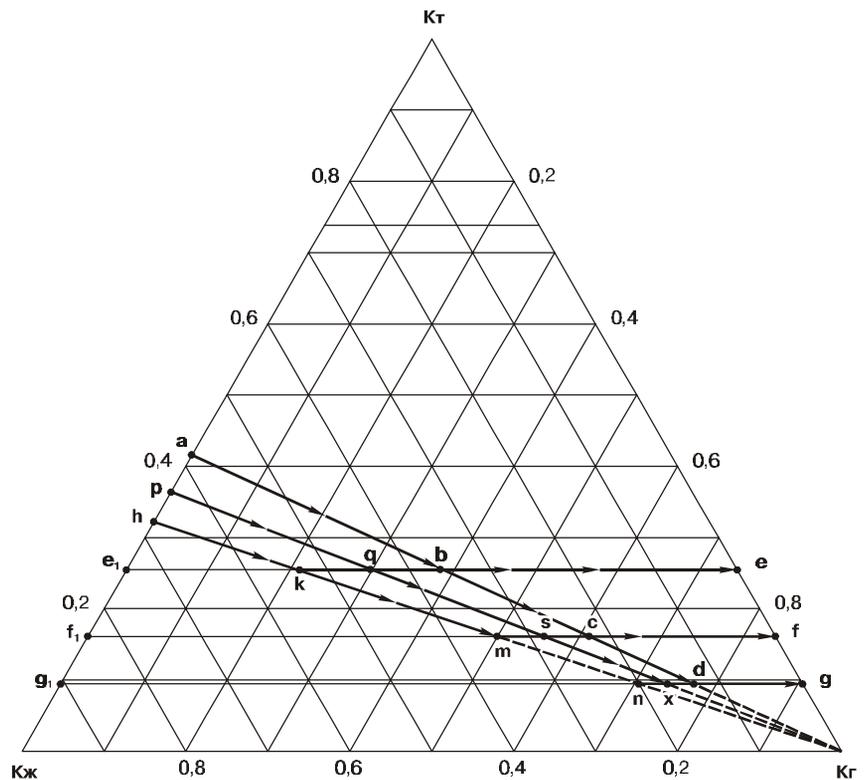
Принадлежность процесса поризации систем к числу неравновесных и линейных термодинамических процессов дает основание полагать, что траектория взаимобусловленного изменения во времени объемного фазового состава поризуемой системы при переходе ее из начального в конечное состояние есть не что иное, как фазовый портрет процесса поризации.

Графическое изображение процесса поризации бетонных смесей в тройной системе координат в виде фазового портрета значительно упрощает расчеты при проекти-

ровании составов поризованных бетонов. Для этого необходимо знать три параметра: исходное водотвердое отношение, пересчитанное на объемные доли, истинную плотность твердой фазы и заданную плотность проектируемого газобетона.

Если в состав твердой фазы входит несколько компонентов, то истинная плотность определяется по правилу аддитивности. По известным значениям  $K_{T1}$  и  $K_{Ж1}$  на стороне треугольника  $K_T$ - $K_{Ж}$  находится точка начального фазового состава, которая соединяется прямой линией с вершиной треугольника  $K_T$ . Конец процесса поризации определяется точкой пересечения линии поризации с горизонтальной линией  $K_{T2} = \text{const}$ , уровень которой определяется по значению  $K_{T2}$ , рассчитанному по формуле (5). Необходимое количество газообразователя (Al-пудра) рассчитывается исходя из соответствующего объемного содержания газовой фазы  $1 \text{ м}^3$  ГБС. Например, для получения газобетона плотностью  $300 \text{ кг/м}^3$  при  $V/T = 0,65$  требуется выделение  $0,711 \text{ м}^3$  (711 л) газа при температуре поризации.

Полученные закономерности можно использовать также при проектировании пенобетона, газо- и пеносиликатов. Достижение соответствия фактической и расчетной плотностей поризованных бетонов является достаточно сложной технологической задачей, решение которой предопределяется не только составом, но и реологическими свойствами смеси. Наличие фазового портрета позволяет выявить максимальные возможности любых составов при поризации и снизить долю эмпиризма при их проектировании. Кроме того, используя фазовый состав в качестве основы про-



**Фазовый портрет процесса поризации газобетонных смесей**

Точки: а -  $V/T = 0,45$ ,  $K_{T1} = 0,414$ ; р -  $V/T = 0,55$ ,  $K_{T1} = 0,364$ ; h -  $V/T = 0,65$ ,  $K_{T1} = 0,324$ .

Линии: ee<sub>1</sub> -  $K_{T2} = 0,25$ ,  $\rho_{r/6} = 800 \text{ кг/м}^3$ ; ff<sub>1</sub> -  $K_{T2} = 0,158$ ,  $\rho_{r/6} = 500 \text{ кг/м}^3$ ; gg<sub>1</sub> -  $K_{T2} = 0,095$ ,  $\rho_{r/6} = 300 \text{ кг/м}^3$ .

Линии поризации: abe -  $V/T = 0,45$ ,  $\rho_{r/6} = 800 \text{ кг/м}^3$ ; abcf -  $V/T = 0,45$ ,  $\rho_{r/6} = 500 \text{ кг/м}^3$ ; abcdg -  $V/T = 0,45$ ,  $\rho_{r/6} = 300 \text{ кг/м}^3$ ; hkqbe -  $V/T = 0,65$ ,  $\rho_{r/6} = 800 \text{ кг/м}^3$ ; hkmscf -  $V/T = 0,65$ ,  $\rho_{r/6} = 500 \text{ кг/м}^3$ ; hkmnxdg -  $V/T = 0,65$ ,  $\rho_{r/6} = 300 \text{ кг/м}^3$ .

цесса поризации смеси, можно оценить эффективность действия различных добавок на изменение реологических свойств и влияние этих свойств на интенсивность процесса и степень поризации. Установление взаимосвязи между составом и свойствами смесей является важнейшей теоретической и практической проблемой технологии поризованных бетонов – современных, весьма эффективных строи-

тельных материалов. Фазовый портрет открывает новые возможности для установления этой взаимосвязи и повышения качества поризованных бетонов.

#### Литература

1. Лотов В.А. Контроль процесса формирования структуры пористых материалов // Строит. материалы. 2000. № 9. С. 26–28.

научно-практический семинар

## Современные технологические схемы и оборудование дробильно-сортировочных заводов для получения высококачественного щебня

21-23 мая 2002 г., Санкт-Петербург, Васильевский остров, 22-я линия, д.3, ОАО «Механобр-Техника»

Организаторы: Горный совет Северо-Западного федерального округа, Научный совет РАН по проблемам горных наук, Межведомственный научный совет РАН по обогащению полезных ископаемых, Академия горных наук, РНТО строителей, ОАО «Механобр-Техника», ОАО «Ленстройматериалы», ОАО «ГИПРОНЕРУД», ГУП «ВНИПИИстромсырье»

Заявки об участии в семинаре организаторы ждут по факсу или электронной почте до 30 апреля 2002 г. Тел.: (812) 324-8811, 323-3259, 324-8809 Факс: (812) 327-7515, 325-6202 E-mail: gornyi@peterlink.ru

Информационную поддержку семинара обеспечивают журналы «Строительные материалы» «Горный журнал» «Обогащение руд» «Строительные и дорожные машины»



## Влияние температуры воды на разогрев формовочной смеси и свойства ячеистого бетона

При изготовлении ячеистого бетона очень важен подбор оптимального состава формовочной смеси, обеспечивающий получение этого бетона желаемой макроструктуры [1–3]. Однако макроструктура ячеистого бетона формируется при вспучивании смеси в формах и определяется не только изменением таких технологических параметров, как водотвердое отношение, расход вяжущего и порообразователя, добавки ПАВ, но и температурой формовочной смеси. В литературе нет достаточных данных о влиянии температуры вспученной массы на свойства ячеистого бетона, однако указывается [4], что при температуре 100°C в ячеистой структуре возникают дефекты.

Установлено [5, 6], что от В/Т и температуры формовочной смеси зависит количество макро- и микропор в ячеистом бетоне. В случае использования быстрогасящейся извести сроки схватывания и твердения формовочной смеси ячеистого бетона определяют сроки выделения водорода в результате

реакции алюминиевой пудры с известью [7, 8]. В связи с этим структура ячеистого бетона неравномерная, поры сообщающиеся, большего диаметра. Поэтому при использовании быстрогасящейся извести необходимо применение замедлителей ее гашения.

При более тонком помоле кремнеземистого компонента и при уменьшении В/Т в ячеистом бетоне образуется большее количество пор меньшего диаметра [9]. Макроструктура ячеистого бетона, а тем самым и его свойства зависят и от высоты формуемого массива (120–240 или 500 мм) [6]. Также указывается [10–11], что от температуры формовочной смеси зависит не только механическая прочность изделий, но и некоторые их свойства.

Цель настоящей работы – исследование влияния температуры воды затворения на разогрев, вспучивание формовочной смеси и свойства ячеистого бетона.

Ячеистый бетон формовали в формах размерами 340×340×400 и 200×1400×500 мм. Использовали

следующие сырьевые материалы: кварцевый песок вильнюсского карьера «Панерай», портландцемент марки СЕМ I 42,5 «Акмянас цементас» и известь производства «Силикатас» (Вильнюс). Химический состав этих материалов приведен в табл. 1.

Песок помоли в шаровой мельнице до удельной поверхности 250–300 м<sup>2</sup>/кг. Тонина помола извести 540 м<sup>2</sup>/кг, ее активность 69–71%, время гашения 16–20 мин, температура гашения 52–54°C. Начало схватывания портландцемента 2 ч, конец – 5 ч 50 мин. Минеральный состав, %: С<sub>3</sub>S – 50,38–54,74; С<sub>2</sub>S – 20–24,53; С<sub>3</sub>A – 4,3–4,37; С<sub>4</sub>AF – 14,32–14,77. Газообразователем служила алюминиевая пудра (Al), гидрофилизированная сульфолом (20 г/кг).

Состав формовочной смеси следующий: содержание активных СаО и MgO – 21 и 23%; В/Т – 0,56 и 0,58; расход Al – 0,27–0,30% от массы сухих материалов.

Начальную температуру формовочной смеси регулировали, меняя

Таблица 1

Компонент	Содержание оксидов, %							п.п.п.
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	R <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	
Песок	87,01–89,77	4–5,35	0,52–0,63	3,1–3,25	0,25–0,77	0,44–0,84	0,46–0,51	1,35–2,64
Известь	3,13–3,21	0,99–1,01	0,16–0,19	80,85–81,83	1,4–1,45	0,5–0,59	1,03–1,05	10,87–11,94
Портландцемент	21,6–22,41	4–4,66	4,71–4,86	60,06–63,12	2,47–2,49	–	1,7–1,72	1,74–1,76

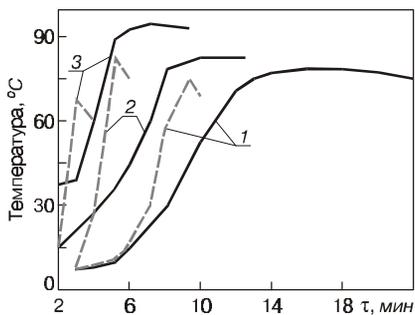


Рис. 1. Влияние температуры воды затворения на разогрев массы газосиликата (сплошные линии) и вспучивание (пунктирные линии): 1 – 2°C; 2 – 20°C; 3 – 35°C

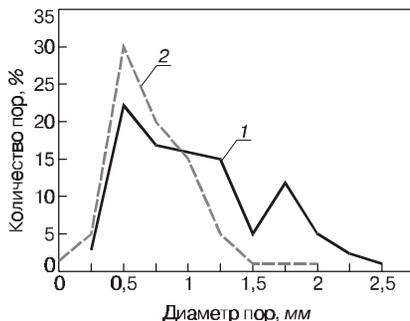


Рис. 2. Распределение форм по диаметрам ячеистого бетона, изготовленного при температуре массы: 1 – 74°C; 2 – 100°C

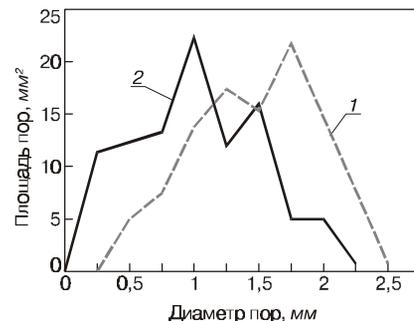


Рис. 3. Распределение площади пор по диаметру ячеистого бетона, изготовленного при температуре массы: 1 – 74°C; 2 – 100°C

Характеристика формовочной смеси							Свойства газосиликата			
Содержание активных СаО и MgO, %	В/Т	Расход алюминиевой пудры, %	Температура воды затворения, °С	Расплав по цилиндру Сутгарда	Начальная температура смеси, °С	Максимальная температура смеси, °С	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии, МПа	Коэффициент воздухопроницаемости, м <sup>3</sup> /(м·с·Па)	Средний коэффициент звукопоглощения
21	0,56	0,27	2	34	12	72	339	1,46	19,04·10 <sup>-7</sup>	0,31
21	0,56	0,27	3	32	13	75	336	1,29	19,6·10 <sup>-7</sup>	0,315
21	0,56	0,27	20	29	20	91	338	1,05	24,69·10 <sup>-7</sup>	0,325
23	0,58	0,25	2	33	10	79	337	1,39	19,23·10 <sup>-7</sup>	0,305
23	0,58	0,25	20	28	22	92	332	1,08	25,51·10 <sup>-7</sup>	0,338
23	0,58	0,25	55	18	37	100	340	0,82	32,25·10 <sup>-7</sup>	0,37

температуру воды затворения от 2 до 55°С. Для обеспечения максимальной температуры вспученной массы в пределах 70–80°С охладили не только воду, но и сырьевые материалы. Образцы запаривали в автоклаве по режиму 2+10+2 ч при изотермической выдержке 0,8 МПа.

В производственных условиях температуру массива регулировали составом смешанного вяжущего (извести и портландцемента), эквивалентные их количества пересчитывали по выведенной нами формуле [12]. Для исследования макроструктуры шлифы ячеистого бетона фотографировали под микроскопом при увеличении в 10 раз. На фотографии выделяли площадь 10×10 мм, измеряли наибольшие  $d_1$  и наименьшие  $d_2$  диаметры пор и исчисляли их средний диаметр  $d_{ср}$ .

Для группирования диаметров пор выбрали интервал 0,25 мм. Рассчитывали количество и площадь пор. Коэффициент искаженности форм пор  $K$  определяли по формуле

$$K = \frac{1}{n} \sum \frac{d_1}{d_2}, \quad (1)$$

где  $d_1$  – наибольший диаметр форм, мм;  $d_2$  – наименьший диаметр форм, мм;  $n$  – количество пор.

Плотность и прочность при сжатии образцов определяли стандартными методами. Для сравнения результатов прочность при сжатии образцов пересчитывали к плотности 350 кг/м<sup>3</sup> по формуле

$$R_{350} = \frac{1,036 \cdot R_{факт.}}{0,0058 \cdot \rho_{факт.} - 0,989}, \quad (2)$$

где  $R_{факт.}$  – фактическая прочность при сжатии, МПа  $\rho_{факт.}$  – фактическая плотность, кг/м<sup>3</sup>.

Коэффициент воздухопроницаемости определяли по методике [12].

При использовании воды низкой температуры температура формовочной смеси также низкая, а

вспучивание ее происходит медленно (рис. 1, табл. 2).

Например, при температуре воды затворения 2°С формовочная смесь вспучивается за 9 мин, а при температуре 35°С – за 2,5 мин. Максимальная температура массы 79,5 и 99°С достигается соответственно за 20 и 10 мин (рис. 1, кривые 1 и 3).

При медленном вспучивании формовочной смеси ячеистого бетона создается более равномерная макроструктура, что подтверждает и меньший коэффициент воздухопроницаемости (табл. 2). Ячеистый бетон характеризуется более мелкой и равномерной пористостью (рис. 2).

С повышением температуры формовочной массы ячеистого бетона до 100°С в его макроструктуре доминируют неравномерные, большого диамет-

ра сообщающиеся поры (рис. 3; 5). Кроме того, коэффициент искаженности форм пор увеличивается с 1,79 (при температуре 74°С) до 1,942.

Изделия с более равномерной макроструктурой характеризуются повышенной прочностью при сжатии (1,39–1,69 раз). Для акустических изделий лучше изготавливать ячеистый бетон с «перегретым» массивом, в котором образуется большое количество сообщающихся пор и микротрещин, что и повышает коэффициент звукопоглощения (табл. 2), об этом также свидетельствует и повышенный коэффициент воздухопроницаемости (табл. 2).

Результаты лабораторных исследований проверяли в производственных условиях.

При той же активности формовочной смеси максимальная температура

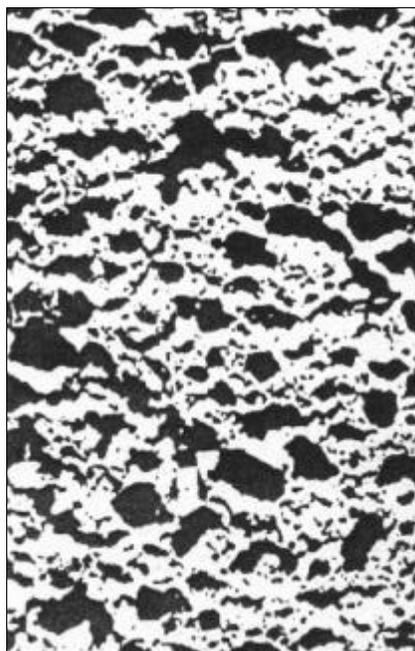


Рис. 4. Макроструктура газосиликата, изготовленного при температуре массы 74°С (×10)

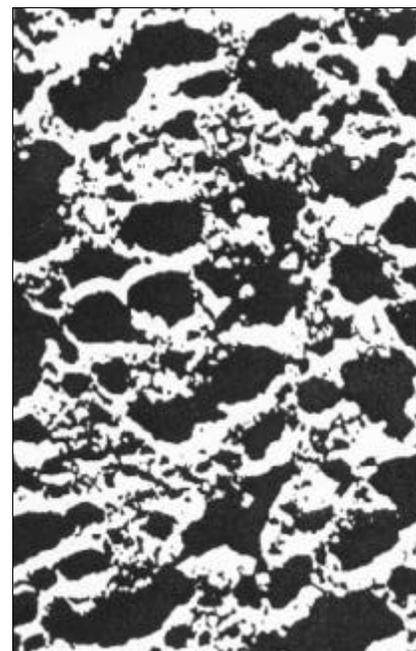


Рис. 5. Макроструктура газосиликата, изготовленного при температуре массы 100°С (×10)

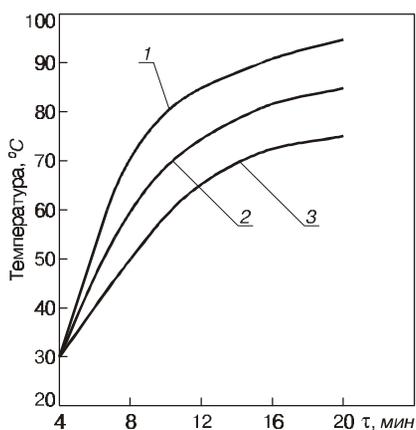


Рис. 6. Влияние состава вяжущего на температуру формовочной смеси: 1 – без добавки портландцемента; 2 – соотношение известь:портландцемент 85:15%; 3 – то же – 70:30%

в форме зависит от В/Т и температуры окружающей среды. От них также зависит и плотность изделий (при одинаковом расходе порообразователя). Например, при температуре массива 81–85°C плотность газосиликата менялась в пределах 340–420 кг/м<sup>3</sup> (средняя – 384 кг/м<sup>3</sup>), а прочность при сжатии 1,2–2,4 МПа (средняя 1,7 МПа). С повышением температуры до 86–90°C плотность повысилась до 316–398 кг/м<sup>3</sup> (средняя 380 кг/м<sup>3</sup>), а прочность при сжатии уменьшилась до 1,1–2,0 МПа (средняя 1,68 МПа). С дальнейшим повышением температуры массива (до 95°C) средняя плотность газосиликатных изделий составляла 381 кг/м<sup>3</sup>, а прочность при сжатии – 1,56 МПа. С изменением температуры массива от 95 до 100°C плотность изменялась в пределах 364–435 кг/м<sup>3</sup> (средняя 396 кг/м<sup>3</sup>), а прочность при сжатии – 1,05–1,58 МПа (средняя – 1,52 МПа).

Приведенные данные показывают, что при достижении температуры массива ячеистого бетона в пределах 95–100°C прочность газосиликата при сжатии уменьшается. Это объясняется тем, что с повышением температуры вяжущее гидратируется и связывается очень быстро, а водород, выделяющийся в ходе реакции алюминия с вяжущим, начинает частично разрушать уже сформированную и начинающую твердеть макроструктуру ячеистого бетона. Кроме того, макроструктура нарушается и парами, создающимися при высокой температуре формовочной смеси. Микротрещины и сообщающиеся поры уменьшают прочность ячеистого бетона. Таким образом, меняя температуру массива, можно регулировать макроструктуру ячеистого бетона и некоторые его свойства.

В производственных условиях регулировать температуру массы изменением температуры воды не все-

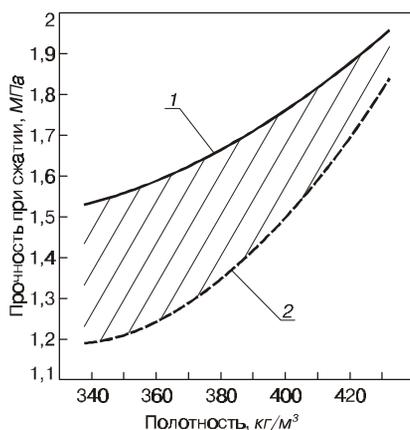


Рис. 7. Влияние температуры массива на прочность изделий при сжатии: 1 – 80–85°C; 2 – 95–100°C

гда удается. Прогрев или охлаждение воды затворения отрицательно сказались бы и на себестоимости изделий. Поэтому в промышленных условиях максимальную температуру регулировали соотношением вяжущего-извести и портландцемента. При замене части извести портландцементом максимальная температура массива значительно понижается. Например, при замене 15% извести эквивалентным количеством портландцемента температура массива уменьшилась с 92 до 85°C, а при замене 30% – до 78°C (рис. 6).

Результаты производственных испытаний представлены на рис. 7.

Максимальная температура массива оказывает большее влияние на прочность изделий при меньшей плотности изделий. Например, с уменьшением температуры массива с 90°C до 80–85°C прочность образцов повышается незначительно. Однако при температуре массива в пределах 80–85°C удлиняется цикл технологических операций. Поэтому параметры формовочной смеси следует подбирать так, чтобы максимальная температура массива составляла 85–90°C.

В результате научных исследований можно заключить, что с изменением температуры воды затворения или состава вяжущего (соотношение извести и портландцемента) создается возможность регулировать сроки вспучивания формовочной смеси ячеистого бетона, достичь желаемую максимальную температуру массива, от которой зависит макроструктура и физико-механические свойства изделий.

При температуре массива 78–85°C в макроструктуре ячеистого бетона доминируют мелкие равномерно распределенные поры, в результате чего понижается коэффициент воздухопроницаемости и звукопоглощающие свойства изделий, однако повышает-

ся их прочность. С повышением температуры массива до 95–100°C макроструктура ячеистого бетона ухудшается, так как образуются сообщающиеся поры большого диаметра неправильной сферической формы. Прочность изделий при сжатии снижается на 40–70%, однако коэффициент звукопоглощения улучшается.

С целью сокращения сроков технологических операций и улучшения физико-механических свойств ячеистого бетона максимальную температуру массива рекомендуется регулировать в интервале 85–90°C.

## Список литературы

1. Гаджилы Р.А. Целенаправленное изменение пористой структуры строительных материалов // Строит. материалы. 2001, № 8. С. 41–43.
2. Лаукйтис А.А. Влияние структуры ячеистого бетона на его свойства // Техника и технология силикатов. 1998, том 5, № 1–2. С. 2–7.
3. Лаукйтис А.А. Прогнозирование некоторых свойств ячеистого бетона низкой плотности // Строит. материалы. 2001, № 4. С. 27–29.
4. Клушас К., Биховскис А., Бертулис П. // Крупноразмерные изделия из силикатных материалов на различных вяжущих. Вильнюс, 1966. С. 3–14.
5. Ребиндер П.А., Михайлов Н.В., Урьев Н.Б. Материалы IV конференции по ячеистым бетонам. Саратов–Пенза, 1969. С. 3–9.
6. Казлаускене М.Г. Разработка технологии производства и изучение свойств звукопоглощающих плит «силакпор» из известково-песчаной смеси / Автореф. дисс. канд. тех. наук. Москва, 1978. С. 6–19.
7. Виноградов Б.Н. Сырье для производства автоклавных силикатных бетонов. Москва, 1966. С. 127–131.
8. Земцов Д.Г., Крыжановский Б.Б. // Сборник трудов ВНИИстрома. Москва, 1966. С. 55–60.
9. Биховскис А.Е. Исследование технологических факторов формирования технологических свойств газосиликата для промышленного термоизоляции труб бесканальных тепловых сетей / Автореф. дисс. канд. тех. наук. Каунас, 1967.
10. Кривицкий М. Я., Левин Н.И., Макаричев В.В. Ячеистые бетоны. Москва. 1972. С. 7–12.
11. Лаукйтис А.А., Биховскис А.Е. // Сборник трудов ВНИИ теплоизоляции. Вильнюс, 1983. С. 3–8.
12. Лаукйтис А.А. Воздухопроницаемость ячеистых бетонов низкой плотности // Строит. материалы. 2001, № 7. С. 16–18.

В.А. ТЕРЕХОВ, канд. техн. наук, заслуженный строитель России, вице-президент ЗАО «Концерн Росстром» (Москва)

## Пересмотр требований ГОСТ 530–95 назрел

Национальное и территориальное многообразие видов и типов кирпича обусловлено историческими условиями развития народов, требованиями строителей, архитекторов, свойствами сырья, технологией, конструкцией механизмов формирования.

Это вынуждает подходить к параметрам кирпича и его свойствам не как к простому керамическому продукту. Очевидно, что размер кирпича необходимо увязывать с конструкциями зданий.

Обычный (рядовой) строительный кирпич является одним из основных стеновых материалов. Его размер 250×120×65 мм с учетом швов толщиной 10 мм дает номинальный размер в кирпичной кладке 260×130×76 мм значительно усложняет применение с унифицированными элементами зданий — оконными и дверными блоками, сборными деталями межэтажных перекрытий, лестниц и др., а также с размерами других стеновых материалов, таких как блоки из ячеистого бетона, цементно-песчаные блоки, и даже с некоторыми видами керамических стеновых материалов.

Размеры главного стенового продукта годами вызывают нарекания строителей и архитекторов. Производители керамических стеновых материалов стали искать новые размеры с целью упрощения технологического процесса, особенно если на одной линии производится широкая номенклатура керамических стеновых материалов. Несовершенство ГОСТа привело к появлению большого числа технических условий.

Исследования, связанные с оптимизацией и поиском модульных размеров кирпича, проводились много лет как у нас в стране, так и за рубежом. Анализировал проводимые работы архитектор Д.П. Айрапетов в книге «Материал и архитектора».

Исследованиями размеров старинных и современных кирпичей занимался Г.Б. Борисовский («Совре-

менная строительная техника и эстетика» М., 1963). Профессор Л.А. Серка предлагал внедрить американский кирпич размером 190×90×55 мм (со швом — 200×100×65 мм). Другими авторами также предлагались различные размеры кирпичей: 250×120×88, 290×140×65, 290×90×90 мм и др.

В ЦНИИЭПжилища в середине 70-х годов при участии других институтов была проведена работа по совершенствованию типоразмеров применяемых в строительстве кирпичей и керамических пустотелых блоков, результатом которой стали предложения к пересматриваемому в те годы государственному стандарту.

В новый государственный стандарт предлагались следующие размеры кирпича и керамических пустотелых камней пластического формования: 288×138×63, 288×138×138, 288×288×138 мм, что с учетом реальной толщины швов давало номинальные размеры, равные целому или дробному модулю во всех измерениях.

Однако, вероятно, производственные условия, недостаточная мощность и конструктивные особенности прессового оборудования не позволили в то время перейти на новые размеры, и стандарт практически не изменился.

Журнал «Строительные материалы» (№ 4, 2000 г.) статьей И.Ф. Шлегеля «Одна из проблем в отрасли стеновых материалов» вновь поднял вопрос о размерах стеновых материалов. И.Ф. Шлегель предложил следующие размеры и названия: плинфа — 23×65×140 мм, кирпич — 65×140×290 мм, блоки — 140×290×590 и ряд других.

В рыночных условиях кирпичные заводы не могут производить узкую номенклатуру изделий, так как существенно повысились требования к архитектурной выразительности зданий. Ориентируясь на разработки своих зарубежных коллег с учетом расширения возможности импортировать необходимые элементы, отечественные архитекторы включают многообразные и слож-

ные керамические изделия уже не только в эксклюзивные проекты. Поэтому, чтобы не потерять сегмент рынка, отечественные заводы все больше внимания вынуждены уделять расширению номенклатуры.

Сооружение стен с хорошими теплофизическими и физико-механическими показателями вызывает необходимость применения высокоэффективных керамических стеновых камней и блоков. Организация на одной технологической линии производства набора керамических стеновых материалов, необходимых для сооружения стен с высокими эксплуатационными и архитектурными показателями, при соблюдении требований норм, а также необходимого снижения материальных и финансовых затрат настоятельно требует нового подхода к размерам изделий.

Очевидно, что в рыночных условиях размеры изделий должны удовлетворять запросам потребителя, так и производителя продукции. Проанализировав размеры кирпича с позиции модульного строительства и технологичности производства, а также соответствие требований действующего ГОСТа на кирпич, камни и блоки, автор сделал следующие выводы.

Приложение А к ГОСТ 530-95 рекомендует 46 типов кирпича и камней, в том числе 29 — кирпича, из которых одинарных — 16 типов (толщиной 65 мм) и 13 типов утолщенных (толщиной 88 мм). Остальные 17 названы камнями:

девять типов имеют размеры 250×120×138 мм;  
один тип — 250×250×120 мм;  
один тип — 250×200×80 мм;  
один тип — 250×250×138 мм;  
два типа — 380×180×138 мм;  
два типа — 380×220×138 мм;  
один тип — 380×255×188 мм.

Всего задействовано 11 размеров: 65, 80, 88, 120, 138, 180, 200, 220, 250, 255, 380. Такое количество размеров на одной линии не выдержит никакая технология. Существующие технологические схемы и уза-

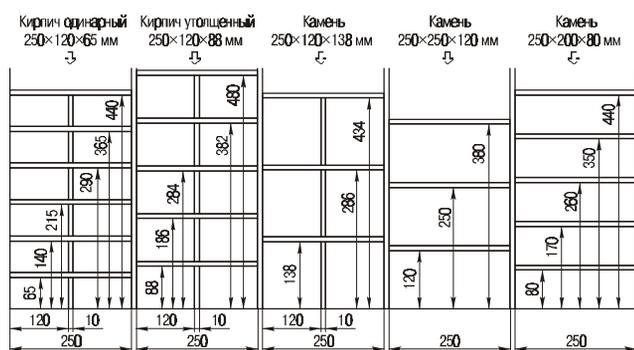


Рис. 1. Схема перевязки изделий ГОСТ 530-95

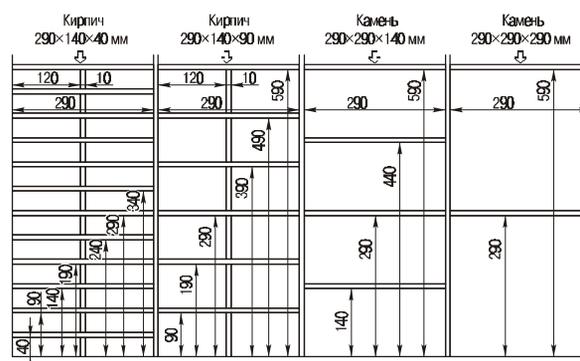


Рис. 2. Схема перевязки предлагаемых видов изделий

коненные типы изделий без переоборудования каждый раз основных технологических переделов не позволяют организовать производство широкой номенклатуры изделий.

В соответствии с пунктом 3.1 раздела 3 кирпич и камни керамические изготавливают в форме параллелепипеда и в зависимости от размеров подразделяют на виды, указанные в табл. 1.

Таким образом, сам ГОСТ имеет недоработки. Из пяти видов кирпича, обозначенных в табл. 1, в Приложении А отсутствуют два, а из 11 видов камней — 5 видов.

Кроме того, в Приложении А имеются виды продукции, которые не обозначены в табл. 1.

Так, отсутствует поз. 44 «Камень укрупненный для кладки толщиной в один камень, пустотностью 45%, размером 380x220x138 мм» и поз. 45, то же самое пустотностью 55%.

В настоящее время кирпич и камни не могут быть только парал-

лелепипедами. Появился лекальный кирпич, кирпич для оконных и дверных проемов, кирпич для перемычек и др.

В ГОСТе используются термины *ложок, тычок и плашок*, однако не даются определения этих понятий. Более понятны названия боковая сторона (*бок*), *торец* и *постель*. В ГОСТе должны приводиться определения терминов.

На рис. 1 показана схема перевязки кирпича и камней, предусмотренных действующим ГОСТом с укладкой на плашок.

Анализ схемы перевязки еще раз свидетельствует, что в самой номенклатуре керамических стеновых материалов отсутствует увязка и перевязка изделий.

В строительстве и архитектуре приняты модули, или условная исходная мера для выражения кратных отношений размеров целого и составляющих его частей. Они имеют очень большое значение в исто-

рии культуры как с позиций эстетического восприятия, так и с позиций совмещения различных элементов целого.

Яркий представитель архитектурного модуля — золотое сечение — золотая пропорция, деление в крайнем и среднем отношениях, гармоническое деление — математическое соотношение, пропорция, при которой целое (С-длина) относится к своей большей (А-ширина) части, как большая к меньшей (В-толщина), то есть  $C/A=A/B$ .

В качестве модуля могут быть приняты меры длины, размер элемента фигуры или постройки, изделия, входящего в комплекс.

Если проанализировать, как соответствуют размеры изделий керамических по ГОСТ 530–95 требованию золотого сечения, то есть формуле  $длина/ширина = ширина/толщина$ , то оказывается, что ни один вид кирпича и камней из ГОСТа не отвечает выбранным требованиям.

Таблица 1

Вид изделия	Номинальные размеры			Наличие типов в Приложении А
	длина	ширина	толщина	
<b>Кирпич</b>				
Одинарный	250	120	65	16 типов
Утолщенный	250	120	88	11 типов
Модульных размеров одинарный	288	138	63	отсутствует
Модульных размеров утолщенный	288	138	88	отсутствует
Утолщенный с горизонтальным расположением пустот	250	120	88	2 типа
<b>Камень</b>				
Камень обыкновенный	250	120	138	9 типов
Модульных размеров	288	138	138	отсутствует
Модульных размеров укрупненный	288	288	88	отсутствует
Укрупненный	250	250	138	1 тип
	250	250	188	отсутствует
	180	250	138	отсутствует
Укрупненный с горизонтальным расположением пустот	250	250	120	1 тип
	250	200	80	1 тип
	380	180	138	2 типа
Допускается по согласованию с потребителем выпускать укрупненные камни размерами	380	255	188	1 тип
	380	250	138	отсутствует
	380	250	138	отсутствует

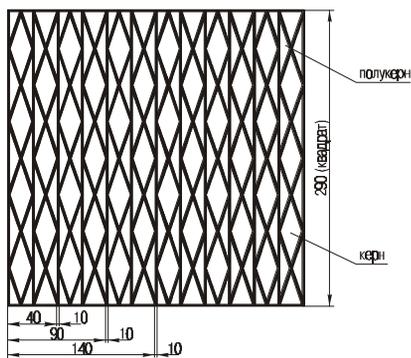


Рис. 3. Мундштук с ромбическими отверстиями

Размер кирпича по теории золотого сечения должен быть  $250 \times 127,5 \times 65$  мм. Тогда соотношения длины, ширины и толщины будут пропорциональными и равны:

$$\frac{250}{127,5} = 1,96$$

$$\frac{127,5}{65} = 1,96.$$

Размеры кирпича при данном соотношении могут быть увеличены или уменьшены пропорционально. Так, например, увеличив их в 1,2 раза, получим размер кирпича: длина – 300 мм, ширина – 153 мм, толщина – 78 мм.

В каждой стране имеется узаконенная модульная система. Нормы модульной системы приняты в СССР в 1954 г. Размер основного модуля в СССР равен 10 см.

Установлены укрупненные модули для главных и вспомогательных габаритных размеров:  $1M = 10$  см,  $3M = 30$  см,  $6M = 60$  см,  $12M = 120$  см,  $15M = 150$  см,  $30M = 300$  см,  $60M = 600$  см.

Для толщин плитных и листовых материалов установлены дробные

модули:  $1/2M = 5$  см,  $1/5M = 2$  см,  $1/10M = 1$  см,  $1/20M = 0,5$  см,  $1/50M = 0,2$  см,  $1/100M = 0,1$  см.

Конструктивные размеры изделий применяются с учетом толщины швов и зазоров. Толщина шва кирпичной кладки принята равной 10 мм или  $1/100M$ .

Анализируя размеры кирпича и камней, приведенные в табл. 1 по ГОСТ 530–95, с позиции соответствия еще не отмененной модульной системе, можно сделать следующие выводы.

Первый – отдельные размеры по отдельным изделиям и один тип изделия соответствуют или близки к размерам российской модульной системы. Основная масса далека от ее требований.

Второй – близкими к модульным размерам являются размеры длины, ширины, толщины без учета толщины кладочного шва 40, 90, 140, 290, 390 мм.

Третий – возможны следующие названия и размеры кирпичей и блоков (табл. 2).

Эти изделия перевязываются между собой во всех направлениях, обеспечивают любую толщину стен, соразмерны всем изделиям из ячеистого бетона, цементно-песчаным изделиям, всем модульным строительным конструкциям. Вместо 11 размеров остается лишь пять, которые дают все изделия, необходимые для возведения стены.

На рис. 2 дана схема перевязки предлагаемых базовых размеров кирпича и камней.

В этой схеме задействованы все размеры предлагаемых керамичес-

ких изделий. Соблюден основной принцип: каждое изделие в пределах своего размера должно перевязываться с другим изделием. При этом без вспомогательных материалов, кроме предлагаемых стеновых материалов, может быть сооружена стена любой толщины. Модульные размеры дают возможность создания любых комбинированных стен из любых материалов.

Следует иметь в виду, что изделия не должны иметь большую массу. Нормальная масса блока до 15–18 кг. Камень размером  $290 \times 290 \times 290$  мм будет иметь массу около 19,5 кг, а размером  $290 \times 290 \times 140$  мм – около 10 кг.

Изделие не должно при образовании пустот иметь мостики холода. Раскладка в стене должна быть такой, чтобы одни изделия по толщине стены перекрывали и горизонтальные, и вертикальные швы укладываемых в длину и ширину изделий.

Предприятие на одной линии должно обеспечить выпуск всей номенклатуры изделий при кратковременной переналадке технологической линии, не изменяя сушильных и обжиговых процессов. В этой связи предлагается два размера мундштука в зависимости от конструкции используемых прессов. Это мундштуки размером  $290 \times 290$  мм и  $390 \times 390$  мм без учета усадочных явлений.

Формовать, транспортировать, сушить и обжигать следует именно блок размером  $290 \times 290$  мм или  $390 \times 390$  мм, целиком или разделенный на необходимые виды продукции (кирпич, блоки меньших размеров, бруски и др.).

При этом изделия должны иметь ромбические и полуромбические отверстия, располагаясь в шахматном порядке, что фактически исключает мостики холода (рис. 3).

Предлагаемая схема мундштука позволяет при одних и тех же кернах и полукернах, устраивая перегородки в мундштуке, обеспечить выпуск всех типоразмеров изделий с транспортированием их в форме блока размером  $290 \times 290 \times 290$  мм как в сушке, так и в обжиге. Аналогично и для мундштука размером  $390 \times 390$  мм.

В предлагаемой вниманию статье не даются конструкторские проработки мундштука, а также теплофизические и другие свойства получаемых изделий. В каждом конкретном случае в зависимости от свойств материала и технологических параметров производства и оборудования они подбираются по соответствующей методике.

Пересмотр требований ГОСТ 530–95 «Кирпич и камни керамические. Технические условия» назрел.

Таблица 2

Возможное наименование изделий	Номинальные размеры изделий без учета кладочного шва, мм		
	Длина	Ширина	Толщина
<b>Для прессов с диаметром шнека 450–500 и более мм</b>			
Плитка или плинфа	290	90	40
	290	140	40
	290	290	40
Брусok	290	40	40
	290	90	90
Кирпич	290	140	90
	290	140	140
Блок	290	290	90
	290	290	140
	290	290	290
<b>Для прессов с диаметром шнека 500 и более мм</b>			
Блок	390	390	90
	390	390	140
	390	390	290
	390	390	390

## Проблемы кирпичного производства и способы их решения

В истории, пожалуй, останется загадкой, кто первый придумал обжигать глину, чтобы получить кирпич. Были ли это народы Месопотамии в колыбели земной цивилизации, индусы или египтяне? В любом случае неизменным остается тот факт, что искусство обжига кирпича относится к древнейшим достижениям человечества.

Тысячелетиями из элементов огонь, вода, воздух и земля создается строительный материал, не сравнимый ни с чем по своему целевому назначению и долговечности.

Кирпичи и камни не горят — их обжигают, за счет чего у них выработался «иммунитет» на огонь.

Кирпич как стеновой материал занимает доминирующее положение благодаря доступности сырья, отсутствию необходимости в металле, долговечности возводимых из него зданий и их архитектурной выразительности, а также комфортности жилья. За эталон комфортности зданий (по двадцатибалльной шкале) принята стена из деревянного бруса — 1–2 балла, из керамического кирпича — 3–4 балла, из ячеистого бетона — 6–7 баллов, из силикатного кирпича — 10–12 баллов, из железобетона — 18–20 баллов.

При возведении индивидуального дома из керамического кирпича сохраняется лесная зона. Для возведения 1 м<sup>2</sup> стены из дерева толщиной 20 см требуется 0,2 м<sup>3</sup> деловой древесины. А это значит, что из одного дерева, диаметром 25 см и высотой около 25 м выходит 0,3 м<sup>3</sup> деловой древесины. Чтобы построить коттедж размером 12×12 м и высотой 6 м, потребуется около 200 деревьев.

Каменные стеновые изделия являются в России основными видами строительных материалов. Кладка стен из кирпича, керамических и бетонных камней и мелких блоков широко используется как при строительстве новых зданий, так и при реконструкции старых.

Вместе с тем сравнение с практикой ведущих зарубежных стран показывает, что по ряду важнейших направлений отечественные технологии значительно уступают западным. В настоящее время сократилось поступление в Россию зарубежной научно-технической информации. У наших ученых и специалистов стало меньше возможностей следить за современным состоянием знаний в своей области, контакты с зарубежными коллегами существенно ослабли.

Однако интеллектуальный потенциал отечественной строительной науки сохраняется на достаточно высоком уровне.

К сожалению, имеющаяся в настоящее время литература по технологии керамического кирпича, как правило, издавалась в пятидесятые–шестидесятые годы и не всегда отвечает уровню и требованиям современных производств. К тому же нередко приводимые в литературе данные не всегда отражают реальную действительность из-за неправильного толкования физических законов.

Так, например, общеизвестное положение о том, что высушенные до низкой остаточной влажности керамические изделия во время выгрузки их из сушилки, транспортирования и садки в печь могут насыщаться влагой из внешней среды, в результате чего образуются микротрещины, которые при дальнейшей термической

обработке увеличиваются и резко снижают качество [1], совершенно не обоснованно с точки зрения физики и не подтверждается практическими результатами.

Общеизвестно, что температура сырца, выходящего из сушилки, всегда выше температуры помещения цеха. Следовательно, по законам физики на более нагретом теле никак не может конденсироваться влага из окружающей среды с более низкой температурой. В связи с этим практически на всех отечественных кирпичных заводах не были предусмотрены запасники высушенного и уложенного на обжиговые вагонетки сырца. В результате из-за невозможности синхронизации работы массозаготовительного, формовочного и сушильного отделений не удается добиться соблюдения режима проталкивания сырца в обжиговую печь со всеми вытекающими отсюда последствиями.

До сих пор на многих кирпичных заводах для анализа качества глинистого сырья используется метод Рутковского. По величине набухания глин в цилиндре судят о том, насколько изменилось ее качество. При этом считается, что чем выше эта величина, тем глина стала более качественной. И на основании этого увеличивают объем формовки, но, естественно, при этом сокращается срок сушки сырца. В результате через 40–60 ч из сушилок приходится кирпич выгружать «лопатами». Таких примеров можно приводить много.

Не менее важная проблема ГОСТ 7484–78 «Кирпич и камни керамические лицевые». Тем более что в отсутствие информации часть ОТК кирпичных заводов пользуется этим ГОСТом издания 1979 г., а другая часть — изданием 1987 г. В издании 1987 г. внесены существенные изменения в п.п. 1.2, 2.2, 3.2, 4.1, 4.3. Причем следует отметить, что даже имеющиеся изменения далеко не отвечают современным требованиям и возможностям технологических линий по производству лицевого керамического кирпича.

В настоящее время на основании анализа практических данных более 500 месторождений глинистого сырья, выполненных во ВНИИСТРОМе, а также фактических параметров многих кирпичных заводов, производящих кирпич хорошего качества, нами разработана компьютерная программа по анализу глинистого сырья и разработке режимов формования и сушки кирпича-сырца. Для получения всех вышеперечисленных параметров достаточно поставки 15–20 кг глинистого сырья.

В течение последних 10–15 лет строительство новых кирпичных заводов, как правило, осуществлялось за счет поставок импортного оборудования. Но технологическое оборудование может работать не бесконечно. И в настоящее время для заводов, находящихся в эксплуатации свыше 10 лет, стоит серьезная проблема по замене физически изношенных агрегатов.

Так, например, в 1999 г. на Воротынском кирпичном заводе (Калужская обл.) через 10 лет его эксплуатации серьезной проблемой стал вопрос о замене на новые дырчатые вальцев фирмы «Униморандо». На запрос завода о реализации этой идеи фирма запросила 300 тыс. USD. Таких средств завод не имел. По предло-

жениям авторов этой статьи, основанным на изучении физико-технических характеристик глиноперерабатывающего оборудования, вместо этих валцов был установлен шинковый пресс с фильтрующей решеткой. Стоимость реализации этой идеи оказалась на порядок ниже, при этом из технологической схемы был удален еще ряд агрегатов. Три года завод работает достаточно стабильно без какого-либо снижения качества готового кирпича. Эта же схема применена нами при разработке технологической линии производства лицевого керамического кирпича полусухого прессования на ОАО «СКАИ», о чем более подробно будет сказано ниже.

В связи с уходом на пенсию специалистов кирпичных заводов их место занимают работники, не имеющие практического опыта в технологии керамического кирпича. Литературные источники, как это было сказано выше, не позволяют дать полную информацию по этому вопросу.

При вводе в эксплуатацию новых кирпичных заводов, а также для нормальной работы существующих остройшей проблемой является вопрос подготовки операторов по обслуживанию обжигательных печей и сушильных барабанов. С такой проблемой мы столкнулись при пуске кирпичного завода на ОАО «СКАИ» еще в 1997 г. Ни одна организация сегодня не желает заниматься этой проблемой. К сожалению, на протяжении 2001 г. были прекращены занятия по повышению квалификации в бывшем отраслевом институте повышения квалификации (ИПК), пос. Красково Московской обл. В создавшейся обстановке возникли многочисленные фирмы по оказанию таких услуг. В большинстве случаев под высокими званиями и должностями организаторов этих фирм оказывались специалисты, весьма далекие или имеющие только общее представление о технологии керамического кирпича.

В настоящее время нет ни одного проекта строительства кирпичного завода пластического формования на базе отечественного оборудования. Ни головная организация ВНИИСТРОМ, ни бывший «Гипростром» не смогли этого сделать. Только иномфирмы готовы поставлять нам комплексные линии. Стоимость этих линий составляет 10–12 млн USD, а в переводе на рубли России стоимость такого завода составляет 300–360 млн р. Амортизационные отчисления плюс плата за фонды и т. д. приводят к высокой себестоимости кирпича со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Начиная с 1993 г. крупнейший в России производитель асбестоцементных изделий – Себряковский комбинат (ОАО «СКАИ», г. Михайловка Волгоградской обл.) вынужден был сокращать производство своей продукции. Вначале был закрыт цех по производству круп-

норазмерных асбестоцементных труб. Затем полностью был закрыт цех окраски плоского шифера, построенный в 80-х годах. Пустующие производственные помещения начали приносить комбинату громадные убытки.

В 1995 г. были начаты научно-исследовательские работы по изучению глинистого сырья Себряковского месторождения на предмет возможности получения из него керамического кирпича (карьер сырья находится в 3 км от комбината). В результате исследований, проведенных во ВНИИСТРОМе, было установлено, что пластическим способом формования получить качественный керамический кирпич из этого сырья практически невозможно. Вместе с тем, используя последние достижения научных исследований ВНИИСТРОМа по полусухому способу формования сырца, удалось получить керамический лицевой кирпич марки 125–250 с морозостойкостью не менее 50 циклов.

Отличие технологии полусухого прессования от традиционной пластического формования заключается в упрощенной схеме приготовления сырьевой смеси. Кроме того, оборудование для оснащения линии подготовки пресс-порошка менее энерго- и металлоемко. Полусухое прессование облегчает одну из наиболее сложных и длительных стадий технологического процесса – сушку. Получаемый кирпич имеет более четкие грани и углы, что позволяет использовать его как лицевой материал. По своим качественным показателям он не уступает традиционному керамическому кирпичу пластического формования.

После разработки технологического регламента были начаты работы по проектированию завода керамического кирпича полусухим способом прессования для Себряковского комбината асбестоцементных изделий. В августе 1995 г. комбинат приступил к демонтажу оборудования, имеющегося в бывшем цехе по окраске плоского шифера и устройству фундаментов под технологическое оборудование кирпичного производства.

С целью сокращения сроков ввода в эксплуатацию кирпичного завода проектирование, строительство и изготовление оборудования осуществлялись практически одновременно. В результате слаженной работы всех фирм, участвовавших в создании завода, в июне 1997 г. из тоннельной печи вышла первая вагонетка обожженного керамического кирпича полусухого прессования, полученного по нетрадиционной технологии. К концу 1997 г. завод практически достиг проектной мощности, при этом выход лицевого кирпича составил около 95%.

В процессе освоения технологической линии возникли проблемы, которые практически не осущались в технологии керамического кирпича полусухого прес-



сования. Так, выяснилось, что относительная влажность теплоносителя, подаваемого в сушилки, оказывает не меньшее влияние, чем при пластическом способе формования. При снижении относительной влажности теплоносителя в зимний период ниже 65% на первых стадиях сушки сырца на нем появлялись сушильные трещины. Причем характерно то, что при выходе сырца из сушилок при его остаточной влажности 3–4% трещины становятся невидимы. Однако в процессе обжига трещины опять раскрываются и выход лицевого кирпича не превышает 20%.

Для регулирования влажности теплоносителя независимо от времени года нами разработан способ его увлажнения. Суть метода заключается в том, что в воздухопровод отбора теплоносителя из зоны охлаждения тоннельной печи подается в необходимом количестве вода. Ввиду того, что температура в воздухопроводе превышает 250°C, происходит интенсивное испарение воды, и как следствие, влажность теплоносителя, подаваемого в сушилки, повышается до необходимых значений. Количество подаваемой в воздухопровод воды регулируется специально разработанной системой.

Установлено, что для исключения образования трещин на сырце в начальный период сушки относительная влажность подаваемого в сушилки теплоносителя должна находиться в пределах 75–85%, а его температура на позиции входа сырца в сушилки не должна превышать температуру сырца на 5–7°C.

Керамический кирпич получают путем приготовления пресс-порошка заданного зернового состава с влажностью 7,5–7,8%, прессования сырца на прессах СМК-1085 при удельном давлении в пределах 20 МПа, сушки и обжига сырца.

Особенности разработанной нами технологии полусухого прессования заключаются в следующем: на специально сконструированном комплексе на базе пресса СМК-506 предусмотрен метод грануляции как один из эффективных вариантов подготовки глинистого сырья к сушке. Гранулирование исходного сырья перед сушильным барабаном обеспечивает улучшение условий сушки, снижение потерь с выносами (унос пыли), повышение однородности по химическому и минеральному составам глинистого сырья, размерам и влажности кусков, что в конечном счете способствует существенному повышению качества кирпича.

В технологическую схему приготовления пресс-порошка введена стадия механической активации массы в стержневом смесителе конструкции ВНИИСТРОМА. Смеситель не только удовлетворительно гомогенизирует массу, но и обеспечивает уплотнение и частичную



грануляцию порошковых масс. Последнее улучшает сыпучесть порошка и заполнение пресс-форм, облегчая прессование и получение качественных изделий.

Разработанная нами конструкция оснастки для прессования сырца со сквозными пустотами улучшает структуру и повышает морозостойкость кирпича.

Для получения лицевого кирпича сформованный сырец необходимо укладывать на обжиговые вагонетки на постель. Однако после выхода сырца из прессов его предел прочности при сжатии находится на уровне 4 МПа. При укладке сырца с такой механической прочностью на вагонетку нижние ряды, как правило, деформируются, что приводит к браку готовой продукции. Для исключения этого также впервые на данном заводе сырец после прессов сначала высушивается до остаточной влажности 2,5–3,5% на полках комплекса люлечной конвейерной сушилки, специально сконструированной фирмой СКБ «СТРОММАШ» (Москва). После выхода из сушилки предел прочности сырца повышается до 10 МПа. Такая высокая прочность сырца обеспечивает его полную сохранность на обжиговых вагонетках при укладке его на постель автоматами-садчиками.

Все технологические переделы, начиная от подачи глины в ящичные питатели и до выхода готового кирпича из тоннельной печи, полностью механизированы и автоматизированы.

Относительно невысокая стоимость завода позволила комбинату назначить приемлемую для потребителей цену на кирпич. Потребителям кирпич отпускается уложенным на деревянные поддоны и упакованным в полиэтиленовую пленку.

В ноябре 2000 г. на ОАО «СКАИ» введен в эксплуатацию еще один аналогичный цех. В настоящее время таких технологических линий ни в России, ни за рубежом пока нет [2]. Все технологическое оборудование изготавливается на машиностроительных предприятиях России и Белоруссии.

Сейчас проводится работа по строительству таких технологических линий в Вологде, Астрахани, Самаре, Томске, Челябинске и др.

#### Основные показатели технологической линии

Мощность, млн шт. усл. кирпича	..... до 20
Установленная мощность электродвигателей, кВт	..... 1200
Занимаемая площадь, включая крытый глинозапасник с месячным запасом сырья, м <sup>2</sup> , не более	..... 5000

Капитальные вложения для строительства технологической линии – 2,8–3,5 млн USD, что в 3–4 раза ниже стоимости зарубежных линий аналогичной мощности.

Керамический кирпич, в том числе лицевой, со сквозными технологическими пустотами имеет следующие технические характеристики. Марка по прочности 125–250. Марка по морозостойкости не менее 50 циклов попеременного замораживания и оттаивания.

На основании опыта эксплуатации этой технологической линии нами проработан вопрос о создании отечественного комплекса технологического оборудования для производства керамического кирпича по пластическому способу формования. Для реализации этого проекта необходимы средства в пределах 2,5–3,0 млн р. К сожалению, в настоящее время таких средств у нас нет, но будем надеяться на лучшее.

#### Список литературы

1. Кашкаев И.С., Шейнман Е.Ш. Производство глиняного кирпича. М.: Высшая школа, 1978
2. Патент № 210172. Технологическая линия для производства лицевого керамического стенового материала методом полусухого прессования. Приоритет от 15.02.2000 г. Москва, 10 июля 2001 г.

## Дробилка молотковая ШЛ-314

В технологии подготовки пресс-порошка для полусухого прессования кирпича на действующих заводах применяют чаще всего дезинтеграторы СМК-211 и молотковые мельницы ММТ. Основным недостатком этого оборудования являются его поломки и остановки при превышении влажности подаваемого на дробление материала вследствие его залипания.

Нашим институтом разработана дробилка ШЛ-314 (см. фото), в которой залипание устраняется путем специальных конусных поворотных бил, установленных на корпусе. При налипании на них дробимого материала била поворачиваются, и налипший материал срезается вращающимися молотками.

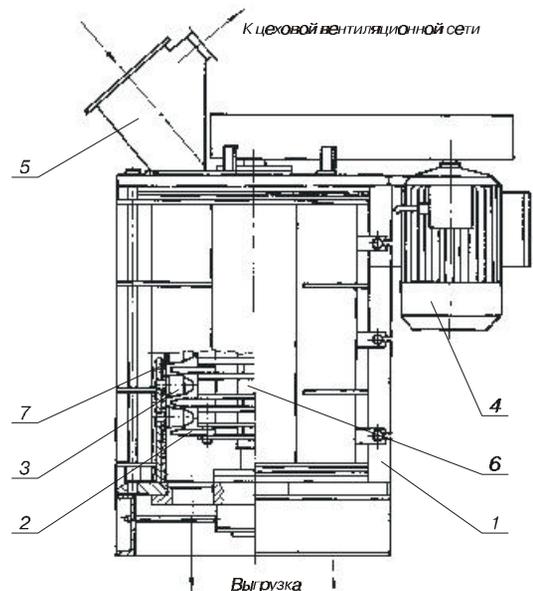
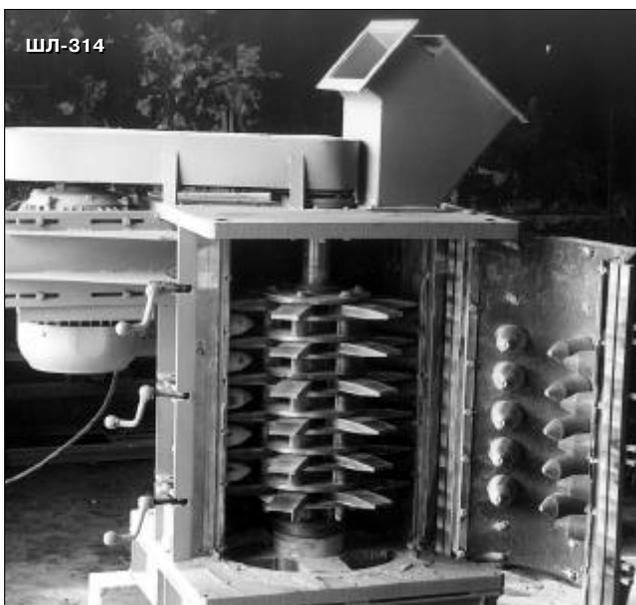
Футеровка корпуса выполнена из листовой резины, установленной с возможностью некоторого виброперемещения. Кроме того, корпус дробилки сделан легко открывающимся, что обеспечивает быстрый доступ внутрь помольной камеры в аварийных ситуациях и при ремонте. Молотковая однороторная реверсивная дробилка ударного действия с вертикальным расположением ротора предназначена для дробления полусухой глины влажностью до 14% в линии подготовки пресс-порошка ШЛ-310 комплекса ШЛ-300.

Дробилка ШЛ-314 отличается простотой и небольшими габаритами. Она состоит (см. рисунок) из вертикального быстроразъемного корпуса 1, на восьми гранях которого смонтированы с возможностью вращения вокруг своей оси била 3, выполненные в форме усеченного конуса. По оси корпуса 1 установлен ротор 6 с молотками 2, приводимый во вращение электродвигателем 4. В верхней части корпуса имеется загрузочный патрубок 5. Внутренняя поверхность корпуса 1 футерована транспортерной лентой 7.

Дробилка работает следующим образом. Подвергаемый измельчению материал, в частности полусухая

комковатая глина, которая имеет значительную степень твердости на поверхности, но вязкопластичная внутри, поступает в корпус 1 дробилки через загрузочное окно 5 и попадает на вращающиеся с большой окружной скоростью молотки 2, которые осуществляют ее дробление. При этом от ударов молотков комки глины дробятся и отбрасываются к стенке корпуса 1, попадая на корпусные била 3; от ударов о них материал частично измельчается. При ударе по кускам измельчаемого материала шарнирно закрепленные молотки 2 несколько отклоняются от радиального положения, обеспеченного центробежной силой. Одновременно происходит смешивание пылевидной и раздробленной составляющей сухой глины с раздробленной вязкопластичной составляющей из внутренних слоев комков, и как следствие, происходит усреднение влажности материала. Частично измельченный в первом ряду молотков и бил материал под действием гравитационных сил поступает под удары молотков и бил второго ряда и так далее. Переработанный материал, пройдя последовательно все уровни измельчения, просыпается вниз через отверстия нижней части дробилки на транспортер (в течку).

В процессе измельчения материал оказывает на била и футеровку определенное ударное воздействие, в результате чего они совершают в пространстве некоторые микроперемещения. За счет оригинальной конструкции корпуса дробилки, выполненного в виде призмы (решение о выдаче патента РФ от 07.09.2001 г. по заявке № 2000120480/03 (021334)) в отличие от упругой футеровки 7, выполненной в виде цилиндра, формируемого неподвижными шайбами корпусных бил, в углах граней образуются гарантированные неплотности прилегания, способствующие вибрации футеровки при ударах комков глины. Так как ударное воздействие систематическое, то положение бил характеризуется состоянием



типа микровибрации, уменьшающей налипание вязкопластичного измельченного материала как на била, так и на прилегающую к ним футеровку, одновременно генерирующую микровибрации.

В сентябре 2001 г. изготовлен и прошел заводские испытания опытный образец дробилки. В настоящее время дробилка проходит приемочные испытания в действующей технологической линии подготовки пресс-порошка для полусухого прессования кирпичасырца на Афонинском заводе Нижегородской области.

**Техническая характеристика дробилки молотковой ШЛ-314**

Производительность в линии подготовки пресс-порошка ШЛ-310, т/час .....	10
Влажность материала, %, не более .....	14
Размер наибольшего куска загружаемого материала, мм, не более .....	100
Крупность выходящей фракции, мм .....	0-5
Объем отсасываемого воздуха, м <sup>3</sup> /ч .....	1300
Направление вращения ротора .....	реверсивное
Мощность электродвигателя, кВт .....	18
Номинальная частота вращения ротора, об/мин .....	1000
Параметры рабочих органов агрегата	
диаметр ротора, мм .....	600
длина ротора, мм .....	650
число молотков в ряду, шт. ....	6
число рядов молотков, шт. ....	6
Масса дробилки, кг .....	2000
Габаритные размеры, мм,	
длина/ширина/высота .....	1510/990/1700

Применение дробилки ШЛ-314 в действующих технологических линиях позволит оптимизировать granulометрический состав пресс-порошка и повысить качество выпускаемого кирпича.

# ИНСТИТУТ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ и АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

- проектирование
- инжиниринг
- поставка оборудования

**Комплектные заводы по выпуску высококачественного керамического кирпича «под ключ»**

Россия, 644113, Омск-113, ул. 1-я Путевая, д. 100  
Тел.: (3812) 420-593, 420-635 Факс: (3812) 420-608  
Internet: [www.inta.ru](http://www.inta.ru) E-mail: [inta@xl.ru](mailto:inta@xl.ru)



## СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО СКБ СТРОЙПРИБОР

Россия, 454084, Челябинск, а/я 17544 Тел./факс (3512) 93-66-13, 93-66-85  
Представительства: в Москве – тел.: (095) 174-78-01, в Санкт-Петербурге – тел.: (812) 430-20-65



**ИПС-МГ4+**  
измеритель прочности бетона  
методом ударного импульса

**ИПА-МГ4**  
измеритель защитного слоя



**ИТП-МГ4**  
измеритель теплопроводности

**ЗИН-МГ4**  
измеритель напряжений в арматуре



**RAYNGER**  
семейство бесконтактных ИК-термометров  
с широким набором сервисных функций

**Термометры, термогидрометры, угломеры,  
обнаружители электропроводки и многое другое**

**ПОС-МГ4**  
измеритель прочности бетона  
методом отрыва со скалыванием

**ИПЦ-МГ4**  
измеритель активности цемента

**ВЛАГОМЕР-МГ4**  
универсальный измеритель  
влажности строительных материалов

**ВИБРОТЕСТ**  
измеритель параметров вибрации

**BOSCH**  
семейство строительных лазеров: даль-  
номеры, нивелиры, уклонометры, уровни



## Исследования глин для производства керамического кирпича и черепицы

Повышение качества керамических материалов (кирпича и особенно черепицы) остается важной задачей для многих заводов страны. Старые заводы часто выпускают продукцию низкого качества не только из-за изношенного оборудования. Часто это происходит из-за недостаточной изученности сырья и слабой отработки основных технологических режимов.

Очень важны для совершенствования технологии достоверные сведения о свойствах глины. Между тем даже при строительстве современных заводов в период, предшествующий проектированию и закупке оборудования, не всегда проводятся тщательные научные исследования глинистого сырья и отработка оптимальных параметров технологии.

За соблюдение технологии и в итоге за конечное качество выпускаемой продукции отвечает главный технолог кирпичного завода. Множество факторов, которые при этом приходится учитывать, определяют всю сложность и многогранность работы этой категории специалистов.

Различные методы испытаний глин, разработанные за много лет огромным числом ученых и практиков, призваны в значительной степени облегчить этот труд и помочь наиболее эффективно использовать потенциальные возможности глин для получения качественной продукции.

Основными руководствами при проведении испытаний являются «Методика испытания глинистого сырья для производства обыкновенного и пустотелого кирпича, пустотелых керамических камней и дренажных труб», «Методические указания по испытанию сырья для производства кирпича способом полусухого прессования», утвержденные бывшим Министерством промышленности строительных материалов СССР, а также различные ГОСТы, рекомендации, инструкции и другая литература. Отдельная методика испытаний глин для использования в производстве метода жесткого формования отсутствует. Чтобы восполнить этот пробел, специалисты ВНИИСТРОМа в настоящее время работают над дополнением к существующей методике.

В данной статье мы имеем целью показать, какие исследования необ-

ходимо проводить для понимания природы и потенциальных возможностей глинистого сырья, сортировать технологов, какие этапы испытаний следует организовать на производстве и на каких этапах целесообразно обращаться за консультацией к специалисту в целях разработки технически грамотного и научно обоснованного технологического регламента.

Программа испытаний глинистого сырья разработана таким образом, чтобы при проведении исследований получить наиболее полную информацию о данной глине, ее составе, свойствах, поведении в процессе технологической переработки, формования, сушки и обжига. До начала проведения испытаний желательно иметь информацию о геологических изысканиях месторождения, о ранее проведенных исследованиях и, если завод уже построен и эксплуатируется, о проблемах, которые не позволяют выпускать продукцию необходимого качества.

*Макроскопическое описание пробы* глинистого сырья выполняют с целью определения внешнего вида, макроструктуры, цвета и плотности. При этом также фиксируют наличие включений и степень вскипания пробы при взаимодействии с раствором соляной кислоты.

Глинистые минералы в основном представляют собой гидратированные алюмосиликаты кальция, магния, железа и т. д. и примеси, поэтому традиционный *химический анализ* дает первое общее представление о составе сырья и некоторых будущих свойствах изделий. Так, по количеству и дисперсности кварца можно судить о прочностных показателях и о сушильных свойствах; по количеству красящих оксидов, в частности оксида железа в сочетании с содержанием оксидов кальция и магния — о цвете черепка из данного сырья; по количеству оксида кальция, магния и диоксида углерода — о количестве примесей кальцита и доломита; по количеству оксида алюминия в сочетании с содержанием оксидов натрия, калия и железа — о поведении глины в процессе нагревания; по количеству оксидов кальция, магния — о характере поведения керамического черепка при обжиге в диапазоне температур 700–1000°C и выше 1050–1100°C.

*Состав и количество водорастворимых солей* в глине дает представление о том, будут ли появляться выцветы и высолы на поверхности изделий, и позволяют выбрать или разработать методы их устранения.

Необходимо знать *минералогический состав сырья*, — какие именно глинистые минералы формируют данное сырье, какие конкретно примеси присутствуют в глине.

Обычно глина имеет полиминеральный состав, и в нем присутствуют одновременно несколько глинообразующих минералов, имеющих различные технологические свойства. Так, например, присутствие в сырье каолинита повышает огнеупорность изделий и обязывает технологов обратить особое внимание на режимы формования и обжига изделий. Монтмориллонитовые глины по сравнению с каолинитовыми и гидрослюдистыми имеют наиболее высокую степень дисперсности, наибольшую набухаемость и способность к коагуляции, высокую пластичность, связующую способность, усадку и чувствительность к сушке и обжигу. Гидрослюдистые глины занимают среднее положение между каолинитовыми и монтмориллонитовыми, но только в том случае, если наряду с гидрослюдистыми присутствуют и другие глинистые минералы. Если же глинообразующими минералами являются гидрослюды в различных видах да еще в присутствии слюды и хлорита, то такие глины отличаются по свойствам от глин вышеназванных групп.

В природе, однако, редко встречаются глины, имеющие в своем составе один минерал, поэтому их классифицируют по преимущественному содержанию того или иного минерала.

Данные по минералогическому составу, особенно количественные, получить довольно трудоемко, поэтому привлекается большое число различных дорогостоящих физико-химических методов исследования, в частности *рентгеновский фазовый анализ*, позволяющий увидеть количество присутствующих в сырье кристаллических соединений. Эти данные должны коррелироваться с данными химического анализа.

Рентгеновский анализ позволяет более определенно и достоверно су-

диль о реальном, всегда сложном минералогическом составе сырья. Все технологические и эксплуатационные свойства керамической продукции определяются именно особенностями минералогического состава исходного глинистого сырья. Напомним, что рентгеновский метод исследования базируется на дифракции рентгеновских лучей от кристаллических решеток минералов и последующей их интерференции по вполне определенным физическим законам. Каждое кристаллическое образование имеет свой специфический набор (спектр) дифракционных отражений, по которым это соединение надежно идентифицируется и определяется количественное содержание в сложной естественной или искусственной смеси.

Для идентификации относительно рентгеноаморфных соединений с несовершенной кристаллической структурой, в частности глинистого минерала — монтмориллонита, рентгеновского анализа недостаточно для получения полной картины фазового состава и он дополняется *дериватографическим, оптико-микроскопическим и спектральным анализами.*

Дериватографический анализ основан на определении различных тепловых эффектов при нагревании образца. Кривая ДТА характеризует все физико-химические процессы, происходящие в пробе при ее нагревании. Эффекты, направленные вниз, — эндотермические, идущие с поглощением тепла и свидетельствующие о разрушении исходных кристаллических или рентгеноаморфных соединений, о процессах плавления и т. п. Эффекты на кривой ДТА, направленные вверх, — экзотермические, происходящие с выделением тепла, и обычно говорят о процессах новой кристаллизации, выгорании топлива и т. д.

В целом эта группа исследовательских методов дает представление о вещественном составе глинистого сырья и частично о будущих свойствах изделий.

На следующем этапе проводится определение и анализ керамических свойств глин. *Содержание крупнозернистых включений* определяют методом промывки пробы на сите 0,5 мм с последующим рассевом на ситах 5, 3, 2 и 1 мм. Этот анализ дает представление о содержании в пробе крупных каменистых включений, включений кварца, карбонатов, органики и др. На этом этапе также определяют *содержание и активность крупных карбонатных включений.* Результаты данного анализа

используются при решении вопроса о необходимой степени диспергации исходного глинистого сырья.

Для получения информации о глинистой части пробы делают *гранулометрический анализ* методом пипетки, позволяющий определить размеры частиц глинистого сырья. Так, глинистые минералы, имеющие размеры в несколько микрон и менее, будут, естественно, находиться во фракциях 0,005–0,001 и менее 0,001 мм, а например, свободный кварц — в наиболее крупных фракциях (свыше 0,01 мм). Для определения качественного и количественного состава глинистого сырья в дальнейшем данные, полученные с помощью других анализов, сверяют с результатами гранулометрического анализа.

Пластичные свойства глин преимущественно зависят от минерального состава, дисперсности глинистых частиц и других факторов. Переход глины от одной консистенции к другой совершается при определенных значениях влажности, которые получили название пределов пластичности. Влажность, при которой глина переходит из пластичного состояния в текучее, называется верхним пределом пластичности, или границей текучести. Влажность, при которой глина переходит из пластичного состояния в непластичное, называется нижним пределом пластичности, или границей раскатывания. Разность между верхним и нижним пределами пластичности является характеристикой пластичности глин и называется *числом пластичности.* Определяют эту характеристику с помощью прибора Васильева. За рубежом пользуются показателем пластичности по Аттербергу.

По числу пластичности глины классифицируются как высокопластичные с числом пластичности более 25, среднепластичные — 15–25, умереннопластичные — 7–15, малопластичные — менее 7 и непластичные, которые вообще не дают пластичного теста. Показатель пластичности коррелирует с гранулометрическим составом глины и, естественно, с минералогическим составом, то есть с содержанием глинистого вещества в сырье.

Исследование *сушильных свойств сырья* занимает весьма существенное место в лабораторно-технологических исследованиях методом пластического формования. Сушильные свойства глин напрямую связаны с количеством монтмориллонита. Чем его больше, тем выше чувствительность сырья к сушке. Однако это утверждение относится к глинам с общим содержанием глинистого вещества не менее 30–40%.

В случае с меньшим содержанием глинистого вещества также часто отмечают появление трещин при сушке, но оно возникает по причине недостаточной связующей способности массы, и тогда говорят об относительно большом количестве пылеватых частиц. На наш взгляд, правильнее говорить не о пылеватых частицах вообще, а о содержании минеральной составляющей (кварца, кальцита, полевых шпатов и т. д.), представленной частицами соответствующих размеров.

В практической работе при определении чувствительности сырья к сушке чаще всего пользуются двумя методами — А.Ф. Чижского и З.А. Носовой.

По ускоренному методу Чижского сформованную пластинку образца размером 55×55×10 мм облучают мощным тепловым потоком до появления на пластинке трещин. Время появления трещин (в секундах) и является *критерием чувствительности глин к сушке.* Источником облучения служит электрическая плитка с закрытой спиралью мощностью 800 Вт.

Этот относительно простой и быстрый метод позволяет в какой-то степени оценить чувствительность глин к сушке и условно отнести их к одной из трех групп: высокочувствительные к сушке глины, когда трещины появляются ранее 100 с облучения, среднечувствительные — трещины появляются через 100–180 с и малочувствительные, когда трещины появляются более чем через 180 с.

По методу З.А. Носовой глины делятся на три группы: малочувствительные  $K_{ч} < 1$ , среднечувствительные  $K_{ч} = 1–1,5$  и высокочувствительные  $K_{ч} > 1,5$ .

Хотя этот метод и является более надежным, чем ускоренный метод Чижского, на практике наблюдаются частые его расхождения с реальными результатами.

В институте ВНИИСТРОМ также разработан метод оценки чувствительности глинистого сырья к сушке, который заключается в прямом определении количества монтмориллонита в сырье. Глинистые минералы каолинит или гидрослюда не делают глину высокочувствительной. Чувствительность сырья к сушке повышают только монтмориллонитоподобные минералы, имеющие межслоевую воду в своей структуре и удаляемую при температуре до 200°C. При удалении соответственно изменяются параметры кристаллической решетки монтмориллонита с 24 до 10 Å. Этим объясняется неизбежное появление микротрещин, что и вызывает при-

менение в этом случае различных технологических приемов для снижения их отрицательного влияния на качество продукции (введение отошителя, смягчение сроков сушки и т. д.).

Определенный по содержанию монтмориллонита показатель называется *минералогическим коэффициентом чувствительности к сушке*. Минералогический коэффициент определяется исходя из относительной потери массы в температурном диапазоне 100–200°C по формуле:

$$K_{\text{мин}} = \frac{M_{100} - M_{200}}{M_{\text{исх}}} \cdot 100,$$

где  $M_{\text{исх}}$  — масса навески, высушенной в естественных условиях,  $M_{100}$  и  $M_{200}$  — массы навесок, высушенных соответственно при 100 и 200°C.

Здесь также следует принимать во внимание, что этот показатель относится к глинам с общим содержанием глинистого вещества не менее 30–40%. В случае с меньшим содержанием глинистого вещества он не отражает реальной чувствительности к сушке глины.

При оценке сушильных свойств глинистого сырья часто используют *показатель критической влажности*. На кривой, показывающей зависимость усадки образца от удаляемой влаги, определяют значение влажности, соответствующей моменту прекращения усадки образца. Принято считать, что сырьевые изделия из данного сырья при такой влажности можно сушить уже интенсивно.

По нашему мнению, знание такой характеристики, как критическая влажность, очень полезно, но методика ее определения явно не совершенна, так как сушка производится при температуре 100°C. Нами отмечено, что в этом случае процесс сушки отличается от сушки при более низких температурах и

более высоких влажностях, в частности значительно снижается усадка (в полтора-два раза).

Более достоверные результаты можно получить по методу Бигота, предусматривающему сушку в естественных условиях или под воздействием небольшого воздушного потока. В этом случае данные по усадке совпадают с данными, полученными при дальнейших испытаниях.

Помимо этих лабораторно-аналитических методов изучения сушильных свойств глинистого сырья нами используется лабораторная труба-сушилка, позволяющая сушить образцы при разных температуре, скорости подачи теплоносителя и его относительной влажности. Анализ характера трещинообразования играет существенную роль при выборе состава шихты, определении безопасных параметров сушки и других технологических режимов.

При исследовании процесса обжига применяется дериватографический анализ, о котором упоминалось ранее, *дилатометрический анализ*, *определение спекаемости и огнеупорности*.

Спекаемость — это способность керамического черепка иметь водопоглощение менее 5% в определенном температурном диапазоне без появления деформаций (вспучивания, оплавления). Этот показатель мало используется в кирпичной промышленности, так как подавляющее большинство глин является неспекающимися. Однако информация об изменении плотности и водопоглощения с повышением температуры нами используется.

Огнеупорность — свойство керамических материалов противостоять, не расплавляясь, воздействию высоких температур. Глины для производства керамических стеновых материалов и черепицы преимущественно являются легкоплавкими.

Дилатометрический анализ весьма важен для выбора оптимальных режимов обжига керамических изделий.

При дилатометрическом анализе выявляется необходимая информация о происходящих при нагреве линейных изменениях образца, начале появления жидкой фазы, то есть информация о начале интенсивного спекания в образце. Вид и количество образующейся стеклофазы в значительной степени определяют будущие эксплуатационные свойства изделий.

На дилатометрических кривых хорошо наблюдается термическое и структурное расширение образца при нагреве, относительно быстрое термическое расширение при кварцевом переходе и обратная усадка при охлаждении изделия. Также удобно наблюдать термическое соответствие основного сырья и добавок. Естественно, что коэффициенты термического расширения отдельных компонентов сырьевой смеси должны быть близкими и не приводить к появлению нежелательных микротрещин. В нашей практике режим обжига всегда задается с учетом данных дилатометрического и дериватографического анализов.

Следующий этап испытаний составляют лабораторно-технологические исследования, целью которых является подбор шихты, получение конкретных данных о формовочных, сушильных и обжиговых свойствах подобранной шихты, прочностных характеристиках изделий, их долговечности, морозостойкости, архитектурной выразительности и т. д.

Полученная информация в результате проведенных исследований позволяет разработать технологический регламент производства керамических изделий. Технологический регламент используется для строительства новых заводов или для реконструкции действующих.

Министерство здравоохранения, Министерство труда и социального развития, Госстрой, Российская академия медицинских наук, Правительство Свердловской области

м е ж д у н а р о д н а я к о н ф е р е н ц и я

## Безопасность и здоровье при производстве и использовании асбеста и других волокнистых материалов

3-7 июня 2002 г.

Россия, Екатеринбург

Ученые и специалисты обмениваются информацией о результатах исследований и опыте практического использования асбеста и других волокнистых материалов

**Тематика докладов:** охрана здоровья • безопасные уровни воздействия на человека • мониторинг здоровья и безопасности на рабочих местах и в окружающей среде • оценка риска и безопасности использования волокнистых материалов • профилактика профессиональных заболеваний • обеспечение безопасности производственных процессов

**Оргкомитет конференции:** факс: (34365) 6-40-63 E-mail: [nii@uraltc.ru](mailto:nii@uraltc.ru)



## Центр делового сотрудничества в строительстве подвел итоги работы за 2001 год



26 февраля 2002 г. состоялось общее собрание Центра делового сотрудничества в строительстве и Круглый стол, на которых были рассмотрены итоги работы ЦДСС в 2001 г. и принята программа деятельности на 2002 г.

С отчетом о работе Центра выступил генеральный директор ФГУП ЦБНТИ Госстроя России, исполнительный директор ПТ ЦДСС А.П. Дорофеев.

По выставочной деятельности ЦДСС было отмечено, что в течение года его коллективная экспозиция была представлена на выставках: «Евроремонт-2001» и «Стройиндустрия и архитектура-2001» (Москва), «Интерстройэкспо-2001» (Санкт-Петербург), «Стройиндустрия-2001» (Сочи). Коллективный стенд был представлен также на межрегиональном совещании Центрального федерального округа России (Калуга), на выставке по ресурсосбережению в Государственной Думе, на выставке межрегионального совещания в Костроме. Фирмы Центра принимали участие в выставке в Кремле, приуроченной к Всероссийскому совещанию строителей, в Госстрое – на выставке, приуроченной к итоговой коллегии, и за рубежом: «Градостроительство» (Белград, Югославия) и «Бауфах-2001» (Лейпциг, Германия).

Отмечено, что благодаря активной позиции ЦБНТИ Госстроя десятки фирм, входящих в Центр, награждены дипломами, сертификатами различных выставок.

В 2001 г. выпущено два номера журнала «Вестник строительного

рынка России». Главный итог деятельности издательского отдела – новый проект: выпуск «Вестника» № 2 в декабре 2001 г. совместно с журналом «Уют в вашем доме» тиражом 10 тыс. экз.

В прошедшем году издательский отдел активизировал работу с отраслевой печатью: подписано более десятка договоров о совместной деятельности и соглашения с различными отраслевыми газетами и журналами. Журнал «Строительные материалы» стал одним из первых партнеров ЦДСС.

Разработан и размещен в Интернете сайт ЦБНТИ Госстроя со страницей Центра ([www.cbnti.ru](http://www.cbnti.ru)).

В 2001 г. проведено три расширенных заседания Совета директоров. Из них два выездных – в Смоленске и Калининграде. Принято решение о создании в Калининградском регионе филиала Центра. Проведено межрегиональное совещание строителей и работников ЖКХ 18 областей России ЦФО по энергосбережению в Калуге. В рамках международных выставок «Евроремонт-2001» и «Стройиндустрия и архитектура-2001» прошли форумы «Евроремонт: опыт регионов» и «Неделя стройиндустрии регионов России в Москве».

Секция кровельщиков ЦДСС провела Круглый стол в рамках форума на выставке «Евроремонт-2001». Семинар металлостроителей провела фирма «Аркада» в Смоленске. В течение года велась плановая работа с «Росзарубежцентром» при правительстве России по проведению различных мероприятий внешнеэкономического характера.

В течение года ЦБНТИ оказывало поддержку ряду фирм Центра по получению сертификатов, лицензий, заключений научно-технического совета Госстроя и др.

В 2001 г. ЦБНТИ Госстроя впервые выступило генподрядчиком по строительству терминала для хранения солода пивоваренного завода «Амстар» в Уфе, передав функцию

основного субподрядчика фирме ЦДСС «Эльбрус» в Йошкар-Оле.

Оригинальная технология фирмы «Панцерс» из Риги по очистке систем горячего и холодного водоснабжения с помощью ЦБНТИ Госстроя была применена на ряде домов Москвы, Московской области и других регионов России.

«В течение года мы не ставили задачу количественного роста фирм, входящих в Центр, – отметил в своем выступлении А.П. Дорофеев. – Мы хотели поднять работу Центра на более качественный уровень. И нашли правильный ход: предлагать на строительный рынок продукцию фирм Центра не по одной фирме, как это делалось до сих пор, а в комплексе».

После отчета А.П. Дорофеева заместитель председателя Госстроя РФ, статс-секретарь Госстроя в Госдуме В.Н. Пономарев вручил награду «Почетный строитель России» В.А. Дворникову, генеральному директору АООТ «Мосэлектронпроект», и Г.Г. Аракеляну, генеральному директору «Грантстроя».

Затем состоялся VI Круглый стол ЦДСС, на котором А.П. Дорофеев поделился планами на 2002 г. Он отметил, что будет продолжена работа по продвижению продукции фирм, входящих в ЦДСС, через организацию выставочной работы и издательскую деятельность.

Заместитель генерального директора ФГУП ЦБНТИ Госстроя России А.Н. Шебеко отметил, что новый информационный продукт Центра будет состоять из каталогов продукции, технических решений, альбомов проектов и др. Его назначение – служить инструментом продвижения продукции и услуг фирм Центра, так как продукция будет представлена комплексно, взаимосвязана и просчитана по затратам на строительство, а также, что очень важно, по эксплуатационным затратам. Это, в свою очередь, позволит заказчику выбирать оптимальное архитектурно-строительное решение.



Выступает заместитель председателя Госстроя РФ В.Н. Пономарев