

СОДЕРЖАНИЕ

Учредитель журнала:
ООО Рекламно-издательская
фирма «Стройматериалы»

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

Главный редактор
ЮМАШЕВА Е.И.

Редакционный совет:
РЕСИН В.И.
(председатель)

БАРИНОВА Л.С.
БУТКЕВИЧ Г.Р.
ВАЙСБЕРГ Л.А.
ВЕДЕРНИКОВ Г.В.
ВЕРЕЩАГИН В.И.
ГОНЧАРОВ Ю.А.
ГОРИН В.М.
ГОРНОСТАЕВ А.В.
ГРИДЧИН А.М.
ЖУРАВЛЕВ А.А.
КОВАЛЬ С.В.
КОЗИНА В.Л.
ЛЕСОВИК В.С.
ПИЧУГИН А.П.
СИВОКОЗОВ В.С.
ФЕДОСОВ С.В.
ФЕРРОНСКАЯ А.В.
ФИЛИППОВ Е.В.
ШЛЕГЕЛЬ И.Ф.

Авторы
опубликованных материалов
несут ответственность
за достоверность приведенных
сведений, точность данных
по цитируемой литературе
и за использование в статьях
данных, не подлежащих
открытой публикации

Редакция
может опубликовать статьи
в порядке обсуждения,
не разделяя точку зрения автора

Перепечатка
и воспроизведение статей,
рекламных
и иллюстративных материалов
возможны лишь с письменного
разрешения главного редактора

Редакция не несет ответственности
за содержание рекламы и объявлений

Адрес редакции:

Россия, 127434, Москва,
Дмитровское ш., д. 9, корп. 3
Тел./факс: (495) 976-22-08
(495) 976-20-36
Телефон: (926) 833-48-13
E-mail: mail@rifsm.ru
http://www.rifsm.ru

Гипс и его применение

Р.А. ЧЕРНЫШЁВА

Переработка фосфогипса в высококачественные вяжущие материалы 4

Рассмотрены вопросы создания технологии и универсальной технологической линии производства высококачественных гипсовых вяжущих из природного сырья и окисленных гипсосодержащих отходов, в том числе отвалных кондиционных фосфогипсов.

Е.И. ШМИТЬКО, Ю.Н. СПАСИБУХОВ

Использование отходов сероочистки дымовых газов ТЭС для производства гипсовых вяжущих 7

Разработана технология получения гипсового сырья путем нейтрализации SO₂ дымовых газов меловыми суспензиями. Получено гипсовое и водостойкое гипсоцементно-зольное вяжущее. Указаны возможные направления использования полученных вяжущих.

С. НОВАК, Х.-Б. ФИШЕР, В.П. СОПОВ, А.В. УШЕРОВ-МАРШАК

Тепловыделение при гидратации фаз полугидрата сульфата кальция 10

Методом дифференциальной микрокалориметрии оценивается влияние ряда факторов – фазового состава, характера кристалличности, дисперсности, условий хранения на реакционную способность β-CaSO₄·0,5H₂O.

В.Б. ПЕТРОПАВЛОВСКАЯ, В.В. БЕЛОВ, Т.Б. НОВИЧЕНКОВА

Регулирование свойств безобжиговых гипсовых материалов 14

Исследовано влияние микрокальцита и микрокремнезема высокой дисперсности на гипсовые бинарные сырьевые смеси. Проведен анализ зернового состава бинарной системы, сделан вывод о возможности получения систем с более плотной упаковкой. Приведены результаты физико-технических испытаний.

В.В. КРИВЕНКО, Д.В. ОВЧИННИКОВ, М.М. ВАЙНШТЕЙН, А.Ф. БУРЬЯНОВ, Ю.А. ГОНЧАРОВ

Оселковый мрамор: древние традиции и современные технологии 16

Приводятся сведения о классах мрамора, его основные технические характеристики; история развития производства искусственного (оселкового) мрамора из гипсового вяжущего; сведения о рынке искусственного камня и экономика производства в настоящее время. Обоснована возможность организации регулярного производства этого материала в условиях механизированного производства.

«Волма». Чтобы гордиться работой 19

А.Р. ДЖАНИБЕКОВ

Усть-Джегутинский гипсовый комбинат им. Р.А. Джанибекова: достойная история и уверенность в будущем 22

Описаны декоративно-облицовочный стеновой блок и гипсобетонное перекрытие, конструкция сейсмостойчивого дома. Совершенствование технологии их производства достигнуто за счет внедрения новой конструкции мельницы для помола гипса и агрегата для добычи гипсового камня.

Новый этап развития бизнеса КНАУФ на Юге России 24

И.М. БАРАНОВ

Композиционные гипсополимерные материалы 25

Изложены результаты разработки композиционных гипсополимерных вяжущих и материалов на их основе: декоративных плит для внутренней облицовки стен, архитектурно-строительных изделий для отделки фасадов зданий, теплоизоляционных плит, конструкционно-огнезащитного материала, песчаного бетона и штукатурного раствора для ремонта мостовых конструкций.

А.Ф. БУРЬЯНОВ

Эффективные гипсовые материалы для устройства межкомнатных перегородок . 30

Определены основные требования к межкомнатным перегородкам в жилых домах и представлены особенности различных видов материалов для их устройства. Описана технологическая линия производства гипсовых пазогребневых блоков для межкомнатных перегородок, разработанная на ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова и реализованная на Самарском гипсовом комбинате.

А.П. ПУСТОВГАР, А.В. ГАГУЛАЕВ

Теплофизические характеристики ограждающих конструкций из модифицированного гипсопоробетона 34

Представлен эффективный материал для наружных ограждающих конструкций на основе водостойкого гипсового вяжущего – гипсопоробетон. Приведены результаты лабораторных исследований теплотехнических характеристик гипсопоробетона в зависимости от плотности, а также результаты натурных исследований одноэтажного здания с несущими наружными стенами из гипсопоробетона.

Ученые отрасли

Слово об учителе (к 110-летию В.А. Воробьева) 38

Тепловая защита зданий

В.Г. ГАГАРИН

Экономический анализ повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий 41

Главный практический результат, вытекающий из приведенного подробного экономического анализа, заключается в том, что существующие условия для повышения теплозащиты зданий в России значительно менее благоприятны, чем в других развитых странах.

А.Н. ДАВИДЮК, Г.В. НЕСВЕТАЕВ

Проектирование рациональной многослойной ограждающей конструкции по критерию защиты от влаги 48

Сформулированы принципы способа выбора материалов для ограждающей конструкции на первых этапах реализации проектных решений по критерию защиты от влаги. Рассмотрены ситуации, возникающие при проектировании многослойных ограждающих конструкций.

А.И. БОГОЯВЛЕНСКИЙ, А.С. ПЛАТОНОВ, С.И. ХАНКОВ

Метод измерения удельного теплового сопротивления ограждающей конструкции в нестационарном тепловом режиме 51

Сформулированы теоретические положения и основные допущения, положенные в основу метода измерения удельного теплового сопротивления многослойной ограждающей конструкции в нестационарном тепловом режиме. Приведено описание аппаратурной реализации метода и его экспериментальной проверки. Показана эффективность предложенного метода измерений.

Строительная теплотехника: актуальные вопросы нормирования (научно-техническая конференция) 53

Юбиляры отрасли

А.И. ЕРЕМКИН, Т.И. БАРАНОВА, В.А. ХУДЯКОВ

Наука строить – наука созидать! (К 50-летию ПГУАС) 58

Технологии и оборудование

Е.Н. ЛЕОНТЬЕВ

Возможности снижения зависимости производства автоклавных материалов от дефицита цемента 62

Рассмотрены пути снижения дефицита цемента за счет увеличения производства бесцементных автоклавных бетонов плотной ячеистой структуры. Обращено внимание на основные процессы, способствующие синтезу наиболее прочных одноосновных гидросиликатов и тоберморита, в том числе с использованием различного рода промышленных отходов.

С.В. МОШКОВСКАЯ, Т.А. ЮМАШЕВА, Ю.В. ХРИПАКОВА, Н.С. ЗИМИНА

Новая лаборатория физико-химических испытаний цементов по ГОСТ 31108–2003 66

Е.А. БАРАНЦЕВА

Кинетика перемешивания сыпучих материалов в лопадном смесителе непрерывного действия 69

Предложена двухмерная ячеичная математическая модель кинетики непрерывного лопадного перемешивания сыпучих материалов. Приведены некоторые результаты численных экспериментов, показывающие влияние параметров процесса на качество смеси, а также экспериментальные данные, подтверждающие работоспособность модели.

В.А. ОГУРЦОВ

Моделирование движения частиц над поверхностью сита виброгрохота 72

Предложена математическая модель движения частицы относительно вибрирующей горизонтальной поверхности сита виброгрохота, совершающего вертикальные колебания. В результате численных экспериментов с моделью выявлена зависимость амплитуды движения частицы и частоты ее столкновений с поверхностью от амплитуды и частоты колебаний сита.

С.Ф. СМИРНОВ, В.П. ЖУКОВ, С.В. ФЕДОСОВ, В.Е. МИЗОНОВ

Обобщенная ячеичная модель совмещенного процесса измельчения-классификации в технологических системах измельчения 74

Предложена обобщенная ячеичная модель совмещенных процессов измельчения и классификации. Показаны примеры использования нового метода для моделирования различных технологических систем измельчения произвольной структуры. Выполнено сопоставление известного и предложенного метода моделирования.

Материалы и конструкции

Р.В. ЛЕСОВИК, И.В. ЖЕРНОВСКИЙ

Выбор кремнеземсодержащего компонента композиционных вяжущих веществ 78

Рентгенофазовым анализом на основе метода Ритвелда выявлена фазово-размерная гетерогенность песков, заключающаяся в вариациях концентрации полиморфных модификаций кремнезема α - и β -кварца. Установлена зависимость активности кремнезема по отношению к свободному $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в системе кварцевый компонент – портландцемент – суперпластификатор от содержания β -кварца.

Л.А. СЕРЕБРЯКОВА

Оптимизация структуры нетканых материалов для линолеума 80

Выявлена возможность использования иглопробивных нетканых материалов в качестве основы теплозащитного линолеума. Проведена оптимизация толщины опытных вариантов нетканых полотен с целью рационального использования сырья.

Т.Л. ИВАНОВА, В.С. ПРОКОПЕЦ

Механоактивированный резиновый порошок для асфальтобетонов 82

Предлагается подтвержденный экспериментально способ введения в асфальтобетон резинового порошка, подвергнутого скоростным ударным силовым нагрузкам в дезинтеграторе с целью улучшения качества асфальтобетона. Приведены зависимости полученных показателей пределов прочности при сжатии для асфальтобетонов от количества резинового порошка и битума.

Новости 86

**Специализированный
редакционный совет
«Строительные
материалы: бизнес»**

РЕСИН В.И.
(председатель)

БАРИНОВА Л.С.

БУТКЕВИЧ Г.Р.

ВАЙСБЕРГ Л.А.

ГОРИН В.М.

ГОРНОСТАЕВ А.В.

ГУДКОВ Ю.В.

ЖУРАВЛЕВ А.А.

ЛЕСОВИК В.С.

РУДЫЧЕВ А.А.

СИВОКОЗОВ В.С.

ФИЛИППОВ Е.В.

ШЛЕГЕЛЬ И.Ф.

Авторы

опубликованных
материалов несут
ответственность
за достоверность
приведенных сведений,
точность данных
по цитируемой
литературе
и за использование
в статьях данных,
не подлежащих
открытой публикации

Редакция

может опубликовать
статьи в порядке
обсуждения,
не разделяя точку
зрения автора

Перепечатка

и воспроизведение
статей, рекламных
и иллюстративных
материалов из
нашего журнала
возможны лишь
с письменного
разрешения
главного редактора

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

Адрес редакции:

Россия, 127434, Москва,
Дмитровское ш.,
д. 9, корп. 3

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

Телефон: (926) 833-48-13

E-mail: mail@rifsm.ru

<http://www.rifsm.ru>

СОДЕРЖАНИЕ

А.И. КУДЯКОВ

Качество строительной продукции – как мы его понимаем? 91

Приведены современные представления о качестве строительной продукции, повышающем конкурентную способность отечественных материалов и услуг. Предлагаются инструменты технического регулирования, заменяющие лицензирование строительной деятельности. Отмечается, что необходимо уделить внимание повышению компетентности специалистов в области правового регулирования отношений между участниками бизнес-процессов.

В.С. ГРЫЗЛОВ, Е.В. МЕНЬШИКОВА

Управление качеством на предприятиях стройиндустрии 93

Показано, что система менеджмента качества (СМК) – эффективная система управления. Приведены основные этапы разработки, внедрения и сертификации СМК в строительных организациях. Предложен пример комплекта документации СМК для завода железобетонных изделий и конструкций. Внедрение системы качества на ОАО «Завод ЖБИК» позволило решить поставленные задачи СМК.

С.М. НЕЙМАН

Система менеджмента качества в асбестоцементной отрасли:

проблемы и задачи 96

Приведен анализ ситуации, сложившейся на рынке кровельных материалов и панелей для фасадных систем. Сделан акцент на положение в этом ряду асбестоцементных изделий и материалов. Выявлены основные причины снижения конкурентоспособности асбестоцемента и сформулированы задачи, стоящие перед учеными, технологами и маркетологами для повышения конкурентоспособности асбестоцемента.

В.И. ЛОГАНИНА

Организация статистического приемочного контроля качества

строительных изделий и конструкций 98

Приведен сравнительный анализ принятия решения о приемке партии бетонных конструкций с применением статистического приемочного контроля и на основании действующего нормативного документа на правила приемки бетонных конструкций.

В.И. ЛОГАНИНА, А.А. ФЕДОСЕЕВ, П.В. ЛОГАНИН

Применение методологии «шесть сигм» при контроле качества

строительной продукции 100

Приведены сведения о необходимости применения методологии «шесть сигм» при контроле качества строительной продукции. Дан пример построения контрольной приемочной карты. Отмечено, что предприятия строительной отрасли применяют правила проведения приемочного контроля без учета уровня дефектности продукции, требований риска потребителя и поставщика.

Д.П. ПЛЕТНЕВ, А.П. ПИЧУГИН

Экономические аспекты транспортировки сырья и строительных материалов 101

Приведен экономический анализ хозяйственной деятельности на основании статистических данных промышленно-железнодорожного транспортного предприятия. Показано наличие взаимосвязи объема перевозок с общими доходами и отсутствие связи между объемом перевозимых грузов и доходной ставкой, что связано с влиянием структуры грузов на этот экономический показатель.

Теории и методы оценки качества продукции 104

Приведен краткий исторический обзор возникновения и становления теории и методов в области качества промышленной продукции и основные достижения ученых – основателей современной системы менеджмента качества: Э. Деминга, Дж. Джурана, Ф. Кросби, Дж. Бокса, Г. Тагути. Более развернуто изложены основные идеи и методы Г. Тагути.

Подписка на журнал «Строительные материалы»
с приложением «Строительные материалы: бизнес»
осуществляется по индексам:

87723

каталог
«Пресса России»

20461

каталог
агентства «Роспечать»

Не забудьте оформить подписку своевременно!

Р.А. ЧЕРНЫШЁВА, старший научный сотрудник, Инженерный центр «Сушка» Института технической теплофизики Национальной академии наук Украины (Киев)

Переработка фосфогипса в высококачественные вяжущие материалы

В последние годы интерес к материалам на основе гипса существенно возрос. Это связано с их экологичностью (второе место после древесины), а также относительно малой плотностью. Так, приведенная масса кирпичных зданий составляет 2,5 т/м² общей площади, панельных — 2 т/м², в то время как в мировой практике для жилых и общественных зданий этот показатель не превышает 1 т/м², что достигается, в частности, использованием гипсовых материалов. Возведение перегородок, устройство оснований полов и подвесных потолков, использование материалов и деталей отделки интерьеров и фасадов на основе гипса способствуют снижению приведенной массы зданий, снижению стоимости строительства, повышению экологичности и комфортабельности жилья. Вследствие повышенной огнестойкости сфера использования гипса распространяется также на воздушные коридоры, лифтовые шахты, мусоропроводы и места пребывания большого числа людей — больницы, школы. В последних за рубежом широко используются антивандальные и огнестойкие штукатурки на основе высокопрочных гипсовых вяжущих.

На Украине есть несколько месторождений природного гипсового сырья высокого качества, остальные запасы имеют низкое качество и малую мощность, содержание дигидрата сульфата кальция (CaSO₄·2H₂O) в них ниже 90%, что, например, неприемлемо по нормативам ASTM (США) для производства высокопрочных вяжущих. В настоящее время продажи сырья очень ограничены, даже несмотря на высокие цены — около 16–18 дол. США/т (франко-порт) при средней мировой цене в 8 дол. США/т. Вследствие ограниченности сырьевой базы сколько-нибудь существенного роста национального производства гипсовых материалов и изделий в ближайшей перспективе не предвидится. Поэтому актуальной является проблема вовлечения в производство техногенного (синтетического) гипсового сырья (СГ).

Крупнейшие мировые производители гипсовых материалов используют СГ, и если ранее это направление развивалось в ресурснедостаточных странах (Япония, Германия), то в настоящее время страны с запасами природного сырья мирового уровня (США, Канада) используют СГ во все возрастающих объемах.

На Украине генерируется многотоннажный объем техногенных гипсов, наибольшую часть которого составляет фосфогипс. Ежегодно в отвалы направляется около 2,3 млн т, накопленный объем достигает 60 млн т. Решение задачи использования фосфогипса позволит не только существенно улучшить экологическую обстановку в регионах, но и обеспечить промышленность стройматериалов высококачественным сырьем: по содержанию дигидрата сульфата кальция (≥95%) фосфогипс соответствует гипсовому сырью первого сорта.

Проблема переработки гипсосодержащих техногенных отходов не является новой. Начиная с 60-х гг. XX в. основной целью проводимых различными организациями НИР и ОКР было создание технологий переработки свежего фосфогипса, поступающего непосредственно с линий производства фосфорной кислоты. Вследствие высокого содержания токсичных примесей все

технологии предусматривали отмывку материала и его нейтрализацию. Эти процессы высокоэнергосодержательны, а отмывка, кроме того, требует использования больших объемов воды и, в свою очередь, ее очистки.

Без учета морфологических и структурных особенностей фосфогипса отдельными организациями проводились исследования по прямой переработке фосфогипса в гипсовое вяжущее. Предпосылкой являлось некорректное отождествление фосфогипса с молотым природным сырьем, вследствие чего пытались реализовывать обжиговую технологию получения β-модификации полугидрата. Многочисленные экспериментальные работы вплоть до уровня полупромышленных установок неизменно заканчивались получением вяжущего прочностью ниже марки Г-2. Гипс такого качества не имеет спроса в современных условиях, когда в большом ассортименте на рынке присутствуют сухие строительные смеси (ССС), в которых используются гипсовые вяжущие марки не ниже Г-5, а для керамической промышленности, металлургии и других сфер применения требуются и более прочные вяжущие марок Г-9–Г-22 и выше.

В мировой практике достаточно давно распространена концепция, согласно которой получение высокопрочных гипсовых вяжущих возможно только при повышенном давлении, т. е. по технологии получения α-модификации полугидрата. Эта технология применительно к фосфогипсу имеет две разновидности: гидротермальная обработка порошкообразного дигидрата в жидкой среде с использованием регуляторов роста кристаллов (РПК); гидротермальная обработка кускового сырья.

Для первой технологии характерно наличие большого числа переделов, их сложность, необходимость отделения излишней влаги на фильтр-прессах и т. д. В целом технология является высокоэнергосодержательной. Последствия ввода РПК и их воздействия на старение гипсовых материалов и изделий исследованы недостаточно. Также не исследовано взаимодействие содержащихся в полугидрате остаточных количеств РПК с модифицирующими добавками в составе СССР, влияние последствий этого взаимодействия на качество СССР и их старение.

При использовании гидротермальной обработки кускового сырья требуется перевод гипсосодержащего шлама в твердофазное состояние, т. е. получение искусственного камня.

Проведенные различными организациями Украины исследования фосфогипсов длительного хранения из отвалов ОАО «Ровноазот», Раздольского ГХП «Сера», ГЭК «Титан» показали, что в отвалах находится материал, отвечающий требованиям радиационной безопасности, так как перерабатывались радиационно-безопасные апатиты Кольского месторождения. По химическому составу, особенно по содержанию вредных водорастворимых примесей, отвалы неоднородны; поверхностные слои содержат очень незначительное количество водорастворимых примесей, а начиная с глубины 5–7 м их содержание возрастает.

Для производства экологически чистого вяжущего пригоден только фосфогипс, отвечающий требованиям

Таблица 1

Показатель	ДСТУ БВ.2.7-2-93	Фосфогипс ГХП «Сера»	Фосфогипс ГХП «Ровноазот»
Суммарное содержание сульфата кальция, %, не менее	90*	96,4–93,6	95,9–93,9
Содержание воды, %, не более	72*	51,6–39,5	33,5–32,6
Содержание фосфатов (в пересчете на P ₂ O ₅), %, не более	1,5	0,96–0,45	0,63–0,49
Содержание водорастворимых фосфатов (в пересчете на P ₂ O ₅), %, не более	0,15	0,023–0,012	0,03–0,02
Содержание фторидов (в пересчете на F), %, не более	0,4	0,33–0,21	0,3–0,18
Содержание водорастворимых фторидов (в пересчете на F), %, не более	0,03	0,011–0,008	0,015–0,007
Значение A _{сум} , ЕРН, Бк/кг, не более	370*	61,2–41,1	54,2–48,3

Примечание. * Значения приведены в пересчете на полностью дегидратированный продукт.

ДСТУ БВ.2.7-2-93 «Фосфогипс кондиционный. Технические условия» (Госстандарт Украины).

Основные технические показатели отвальных фосфогипсов некоторых производств имеют существенно более низкие значения, чем регламентируемые указанным ДСТУ (табл. 1).

Анализ показателей, приведенных в табл. 1, показывает необходимость пересмотра концепции переработки фосфогипсов, которая в неявном виде существовала еще во времена СССР. В настоящее время целесообразно перерабатывать на высококачественное вяжущее отвальный кондиционный фосфогипс, что позволяет исключить отмывку и нейтрализацию. Свежий фосфогипс должен складироваться в отвалах, где по прошествии нескольких лет под действием природных факторов сырье достигнет необходимой кондиции. В этой связи уместно акцентировать проблему правильного построения структуры и эксплуатации отвалов. Отвалы должны быть разделены на несколько участков, накапливающих материал в течение определенного времени. После этого участок консервируется и производится периодический мониторинг химического состава. Предприятия – владельцы отвалов будут заинтересованы соблюдать эту сложную технологию, поскольку продажа сырья принесет прибыль при минимальных затратах. Следует отметить, что объем имеющегося готового к использованию кондиционного отвального фосфогипса практически сопоставим с суммарным объемом запасов разрабатываемых месторождений природного гипсового камня, и такого объема фосфогипса достаточно для интенсивного использования в течение 15–20 лет, за это время достигнут кондиции следующие поступления фосфогипса или содержимое отвалов на более глубоких отметках.

В Российской Федерации в отвалах ряда предприятий накоплены гигантские объемы фосфогипса, полученного в основном из радиационно-безопасных апатитов Кольского полуострова. Эти запасы могут быть переработаны на высококачественное гипсовое вяжущее.

Многолетние научные исследования в области получения высокопрочных высококачественных гипсовых вяжущих из природных гипсов и гипсосодержащих отходов, проведенные в Институте технической теплофизики НАН Украины, позволили разработать технологию и технологическую линию модульного типа для получения высокопрочного вяжущего из окускованных гипсосодержащих отходов. Высокая прочность вяжущего достигается за счет подбора технологических параметров процессов без использования, например, пластифицирующих добавок. Кроме того, опыт долголетней эксплуатации изделий из гипсополимерных композиций еще не накоплен и вопрос анализа долговечности таких изделий не может представляться корректным.

Данная разработка, не имеющая аналогов, внедрена в промышленность в 1996 г. и обеспечивает получение высококачественного вяжущего из отработанных гипсовых форм фарфоро-фаянсового и керамического производств.

Следует отметить, что показатели качества регенерированного гипса в значительной мере зависят от качества исходного вяжущего, из которого были изготовлены гипсовые формы; в то же время прочность регенерированного гипса на 1,5–2 пункта выше исходного. Линия также может работать на природном сырье.

Использование аналогичной технологии для получения вяжущих из фосфогипса вызвало необходимость решения проблемы окускования фосфогипса – высоковлажного тонкодисперсного материала.

Из существующих способов окускования в применении к рассматриваемой задаче исследовали основные – грануляцию и прессование (брикетирование). При грануляции получение гранул оптимальной формы и размеров, а также высокой плотности практически недостижимо, даже в случае добавления в шлам гипсового вяжущего. На основании аналитических и экспериментальных исследований установлено, что наиболее эффективным для рассматриваемого применения является прессование, обеспечивающее высокую плотность материала, форму и размеры брикетов, оптимальные для последующих переделов – гидротермальной обработки, сушки и измельчения.

Свойства вяжущих, получаемых из окускованного фосфогипса, зависят от качества исходного сырья, которое характеризуется содержанием дигидрата сульфата кальция, наличием примесей и включений различных химических соединений. Существенным фактором, влияющим на свойства вяжущего, являются плотность и пористость искусственного камня фосфогипса. На свойства вяжущего также оказывают влияние теплофизические параметры процессов технологических переделов. За счет управления этими параметрами достигается получение заданных характеристик вяжущего.

Проведенные исследования влияния способов окускования на качество получаемого вяжущего явились основой разработки технологического регламента окускования отвальных фосфогипсов, подбора оборудования и определения оптимальных условий окускования и состава шихты.

Разработанные ООО «НТЦ Композит» (Киев) технологии брикетирования позволили превратить линию переработки форм, или регенерации вяжущего, в универсальную технологическую линию, инвариантную к виду используемого сырья. Без изменений в процессах и аппаратной реализации исключительно за счет управления режимными параметрами линия может перераба-

Таблица 2

Тип ССС	Заполнитель, фракция, мм	Время жизни, мин	Водоудержание, %	Прочность при сжатии, МПа	Прочность при изгибе, МПа	Прочность сцепления (бетон), МПа
Шпаклевка финишная	≤0,2	100	99,76	12,9	3,8	0,83
Шпаклевка финишная	≤0,2	90	99,8	11,5	3	1,06
Шпаклевка финишная	≤0,2	120	99,84	9	2,5	0,72
Штукатурка стартовая	0,5	110	99,86	6,2	2	0,89
Штукатурка стартовая	0,6	180	99,8	7,3	2,5	0,8

тывать как природное (гипсовый камень), так и техногенное сырье (формы и фосфогипс). Марка получаемого вяжущего зависит от типа и качества сырья и соответствует для природного камня Г19–Г23, для форм Г5–Г7, для фосфогипса Г10–Г14 при ведении процессов с оптимальным соотношением показателей качества/энергозатраты/производительность.

Разработанная технология позволяет получать из отвального кондиционного фосфогипса, а также из нейтрализованного фосфогипса, высококачественное вяжущее, пригодное как для изготовления строительных изделий, так и в качестве основы ССС.

С учетом этого были проведены исследования механизма структурообразования сложных композиционных материалов на основе вяжущих, полученных из техногенных отходов, в том числе отвального фосфогипса. Вяжущие из техногенных гипсосодержащих отходов в силу специфики структурообразования обладают повышенной пластичностью по сравнению с вяжущими из природного сырья, что позволяет в композиции ССС уменьшить количество дорогостоящих модификаторов. Вяжущее, получаемое из фосфогипсового сырья, имеет марку Г7–Г14 при наличии достаточного потенциала ее увеличения.

С учетом многообразия сфер использования гипсового вяжущего такой прочности в строительной индустрии получаемый продукт фосфогипс-полугидрат универсален в применении. В случае пониженных требований к прочности строительных изделий всегда имеется возможность добавления более дешевых наполнителей, чем вяжущее. В результате стоимость такого материала для строительных конструкций и изделий будет ниже, чем в случае применения более дешевого в производстве вяжущего β-модификации.

При использовании в ССС большой запас прочности вяжущего позволяет увеличить содержание наполнителей в смесях, что также снижает их себестоимость по сравнению со стоимостью смесей на строительном гипсе из природного сырья.

Разработанные рецептуры штукатурных, шпаклевочных смесей на гипсовом вяжущем из отвального фосфогипса имеют высокие качественные показатели при конкурентоспособной себестоимости.

В табл. 2 представлены результаты испытаний ССС, изготовленных на основе вяжущих, полученных промышленным способом из отвального кондиционного фосфогипса ГХП «Сера». Подвижность представленных в таблице смесей – 8 см, усадка отсутствует.

При изготовлении ССС использовали эфиры целлюлозы и замедлители различных производителей, представленных на рынке Украины. Полученные смеси показали в работе высокие свойства, раствор хорошо ложится, поверхность гладкая, практически не требует шлифовки, отличается высокой прочностью и твердостью. Финишная шпаклевка по оценкам классных штукатуров превосходит по своим показателям аналогичные смеси импортного производства.

Гипсовое вяжущее из отвальных фосфогипсов марок Г11–Г14 пригодно для изготовления стеновых камней и блоков для наружного ограждения. Разработаны стеновые конструктивно-теплоизоляционные изделия плотностью 850–600 кг/м³, обладающие достаточно высокой прочностью (до 8,5 МПа), низкой теплопроводностью (0,11–0,14 Вт/(м·К) и нормируемой морозостойкостью М_{рз} 25. На данные изделия получен сертификат соответствия стандарту ДСТУ Б В.2.7-36–95. «Камни стеновые бесцементные. Технические условия». Кроме того, разработаны составы сухих смесей и выпущены опытные образцы сухих строительных смесей (штукатурных и шпаклевочных).

Необходимо отметить, что рассматриваемая технология, процессы и аппараты являются универсальными, позволяющими без каких-либо изменений работать как на природном (гипсовый камень), так и на техногенном сырье (формы и фосфогипс).

Разработаны и внедрены: универсальная модульная линия по производству высокопрочного высококачественного гипсового вяжущего (α-полугидрата) мощностью до 10 тыс. т/год; линия по производству сухих строительных смесей мощностью 20 тыс. т/год.

Более мощные производства реализуются за счет использования нескольких модулей.

Выполнена технико-экономическая оценка эффективности строительства разработанных линий. По показателям рентабельности, срокам окупаемости (1–1,5 года) данные линии конкурентоспособны с производствами аналогичного назначения.

Универсальная технологическая линия пущена в эксплуатацию на одном из заводов Киева в 2006 г.

Удельные затраты на производство 1 т вяжущего

Гипсовый камень (природный, искусственный), т	1,25
Газ природный, м ³	31,4
Тепловая энергия, Гкал	0,0845
Электрическая энергия, кВт·ч	55

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

- отвальный фосфогипс, соответствующий требованиям ДСТУ «Фосфогипс кондиционный», пригоден для переработки на высококачественное гипсовое вяжущее;
- при универсальности технологии и технологического оборудования необходима разработка оптимальных режимов переработки для каждого вида сырья;
- гипсовое вяжущее, полученное из отвального кондиционного фосфогипса по данной технологии, пригодно для использования без ограничений в строительной индустрии, в производстве литевых форм в керамической промышленности и цветной металлургии, в изделиях художественно-скульптурных промыслов;
- собственникам отвалов целесообразно провести комплексное обследование отвалов фосфогипса с целью определения пригодности к переработке на высококачественный продукт, что позволит заинтересовать инвесторов в финансировании строительства новых мощностей.

УДК 666.914

Е.И. ШМИТЬКО, д-р техн. наук, Ю.Н. СПАСИБУХОВ, инженер,
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Использование отходов сероочистки дымовых газов ТЭС для производства гипсовых вяжущих

Одно из актуальных направлений использования техногенных продуктов — обработка технологии получения чисто гипсовых или гипсосодержащих вяжущих материалов с использованием серосодержащих компонентов дымовых газов, образующихся при сжигании практически всех видов топлива. Значимость затронутого вопроса усиливается экологическими проблемами, так как серосодержащие компоненты дымовых газов — это прежде всего диоксид серы — SO_2 , вредно воздействующий на людей и окружающую среду.

В настоящее время имеется лишь несколько удачных примеров улавливания и целевого использования SO_2 . Это получение разбавленной серной кислоты, элементарной серы, жидкого сернистого ангидрида на крупных металлургических предприятиях, в нефтегазовой отрасли. Известен опыт получения концентрированных удобрений, сульфитной целлюлозы.

В настоящее время эффективное улавливание сернистых выбросов практически отсутствует. Существующие технологии предусматривают нейтрализацию выбросов, которые в конечном итоге попадают в окружающую среду. Поэтому перед руководителями энергетической отрасли стоит дилемма: использовать широко распространенное высокосернистое топливо и платить высокие экологические штрафы или использовать только малосернистое топливо. Ежегодно ТЭС России выбрасывают в атмосферу около 4 млн т SO_2 , в золоотвалы — до 30 млн т золошлаковых отходов.

Цель наших исследований — комплексное использование выбросов ТЭС с получением готового продукта. Существующие технологии нейтрализации и использования SO_2 ориентированы на содержание не менее 2%. В то же время лишь в промышленных газах металлургической и нефтегазовой отраслей содержание SO_2 достигает 2–5%. В дымовых же газах ТЭС содержание SO_2 составляет менее 0,5%.

Наиболее доступным и дешевым является так называемый известняковый метод, при котором в основе очистки газов от диоксида серы лежит процесс поглощения SO_2 водой с последующей нейтрализацией образовавшейся сернистой кислоты известняком или мелом. Образующийся в процессе улавливания диоксида серы сульфит кальция накапливается в циркулирующей суспензии в виде мелкокристаллического осадка $\text{CaSO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ и в виде находящегося в растворе дигидросульфита $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ [1]. Под действием кислорода, содержащегося в дымовых газах, кристаллогидраты сульфита кальция $\text{CaSO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ и гидросульфит $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ частично переходят в дигидрат сульфата кальция $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. При абсорбционном выделении SO_2 происходит очистка газа от частиц летучей золы, выносимой из топок ТЭС. Поэтому образующийся шлам имеет сложный переменный состав и содержит смесь сульфита (30–70%) и сульфата кальция (5–30%), непрореагировавшего известняка или мела (30–60%), частиц летучей золы (2–10%) [1]. Такой состав затрудняет дальнейшее использование данного шлама в качестве гипсового сырья.

Для того чтобы получать гипсосодержащий шлам стабильного состава, отвечающий всем стандартам, предъявляемым к гипсовому сырью, необходимо решить две основные задачи.

Во-первых, изучить кинетику абсорбции SO_2 суспензией известняка или мела, определить оптимальные условия и параметры проведения процесса сероулавливания. В частности, необходимо разработать мероприятия по повышению эффективности и степени улавливания SO_2 , по увеличению степени использования известняка или мела в процессе очистки.

Во-вторых, оптимизировать процесс окисления сульфитов и гидросульфитов кальция в дигидрат сульфата кальция $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. В частности, повысить степень окисления и увеличить скорость реакции окисления. Для решения поставленных задач создана опытная установка (рис. 1).

В ходе экспериментального изучения процесса нейтрализации SO_2 в абсорбере с подвижной шаровой насадкой производительностью по газу 200–250 м³/ч подвергали очистке дымовой газ, полученный от сжигания сернистого угля и содержащий 0,1–0,3 об. % SO_2 . Температура газа 150–250°C, скорость газа в абсорбере 2–2,5 м/с. Для опытов использовали мел Копаншенского месторождения (Воронежская область), содержа-

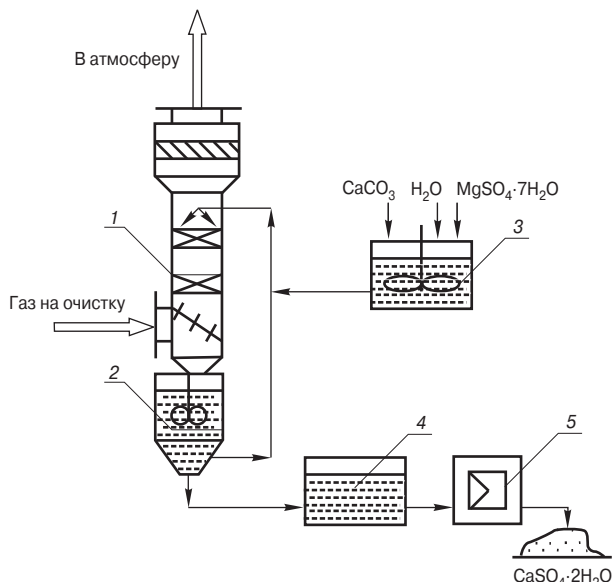


Рис. 1. Схема опытной установки для нейтрализации сернистых выбросов: 1 — абсорбер с псевдооживленной шаровой насадкой; 2 — сборник-нейтрализатор; 3 — расходный сборник суспензии; 4 — отстойник фильтра; 5 — сушильный шкаф

Вид катализатора	Состав шлама, мас. %					Степень использования мела, %	Степень окисления сульфата кальция в сульфат, %	Степень очистки газа от SO ₂ , %		
	CaCO ₃	CaSO ₃ ·0,5H ₂ O	MgSO ₃ ·6H ₂ O	CaSO ₄ ·2H ₂ O	Зола-унос			1-я ступень pH = 7,5–6	2-я ступень pH = 4–4,5	Общая
Без катализатора	39,2–68,3	25,2–33,9	–	2,1–22,2	4,3–4,4	23,3–50,1	5,8–32,9	80,93		
Cu ²⁺	5,6–11,5	4,1–7,2	1–1,1	75,8–83,5	5,3–5,8	80,9–90,3	88,8–93,8	82,2–90,2	53,4–69,1	91,7–96,9
Mn ²⁺	13–16,2	2,8–6,6	2,9–8,6	67,9–77,3	0,9–3,8	74,5–77,9	88,6–95,3	81,5–84,1	58,2–64,5	92,3–94,4
Fe ²⁺	9,3–26,2	7,3–10,6	1,1–12,4	58,9–69,1	1–3,1	61,8–83,3	80,7–86,9	87,1–95	64,7–78,9	95,8–98,9
Ni ²⁺	5,9–23,6	10,2–18,7	1,2–5,8	55,4–64,8	4,3–6,1	63–88,4	71,8–82,7	83,3–87,1	48,6–59,3	91,4–94,8

щий до 93% CaCO₃. Орошение абсорбера производили по замкнутому циклу меловой суспензией.

Установлено, что скорость окисления сульфита и гидросульфита кальция (рис. 2) и степень очистки дымовых газов от диоксида серы (рис. 3) достаточно уверенно коррелируют с показателем pH орошающей меловой суспензии. В полном соответствии с результатами, представленными на рис. 2 и 3, находятся результаты, представленные на рис. 4 и характеризующие изменение pH орошающей суспензии мела в ходе очистки и нейтрализации. На полученной кривой можно выделить три основных участка – АВ, ВС и CD. В период времени АВ в орошающей меловой суспензии идут реакции интенсивного растворения диоксида серы в воде, вследствие чего происходит постепенное накопление в суспензии ионов водорода (H⁺), гидросульфита (HSO₃⁻), и неионизируемой сернистой кислоты (H₂SO₃). Соответственно pH суспензии постепенно снижается с 7,5 до 6. При этом достигается максимально высокая степень очистки дымового газа (рис. 3). В дальнейшем кристаллы мела, взаимодействуя с ионами H⁺, HSO₃⁻ и H₂SO₃, образуют в основном мелкокристаллический осадок, сульфит кальция и частично гидросульфит кальция, который содержится в жидкой фазе.

При pH=6–5,7 (участок BC) состав орошающей суспензии стабилизируется, в основном идет процесс накопления кристаллогидратов CaSO₃·nH₂O. В ходе образования CaSO₃·nH₂O (участки АВ и ВС), кристаллы мела являются центрами кристаллизации сульфита кальция, блокирующего доступ ионов сернистой кислоты к карбонату кальция. В результате начинает ощущаться недостаток карбоната кальция, постепенно начинает снижаться степень очистки дымовых газов с 82 до 77% (рис. 3) и степень использования мела.

В условиях недостатка карбоната кальция в орошающей суспензии начинает повышаться концентрация ионов сернистой кислоты, SO₂ в растворе находится в избытке. Сульфит кальция CaSO₃·nH₂O, реагируя с ионами H⁺, HSO₃⁻, образует гидросульфит кальция

Ca(HSO₃)₂, который обладает большой растворимостью и, следовательно, находится в жидкой фазе. Концентрация Ca(HSO₃)₂ в суспензии повышается, это вызывает резкое снижение pH раствора с 5,7 до 4 (участок CD). За счет уменьшения pH орошающей суспензии степень использования мела увеличивается, однако в этом случае существенно снижается степень очистки дымового газа с 77 до 48% (рис. 3) за счет увеличения парциально-го давления паров SO₂.

Наряду с описанными выше процессами в орошающей суспензии имеет место частичное поглощение кислорода из газовой фазы и окисление сульфита кальция до сульфата кальция. На кривой, описывающей зависимость скорости реакции окисления от значения pH суспензии (рис. 2), наблюдается ярко выраженный максимум при pH = 4,5, наличие которого объясняется тем, что окисляется в основном ион HSO₃⁻, концентрация которого в жидкой фазе суспензии повышается по мере снижения pH. Однако сильное увеличение концентрации ионов водорода (pH<4,5) приводит к смещению равновесия реакции H⁺ + HSO₃⁻ = H₂SO₃ = H₂O + SO₂ вправо, в связи с чем доля недиссоциированной сернистой кислоты начинает возрастать, концентрация же ионов HSO₃⁻ уменьшается. Окисление H₂SO₃ и свободного SO₂ протекает крайне медленно, соответственно скорость окисления при pH<4,5 начинает снижаться.

Процесс газоочистки проводили в две ступени орошения дымового газа меловой суспензией. На первой ступени pH орошающей меловой суспензии поддерживали на уровне 7,5–6, это позволило добиться максимально возможной эффективности по степени улавливания SO₂. На второй ступени pH орошающей меловой суспензии поддерживали в пределах pH = 4–4,5, что позволило существенно увеличить степень использования мела в процессе сероулавливания.

Для интенсификации процесса в суспензию вводили ионы Mg²⁺ (в виде MgSO₄·7H₂O) в количестве 2 мас. % суспензии. Добавка данного иона в составе суспензии

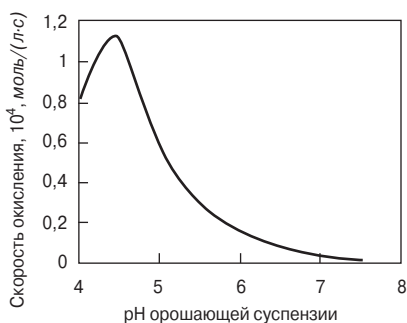


Рис. 2. Скорость окисления сульфита и гидросульфита кальция при t = 35–40°C

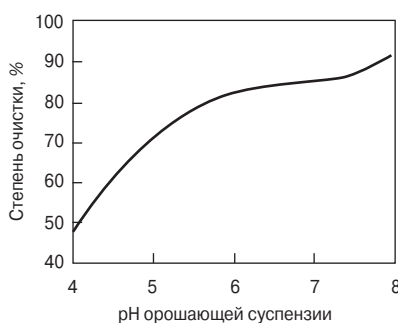


Рис. 3. Зависимость степени очистки дымовых газов от pH орошающей меловой суспензии

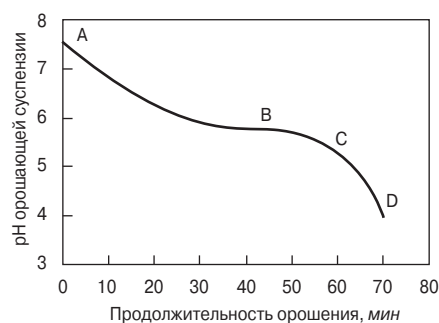


Рис. 4. Изменение pH орошающей меловой суспензии в процессе очистки дымовых газов

значительно меняет растворимость сульфита кальция, что приводит к росту коэффициента массопередачи, а значит, и к увеличению степени улавливания SO_2 , обеспечивает максимальную степень использования мела.

Опираясь на результаты специально поставленных экспериментов [2], процесс газоочистки проводили в присутствии катализаторов жидкофазного окисления — ионов металлов переменной валентности, таких как Cu^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Ni^{2+} . Для этого в суспензию вводились водные сульфаты ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$, $MnSO_4 \cdot 5H_2O$, $NiSO_4 \cdot 7H_2O$, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$). Концентрация этих катализаторов изменялась от $0,5 \cdot 10^{-3}$ до $2,5 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

Результаты проведенных исследований представлены в таблице. При использовании катализаторов жидкофазного окисления в процессе очистки дымового газа был получен шлам влажностью 60–80%, содержащий до 84% $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ в твердой фазе. Согласно ГОСТ 4013–82 «Камень гипсовый и гипсоангидритовый для производства вяжущих материалов», продукт сероочистки соответствует сырью 3-го и 4-го сортов. Удалось существенно интенсифицировать процесс газоочистки: повысить эффективность и степень улавливания SO_2 с 80 до 90–96%, степень использования мела — с 50 до 90%, степень окисления сульфита в сульфат кальция — с 32 до 95%. Установлено, что каталитический эффект при окислении сульфита в сульфат проявляют все использовавшиеся в опытах неорганические соли в большей или в меньшей степени. Так, чрезвычайно активными катализаторами реакции окисления являются ионы Cu^{2+} , Mn^{2+} . Несколько слабее каталитическое действие ионов Fe^{2+} и Ni^{2+} .

Полученные партии гипсосодержащего шлама подвергали сушке до постоянной массы при температуре 50–60°C. Высушенный материал представляет собой порошок желто-серого цвета. Плотность порошка в рыхлом состоянии 950–1050 кг/м³, в уплотненном состоянии 1200–1300 кг/м³, размер кристаллов двуводного гипса составляет 150–200 мкм.

Таким образом, проведенные исследования показали возможность получения сырья для производства строительного гипса. Разработанная в данном исследовании технология позволит открыть новое направление в получении строительного гипса при одновременном обеспечении экологической безопасности ТЭС.

Определились следующие наиболее перспективные направления использования полученного строительного гипса в строительстве:

- производство внутренних гипсобетонных перегородок, декоративных и акустических гипсовых плит;
- производство поризованных блоков из пеногипса;
- производство шпатлевок, сухих смесей для отделочных, штукатурных, ремонтных работ;
- производство гипсоцементно-зольного вяжущего.

Список литературы

1. Крыленко В.И., Белоконь С.М., Потоцкий В.П. Влияние состава известняковой суспензии на эффективность очистки агломерационных газов от сернистого ангидрида // Химическая промышленность. 1973. № 11. С. 45–50.
2. Спасибухов Ю.Н. Использование катализаторов жидкофазного окисления для получения гипсового сырья из техногенных отходов // Труды XIII Международного семинара Азиатско-Тихоокеанской академии материалов «Строительные и отделочные материалы. Стандарты XXI века». Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2006. Т. 2. С. 30–32.
3. Ферронская А.В. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение): Справочник. М.: Изд-во АСВ, 2004. 488 с.

Компания "ВНИИР"

Компания "ВНИИР" поставляет оборудование для промышленных лабораторий различного профиля:



Строительные лаборатории
Дорожно-строительные лаборатории
Мостостроительные лаборатории
Лаборатории неразрушающего качества
Материаловедческие и металлографические лаборатории
Лаборатории механических, температурных и климатических испытаний
Спектральные и химические лаборатории
Оборудование для механических испытаний

СТРОИТЕЛЬНОЕ ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Твердомеры
Оборудование для климатических испытаний
Оборудование для температурных испытаний
Приборы для испытания цементов, бетонных смесей
Приборы для испытаний бетонных и железобетонных конструкций



Испытание лакокрасочных материалов
Весовое оборудование
Приборы неразрушающего контроля качества
Приборы для измерения температуры и влажности
Геодетическое оборудование
Приборы для испытания грунтов.
Приборы для испытания битумов

Приборы для испытания битумов
Приборы для испытания заполнителей
Приборы для испытания асфальтобетона
Приборы для контроля параметров автомобильных и железных дорог
Оборудование для выбуривания кернов



Комплексные передвижные лаборатории



Отдел продаж: тел./факс +7 (495) 735-6531, 437-9800, 430-0428, 437-2274
Отдел сервиса и метрологического сопровождения: тел./факс +7 (495) 437-5110
Адрес: 119361 г. Москва, ул. Озерная, д.44
Internet: www.vniir.ru E-mail: vniir@aha.ru
Режим работы: с 9:30 до 18:00, выходные - сб, вскр.
Условия работы: 100% предоплата, отгрузка со склада в Москве.

Реклама

С. НОВАК, Х.-Б. ФИШЕР, Баухаус университет (Веймар, Германия);
В.П. СОПОВ, А.В. УШЕРОВ-МАРШАК, Харьковский государственный
технический университет строительства и архитектуры (Украина)

Тепловыделение при гидратации фаз полугидрата сульфата кальция

Необратимое естественное изменение свойств строительного гипса под воздействием внешней среды при хранении, вызванное адсорбцией влаги и химическим взаимодействием с молекулами полугидрата, получило название старения. На поверхности зерен гипса образуются кристаллы дигидрата сульфата кальция. Это приводит к изменению эксплуатационных свойств гипса. Изучение старения гипса практически и научно важно для обеспечения качества, поддержания требуемых свойств вяжущих и т. п. В этих целях целесообразно использовать калориметрию в сочетании с рентгенофазовым и электронно-микроскопическим анализами.

Состояние проблемы. Величина энтальпии гидратации полугидрата сульфата кальция ΔH_n , полученная из термодинамических расчетов, составляет $-109,48$ Дж/г. Экспериментальные значения теплоты гидратации противоречивы [1–4] вследствие неопределенности фазового состава, различий параметров получения, в том числе температуры и продолжительности обжига, условий хранения и др.

В работе изучены отдельные аспекты этой достаточно сложной проблемы:

- влияние природы, условий обжига и хранения на реакционную способность и теплоту гидратации $\beta\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$;
- взаимосвязь характеристик структуры с формированием фазового состава, кинетикой и/или теплотой гидратации.

Известны отличия в реакционной способности вследствие различий в условиях получения α - и β -модификаций полугидрата. Значения теплоты гидратации $\beta\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ находятся в интервале 111–134 Дж/г [2–9]; $\alpha\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ – 100–118 Дж/г. При этом существенных отличий в их строении не установлено. Поэтому следует искать различия на уровне кристаллической решетки, в значениях удельной поверхности, размерах кристаллов и характере кристалличности.

Действительно, кристаллы $\alpha\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ хорошо развиты, а $\beta\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ псевдокристалличны. Это может приводить к разнице значений энтальпии при их гидратации. Различия могут быть обусловлены характеристиками сырьевых материалов, технологическими причинами и т. п. BET-, REM-, ESEM- и адсорбционные исследования показали, что у различных модификаций полугидрата поверхность частиц отличается кристалличностью.

При сухом способе обжига дегидратацию до β -полугидрата обуславливает высокое давление пара. Внутренняя и внешняя поверхности увеличиваются в десятки раз. Быстрый подъем давления пара приводит к разрушению частиц или возникновению нано- и микротрещин, иногда к частичной дезагрегации частиц (рис. 1).

Изменения кристалличности вследствие перекристаллизации дигидрата в полугидрат сказываются и на росте кристаллов. Фаза полугидрата формируется не идеально. Если теплоты для образования зародыша достаточно, с ростом обезвоживания дигидрата фаза стабилизируется. С увеличением размеров кристаллов увеличивается количество тепла, объем полугидрата растет, а дигидрата уменьшается. Преобразование полугидрата в ангидрит III приводит к изменениям кристаллической решетки и сопровождается повторной кристаллизацией ангидрита II. Микронапряжения внутренней части полугидрата мультифазных вяжущих, богатых ангидритом II, хорошо заметны на рис. 1.

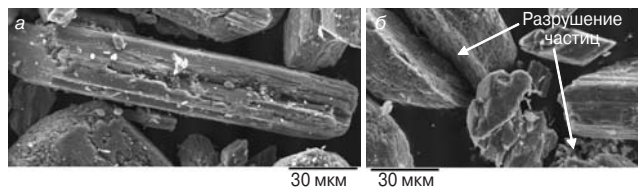


Рис. 1. Поверхность β -полугидрата (REM), полученного обжигом ангидрита при 120°C (а); 500°C (б)

Таблица 1

№ образца	1	2	3	1'	2'	3'	4	5	6	7
Режим обжига*	48/110	2/250	3/250	48/110	2/250	3/250	12/120	12/120	12/120	12/120
Режим старения**	–	–	–	14/98	14/98	14/98	–	3/66	3/98	14/66
Фазовый состав, мас. %										
НН	77	52	0	85	80	83	55	95	95	95
АIII	18	41	85	0	0	0	40	0	0	0
АII	2	3	11	3	3	15	3	3	3	3
ДН	3	4	0	12	17	2	0	0	0	0

Примечания. * Перед чертой – продолжительность, ч; за чертой – температура, °С.

** Перед чертой – продолжительность, сут; за чертой – влажность, %.

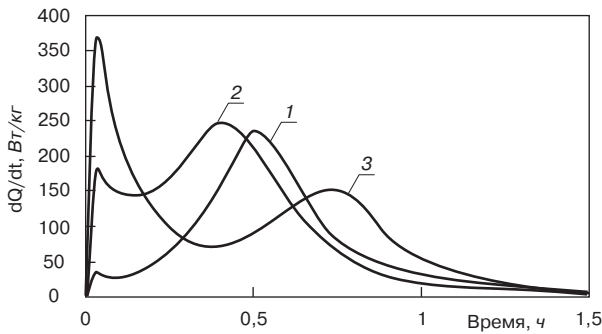


Рис. 2. Скорость тепловыделения при гидратации вяжущих (обозначения в табл. 1)

При этом среднее значение деформации решетки составляет 0,4% по сравнению с 0,2% образцов, богатых полугидратом.

Дефекты кристаллической решетки, нестабильность частиц, вызванная дезагрегацией [1], способствуют росту реакционной способности вяжущего [4, 10, 11]. Эти дефекты несущественны для α-полугидрата, но очень важны для β-полугидрата вследствие высокого теплового давления пара при синтезе. Это способствует интенсификации реакций и увеличению теплоты гидратации.

При хранении сульфатов кальция во влажных условиях развиваются процессы старения, влияющие на реакционную способность. В [5, 9] показано, что фаза полугидрата благодаря старению стабилизируется. При этом уменьшаются дефекты решетки и увеличиваются средние размеры кристаллов, особенно в равных температурных условиях с ростом влажности и продолжительности старения.

Экспериментальная часть. Образцы β-полугидрата сульфата кальция получали обжигом минерального гипса. Тепловое давление пара менялось с изменением температуры и продолжительности обжига. Искусственное старение происходило при 20°C в эксикаторе с варьированием влажности и длительности хранения. Основные результаты в виде зависимостей скорости тепловыделения $dQ/dt=f(t)$ и теплоты гидратации $Q=f(t)$ от времени получены калориметрическими методами в Веймаре (Баухаус университет) и Харькове (Университет строительства и архитектуры).

Фазовый состав вяжущих определен влажностно-химическим и Ритвельд-методами, что особенно важно для определения содержания фаз дигидрата, ангидрита III и $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$. Количество примесей и содержание ангидрита II вычислялось как разница фаз сульфатов кальция. В табл. 1 и далее приняты обозначения: НН (Hemihydrate) – полугидрат сульфата кальция; ДН (Dihydrate) – дигидрат сульфата кальция; АП (Anhydrite) – растворимый ангидрит; АП (Anhydrite) – труднорастворимый ангидрит. Характеристики образцов приведены в табл. 1.

Образцы 1, 2, 3 получены путем варьирования продолжительности и температуры обжига, так что содержание НН в их составе менялось от 77 до 0 мас. %. Образцы 1', 2', 3' – аналог 1, 2, 3, подвергнутых искусственному старению до полной гидратации АП в идентичных условиях. Образец 4, полученный в лабораторных условиях, затем также был подвергнут старению при различной влажности или продолжительности хранения – образцы 5, 6 и 7.

Влияние условий обжига. На термокинетических зависимостях $dQ/dt=f(t)$ гидратации вяжущих, полученных при разных режимах обжига (рис. 2, табл. 1), четко фиксируются два экзотерфакта, разделенных индукционным периодом различной продолжительности. Значение первого максимума тепловыделения характеризу-

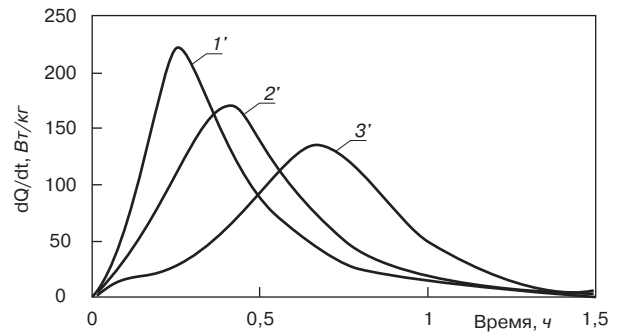


Рис. 3. Скорость тепловыделения при гидратации вяжущих после старения (обозначения в табл. 1)

ет начальную стадию гидратации и является суммарным тепловым эффектом элементарных процессов – смачивания, растворения, адсорбции, химических реакций и др. Как видно из табл. 1, с ростом температуры от 110 до 250°C количество НН в составе вяжущих снижается с 77 до 52%. Одновременно увеличивается содержание АП с 18 до 41%. Это меняет характер гидратации и тепловыделения. Так, если зависимость 1 на рис. 2 характерна для классической зависимости тепловыделения при гидратации β- $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, то кривая 3 характерна для гидратации ангидрита III.

На рис. 3 представлены термокинетические зависимости $dQ/dt=f(t)$ при гидратации вяжущих, сопоставимых по содержанию НН в отсутствие АП. В результате старения исходного вяжущего с максимальным содержанием АП скорость тепловыделения при гидратации снижается. И наоборот, максимальная скорость тепловыделения характерна для вяжущего с низким содержанием АП.

Таким образом, можно предположить, что НН, образующийся в результате старения, обладает меньшей реакционной способностью, чем НН, полученный обжигом.

Теплота гидратации обусловлена величиной внутренней энергии вяжущего, которая зависит от дефектов решетки. Значительное тепловое давление пара и быстрое обезвоживание до АП или АП приводит к деформациям кристаллической решетки кристаллов НН [12]. Показано, что доминирующее влияние на реакционную способность оказывает химический состав, и прежде всего содержание АП. Как видно из рис. 3, НН, полученный старением АП (образец 3'), имеет более низкую реакционную способность по сравнению с образцом 1'. Теплота гидратации полугидрата $Q_{\text{НН}3} = 95$ Дж/г на 15% ниже чем образца 1' $Q_{\text{НН}1} \sim 110$ Дж/г.

В табл. 2 приведены данные о влиянии продолжительности обжига при 110°C на свойства НН. Установлено, что с уменьшением размеров кристаллов НН при гидратации выделяется большее количество теплоты. Максимальная теплота гидратации характерна для образца с 12% НН и 88% ДН – 132 Дж/кг. С ростом содержания НН и размеров кристаллов тепловыделение снижается до 128 Дж/кг, что вероятно обусловлено

Таблица 2

Время обжига, ч	Содержание НН, %	$Q_{\text{НН}}$, Дж/г	Размер кристаллов, нм	ВЕТ-поверхность, м ² /г
4	12	132	136	1,07
10	38	129	187	2,84
24	77	128	171	7,31

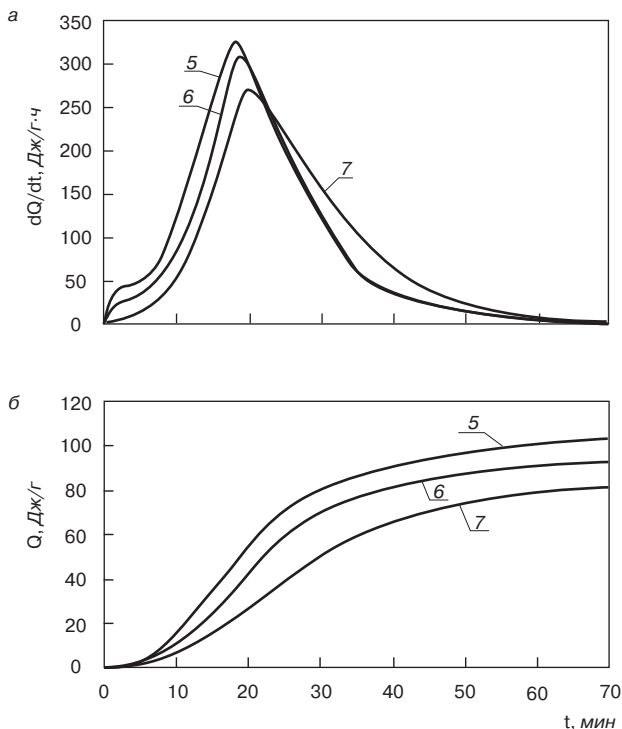


Рис. 4. Тепловыделение при гидратации образцов (обозначения в табл. 1): а – скорость тепловыделения; б – теплота гидратации

уменьшением значения внутренней энергии и межфазной поверхности.

Как видно из табл. 2, снижение теплоты гидратации при образовании полугидрата незначительно, что, вероятно, обусловлено ростом дисперсности и, как следствие, увеличением теплоты смачивания.

Таким образом, можно прийти к выводу, что суммарная теплота гидратации обусловлена размерами кристаллов и ВЕТ-поверхностью (удельная поверхность, определенная методом БЭТ). Дефекты решетки и размер кристалла оказывают основное влияние на изменение энтальпии гидратации.

Влияние условий старения. Оценка влияния условий старения производилась на образце вяжущего, обогащенного АИП, данные о тепловыделении при гидратации которого представлены на рис. 4.

Для анализа взаимосвязи между характером закристаллизованности и теплотой на рис. 5 представлены зависимости $dQ/dt=f(t)$ и $Q=f(t)$ при гидратации образцов НН, полученных при разных условиях старения вяжущего обогащенного АИП. Из полученных данных (рис. 5, а) видно, что с увеличением времени старения или относительной влажности интенсивность реакций снижается [5, 9–11].

Исследуемые образцы хранили в специальных условиях, которые позволяли полностью превращать АИП в полугидрат без образования дигидрата (табл. 1). Очевидно, что теплота гидратации Q уменьшается с увеличением продолжительности старения со 100 до 80 Дж/г.

Максимальное снижение теплоты смачивания вследствие уменьшения ВЕТ-поверхности (14 сут старения при 98% влажности) составило 3 Дж/г [8].

С учетом идентичности фазового состава вяжущих в результате старения можно утверждать, что изменение характера тепловыделения и величины теплоты гидратации в значительной мере обусловлены кристалличностью НН.

Выводы. С помощью микрокалориметрии, рентгенофазового и электронно-микроскопического анализов установлены отличительные особенности гидра-

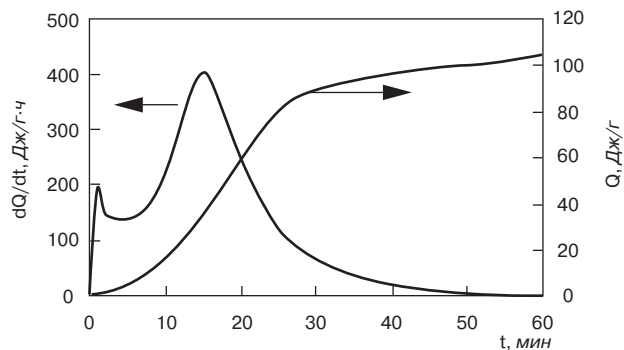


Рис. 5. Кинетика тепловыделения при гидратации обогащенного АИП вяжущего

тации α - и β -полугидрата сульфата кальция, обусловленные характером кристаллообразования и удельной поверхностью.

Показано, что особенности синтеза гипсовых вяжущих приводят даже для одной β -модификации к изменению кинетики и энтальпии гидратации.

Установлено, что рост удельной поверхности, уменьшение размеров кристаллов и микронапряжений наряду с фазовым составом и ростом теплового давления приводят к увеличению, а старение – к уменьшению реакционной способности вяжущих.

Теплота гидратации зависит в основном от свойств и дефектов решетки кристаллов. Старение способствует росту кристаллов полугидрата, залечиванию дефектов решетки и снижению реакционной способности.

Список литературы

1. *Abdussaljamov B.A.* Untersuchungen zur hygro-mechanischen Stabilität von kristallinem Calciumsulfat-Halbhydrat. Dissertation, FIB BUW, Weimar 2003.
2. *Babuschkin V.I., Maiveev G.M., Mchedlov-Petrosjan O.P.* Thermodynamik der Silikate // VEB Verlag für Bauwesen. Berlin. 1965.
3. *Eipeltauer E.* Aufbereitung und Überführung des Rohgipssteines in seine verschiedenen Halbhydratplasterformen // ZKG 11. 1958. S. 264–272; 304–316.
4. *Eipeltauer E.* Die Bedeutung kalometrischer Messungen für die Gipsерzeugung und Gipsprüfung, ZKG (1956). S. 501–505.
5. *Fischer H.-B., Nowak S., Müller M.* Alterung von Calciumsulfaten // ibausil Tagungsband 1, Weimar 2006, S. 1-0717 – 1-0731.
6. *Fietsch G., Ramdohr H.* Anwendung der differentialkalorimetrischen Analyse (DCA) zur Charakterisierung von Gipsbindemitteln // Silikattechnik. 1991. 42. S. 328–333.
7. *Kelley K.K., Southard J.C., Anderson C.T.* Thermodynamic Properties of Gypsum and its Dehydration Products // Technical Paper Nr. 625, Bureau of Mines, Berkeley, Calif., Washington 1941.
8. *Kugler L.* Spezielle Untersuchungen oberflächenenergetischer Aspekte an Calciumsulfaten // Diplomarbeit, FIB BUW, Weimar. 2006.
9. *Nowak S.* Kalorimetrische Charakterisierung von Calciumsulfatbindern // Studienarbeit, FIB BUW, Weimar, 2003.
10. *Mchedlov-Petrosian O.P., Usharov-Marshak A.V.* Thermokinetic estimation of quality of gypsum // Silikattechnik. 1974. 5.
11. *Nowak S.* Charakterisierung des Alterungsverhaltens spezieller Mehrphasengipsbinder // Diplomarbeit, FIB BUW, Weimar, 2004.
12. *Nowak S., Fischer H.-B.* To the aging behavior of Calcium Sulphate Binders // Chemine Technologija Nr. 3 (33), Kaunas Technologija 2004. P. 58–65.

СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО СКБ СТРОЙПРИБОР

ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ



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

ИЗМЕРИТЕЛИ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА, КИРПИЧА

ИПС-МГ4.01 / ИПС-МГ4.03

ударно-импульсный

автоматическая обработка
измерений



диапазон 3...100 МПа

УКС-МГ4 / УКС-МГ4 С

ультразвуковой

поверхностное и сквозное
прозвучивание



частота 60...70 кГц
диапазон 10...2000 мкс

ПОС-50МГ4 / ПОС-50МГ4 Д / ПОС-50МГ4 "Скол"

отрыв со скалыванием
и скалывание ребра

предельное
усилие 60 кН
диапазон 5...100 МПа



ПОС-2МГ4 П

испытание прочности
ячеистых бетонов

предельное
усилие вырыва 2,5 кН



Прессы испытательные малогабаритные

ПГМ-100МГ4 / ПГМ-500МГ4 / ПГМ-1000МГ4

с гидравлическим приводом
для испытания бетона,
асфальтобетона, кирпича

- предельная нагрузка
100 / 500 / 1000 кН
- масса 70 / 120 / 180 кг



ПСО-10МГ4 КЛ

испытание прочности
сцепления в каменной
кладке

предельное усилие
отрыва 15 кН



ДИНАМОМЕТРЫ

ДМС-МГ4 / ДМР-МГ4

эталонные

сжатия / растяжения

предельная
нагрузка
1...1000 кН



ПМ-1МГ4 / ПМ-2МГ4 / ПМ-3МГ4 / ПМ-5МГ4 / ПМ-10МГ4

с ручным / электрическим приводом
для испытания утеплителей на изгиб
и сжатие при 10% линейной деформации

- предельная нагрузка 1 / 2 / 3 / 5 / 10 кН
- масса 20 / 25 кг



АДГЕЗИМЕТРЫ

ПСО-МГ4

испытание прочности
сцепления покрытия
с основанием

предельная нагрузка
1 / 2,5 / 5 / 10 кН



ИЗМЕРИТЕЛИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

ИТП-МГ4 "100" / "250" / "Зонд"

стационарный
и зондовый режимы

диапазон 0,02...1,5 Вт/м·К



АНЕМОМЕТРЫ, ГИГРОМЕТРЫ

ИСП-МГ4 / ИСП-МГ4.01

анемометр-термометр
диапазон 0,1...20 (1...30) м/с
-30...+100 °С



ТГЦ-МГ4 / ТГЦ-МГ4.01

термогигрометр
диапазон 0...99,9 % / -30...+85 °С



ИЗМЕРИТЕЛИ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ

ИТП-МГ4.03 "Поток"

3...5, 10 и 100-канальные
регистраторы

диапазон 10...999 Вт/м²
-40...+70 °С



ИЗМЕРИТЕЛИ ВЛАЖНОСТИ

ВЛАГОМЕР-МГ4

для измерения влажности
бетона, сыпучих,
древесины

диапазон 1...45 %



ТЕРМОМЕТРЫ

ТМР-МГ4

модульные регистрирующие
для зимнего бетонирования
и пропарочных камер

до 20 модулей в комплекте
диапазон -40...+100 / 250 °С



ИЗМЕРИТЕЛИ СИЛЫ НАТЯЖЕНИЯ АРМАТУРЫ

ДО-40 / 60 / 80МГ4

метод поперечной оттяжки

диапазон контролируемых
усилий 2...120 кН

диаметр
арматуры 3...12 мм



ИЗМЕРИТЕЛИ ТОЛЩИНЫ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА

ИПА-МГ4

диаметр контролируемой
арматуры 3...40 мм
диапазон измерения
защитного слоя 3...140 мм



ТЦЗ-МГ4 / ТЦЗ-МГ4.01

зондовые / контактные
1...2-канальные
диапазон -40...+250 °С



ИЗМЕРИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЙ В АРМАТУРЕ

ЭИН-МГ4

частотный метод

диаметр
арматуры 3...32 мм
диапазон 100...1800 МПа



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

В.Б. ПЕТРОПАВЛОВСКАЯ, канд. техн. наук, В.В. БЕЛОВ, д-р техн. наук,
Т.Б. НОВИЧЕНКОВА, инженер, Тверской государственный технический университет

Регулирование свойств безобжиговых гипсовых материалов

Безобжиговые материалы, получаемые на основе двухводного гипса без его традиционной термообработки для перевода в вяжущее, требуют создания особых условий, обеспечивающих формирование структуры негидратационного твердения [1]. Одним из таких условий является сочетание оптимального зернового состава, обеспечивающего необходимую степень пересыщения в системе двухводного сульфата кальция и механических усилий, удерживающих кристаллы гипса в определенном, фиксированном относительно друг друга положении.

Регулирование состава гипсовых бинарных дисперсных систем, состоящих из порошков двухводного гипса грубого и тонкого помола, позволяет повысить прочность композита за счет оптимизации числа контактов между частицами разного размера. Оптимальная структура с точки зрения количества контактов и пустотности дисперсной системы характеризуется наличием мелких частиц между частицами большего размера, при этом наиболее мелкие частицы заполняют объем межзернового пространства крупных частиц с небольшой раздвижкой зерен [2].

Как известно, структура затвердевшего гипсового камня характеризуется высокой сообщающейся пористостью, удлинненными кристаллами двуводрата сульфата кальция, которые имеют между собой точечные соединения, имеющие тенденции к разрыву при небольших напряжениях, и полости, в которые проникает вода, ослабляя связи и растворяя двуводрат сульфата кальция, что и определяет низкую водостойкость гипсового камня. Еще одной из возможных причин малой водостойкости гипса является развитие кристаллизационного давления в процессе перекристаллизации мелких частиц двуводрата [3]. Однако в системе негидратационного твердения при создании оптимальных условий твердения перекристаллизация гипса не только не приводит к разрушению структуры, но и обеспечивает высокую

прочность материала за счет значительного упрочнения индивидуальных контактов.

Направленный подбор зернового состава бинарной смеси в сочетании с введением нанонаполнителей в составы гипсовых композитов, определяющих не только механические, но и физико-химические аспекты твердения системы, являются перспективными методами повышения эксплуатационных параметров безобжиговых материалов (прочности, плотности, водостойкости и др.) [3].

Наиболее эффективными добавками, повышающими механические характеристики гипсового композита, являются побочные продукты промышленности высокой дисперсности. Минеральные добавки, обладающие высокой гидравлической активностью и имеющие относительно постоянный химический и зерновой состав, позволяют получать плотноупакованную структуру, обладающую высокой прочностью и водостойкостью.

В качестве основного сырьевого компонента в работе применяли двухводный техногенный гипс в виде отработанных форм для литья Конаковского фаянсового завода. Исследования проводились с использованием бинарных сырьевых смесей двухводного гипса со средним размером частиц в составе порошков грубого и тонкого помола 4,18 и 2,8 мкм соответственно.

По содержанию дигидрата сульфата кальция, согласно проведенному химическому анализу, гипсосодержащий отход относится к первому сорту и практически не содержит примесей, содержание $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в составе отхода 98,54%. Присутствия полугидрата сульфата кальция в составе техногенного отхода после его помола не обнаружено. По результатам радиационного контроля (ГОСТ 30108–84) гипс имеет низкую удельную эффективную активность ЕРН и относится к первому классу, что гарантирует его экологическую безопасность при применении в строительной индустрии.

В качестве добавок были использованы микрокремнезем — отход Челябинского производства ферросилиция и микрокальцит Еленинского месторождения. Средний диаметр частиц микрокремнезема составляет 100 мкм. Гранулометрический состав микрокальцита РМ-60 характеризуется максимальным размером частиц 100 мкм и средним размером частиц 22 мкм. Согласно проведенному химическому анализу микрокальцит имеет в своем составе 98% CaCO_3 и 0,05% Fe_2O_3 .

В целях оптимизации структуры безобжиговых композитов был проведен анализ зернового состава бинарной системы на основе двухводного гипса, который показал, что порошки техногенного двухводного гипса, полученные помолом в лабораторной шаровой мельнице, содержат в основном крупные зерна двуводрата, на поверхности которых адгезионно удерживаются мелкие зерна, что способствует созданию оптимальной структуры материала негидратационного твердения (рис. 1). Распределение частиц по размерам в составе смеси подчиняется нормальному закону. Зерна, образующие гра-

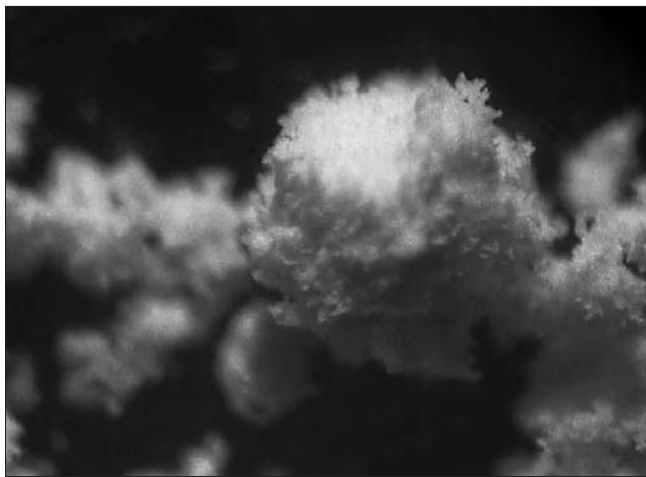


Рис. 1. Бинарная смесь порошков техногенного двухводного гипса (x 42)

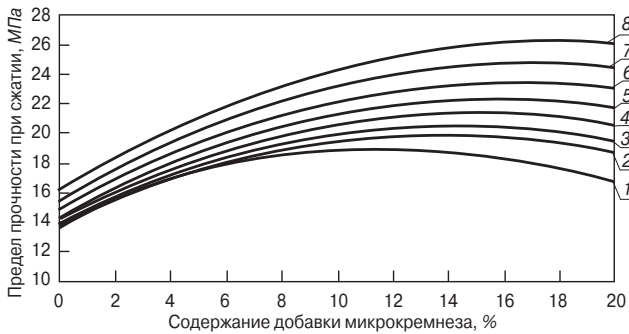


Рис. 2. Зависимость прочности прессованного композита на основе двухводного техногенного гипса от содержания добавки микрокремнезема и водотвердого отношения: 1 – 0,24; 2 – 0,18; 3 – 0,16; 4 – 0,14; 5 – 0,12; 6 – 0,1; 7 – 0,08; 8 – 0,06

нулу, достаточно сильно отличаются по размерам. Располагаются зерна отдельно друг от друга, незначительная часть из них соединена в цепочки. Контакт крупных зерен между собой происходит только через слой мелких частиц. Очень небольшая часть зерен наиболее мелких фракций образует агрегаты монодисперсного состава. В водной среде гранулы разрушаются и хорошо видны отдельные зерна. Они имеют как призматическую, так и таблитчатую форму.

Проведенные исследования показывают, что система имеет резерв по упаковке частиц. Введение нанонаполнителей, возможно, позволит получить водостойкую структуру гипсового камня, поры которой будут закольцованы микронаполнителем.

Оценку совместного влияния добавок и водотвердого отношения на свойства гипсовых систем негидратационного твердения проводили на образцах-цилиндрах высотой и диаметром 50 мм, изготовленных методом полусухого прессования при давлении 30 МПа и испытанных на 7 сутки. Твердение образцов осуществлялось в эксикаторе над водой.

Содержание добавок микрокремнезема и микрокальцита варьировалось от 0 до 20% от массы двухводного техногенного гипса, водотвердое отношение (В/Т) в пределах 0,06–0,24. Критерием оценки влияния добавок на свойства гипсового композита была принята прочность и плотность материала.

Введение микрокремнезема позволяет повысить прочность гипсового безобжигового композита в среднем на 40–50% в зависимости от принятого водотвердого отношения (рис. 2). При этом плотность материала плавно возрастает в среднем на 5–8%.

Максимальную прочность 26 МПа имеют образцы, полученные при В/Т, равном 0,06, что, возможно, объясняется пластифицирующим действием добавки микрокремнезема. Характер зависимости свойств прессованного гипсового материала от содержания добавки микрокальцита сохраняется. Прочность материала увеличивается в среднем на 50% при увеличении средней плотности на 7% при всех значениях водотвердого отношения.

Проведенные исследования подтверждают, что для образования водостойких структур негидратационного твердения необходимо соблюдение однородности. Микрокремнезем в составе изделий на основе двухводного гипса играет роль инертной добавки, практически не влияет на водостойкость материала. Введение добавки микрокальцита в состав гипсового композита позволяет повысить все технические характеристики материала – прочность, плотность и водостойкость. Средняя плотность образцов с добавкой микрокальцита выше по сравнению с аналогичными образцами с добавкой микрокремнезема на 5–7%. Оптимальное содержание добавки микрокальцита в составе безобжигового материала составляет 18 % (рис. 3).

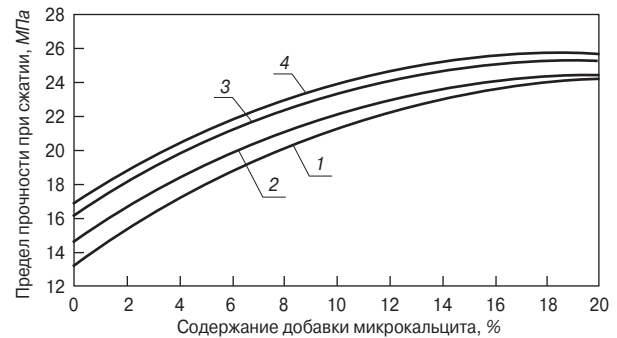


Рис. 3. Зависимость прочности прессованного композита на основе двухводного техногенного гипса от содержания добавки микрокальцита и водотвердого отношения: 1 – 0,24; 2 – 0,14; 3 – 0,08; 4 – 0,06

Таким образом, регулирование состава прессованного материала на основе двухводного техногенного гипса является одним из основных факторов получения высокопрочного гипсового камня негидратационного твердения.

Список литературы

1. *Петропавловская В.Б., Белов В.В., Бурьянов А.Ф.* Твердеющие кристаллизационные системы на основе порошков двухводного гипса // Строит. материалы. 2007. №12. С. 46–47.
2. *Петропавловская В.Б., Бурьянов А.Ф., Новиченкова Т.Б.* Малоэнергоемкие гипсовые материалы и изделия на основе отходов промышленности // Строит. материалы. 2006. №7. С. 8–9.
3. *Ферронская А.В.* Гипсовые материалы и изделия (производство и применение): Справочник / Под ред. А.В. Ферронской М.: АСВ, 2004. 488 с.

Министерство образования и науки РФ
 Российская академия архитектуры и строительных наук
 Министерство регионального развития РФ
 Министерство по чрезвычайным ситуациям РФ
 Федеральное агентство по техническому, экологическому и атомному надзору
 Администрация Воронежской области
 Международная ассоциация строительных высших учебных заведений
 Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Международный конгресс
НАУКА И ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
SIB-2008

10–15 ноября 2008 г. Воронеж

В рамках конгресса состоятся:

Академические чтения
 – «Современные проблемы строительного материаловедения и технологий»
 – «Современные проблемы механики строительных конструкций»

Конференции
 – «Оценка риска и безопасность в строительстве»
 – «Проблемы развития инженерно-строительного образования»

Адреса и телефоны для справок:
 394006, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84
 (4732) 71-54-30, 39-53-52, 39-53-53
 e-mail: unr@vgasu.vrn.ru www.vgasu.vrn.ru

В.В. КРИВЕНКО, генеральный директор,
 Д.В. ОВЧИННИНСКИЙ, главный технолог, ООО «Премиум» (Москва);
 М.М. ВАЙНШТЕЙН, инженер; А.Ф. БУРЬЯНОВ, канд. техн. наук,
 ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова (п. Красково Московской обл.);
 Ю.А. ГОНЧАРОВ, председатель совета директоров корпорации «ВОЛМА» (Волгоград)

Оселковый мрамор: древние традиции и современные технологии

Натуральный мрамор является одним из наиболее эффектных декоративных материалов для создания как художественных произведений (статуй, памятников, декоративных украшений), так и архитектурных ансамблей. Декоративность мрамора определяется прежде всего его цветом, рисунком, зернистостью и некоторой прозрачностью кристаллов поверхностного слоя.

Мрамор — это кристаллически-зернистая метаморфическая карбонатная порода, продукт перекристаллизации известняка, реже доломита. Благодаря тесному сцеплению зерен кальцита между собой порода хорошо полируется. В технике и строительстве мрамором называют любую карбонатную породу, удовлетворительно поддающуюся полировке, — известняк, доломит или мрамор. Твердость мрамора 3, объемная плотность 2,63–2,92 кг/м³, прочность при сжатии 50–150 МПа, водопоглощение менее 1%, истираемость 0,4–3,2 г/см², пористость 0,6–3,3%.

Окраска мрамора обычно светлая, однако присутствие даже долей процента примесей — силикатов, оксидов железа или графита приводит к окрашиванию породы в разные цвета и оттенки. Однородность или пестрость окраски, а также наличие органических включений и физико-механические свойства зависят от степени перекристаллизации и пропорциональны возрасту. Прожилки представляют собой трещины, заполненные каким-либо неорганическим связующим.

Технически пригодные породы мрамора делятся по своим свойствам на классы.

Простые мраморы состоят из чистого или окрашенного пигментом, например углем, железной охрой, железной окисью, известняка. К простым мраморам относятся: белый, черный, желтый, красный (буро-красный с черными крапинами Rosso antico из Египта, Marble griotte из Нарбонны, розовато-красный с темно-зелеными авгитовыми кри-

сталлами с острова Тайри в Шотландии, пурпурный из Типперери в Ирландии и красный веронский).

Пестрые мраморы, где цвета смешаны, встречаются значительно чаще. Их различают по месторождениям и иногда по господствующему фону.

Мраморные брекчи состоят из разноцветных, как бы спаянных мраморной массой обломков; сюда же относятся мраморы, в таком изобилии пересеченные жилами, что кажутся состоящими из обломков (псевдобрекчи). Типичный представитель — флорентийский руинный мрамор с узорами, напоминающими развалины стен и зданий, происшедшими от взаимного передвижения в разных направлениях обломков серого и желто-полосатого известняка.

Сложные мраморы состоят из известняка с примесью других минералов, например хлорита, серпентина или талька и др., в виде лент или гнезд. К античным породам этого мрамора относится Verde antico, известняк с серпентиновыми прожилками (офикальцит); кампанский мрамор из Баньер-де-Бигорр, красный с зеленоватыми прожилками глинистого сланца.

Фоссилизированный (раковистый) мрамор, или лумакелл, изобилует раковинами моллюсков, связанными известняком; саванный мрамор — черный с белыми окаменелостями — или часто употребляющийся в Италии Pietra stellaria, содержащий серые и белые кораллы со звездообразным поперечным сечением.

Некоторые разновидности мрамора мелкозернистые, другие имеют крупнозернистую структуру, так что в них хорошо различима спайность зерен кальцита по ромбоэдру. У мрамора существует некоторая прозрачность поверхности верхнего слоя кристаллов, в результате чего свет отражается от низлежащих слоев и формирует эффект ореола.

Со времен Древнего Египта известны технологии имитации натуральных камней. *Оселковый мрамор* —

это имитация мрамора, гранита и поделочных камней на основе гипсового вяжущего с добавками [1]. Наиболее известными примерами использования этого материала являются саркофаг Тутанхамона в Египте, отделка императорских дворцов в России, убранство залов Музея изобразительных искусств им. А.С. Пушкина и Концертного зала им. П.И. Чайковского. В интерьерах многочисленных частных и общественных зданий дореволюционной Москвы и Санкт-Петербурга в качестве основного отделочного материала применялся оселковый мрамор [2]. В СССР до середины 50-х гг. оселковый мрамор активно применялся, например, в декоре МГУ, вестибюля МГТУ им. Н.Э. Баумана, отделке некоторых станций Ленинградского метрополитена. Экономический подъем общества или его имперские амбиции всегда возрождают моду на оселковый мрамор.

Понятие «оселковый» определяет технологию обработки поверхности: после окончания твердения рисунок изделия открывается и полируется различными шлифовальными камнями — оселками. Необходимость снимать верхний слой возникает из-за сил поверхностного натяжения, «замыливающего» рисунок камня.

Рисунок создается различными способами, в основном благодаря формированию серии разноокрашенных масс и их спрессовыванию. Цвета подбираются опытным путем, а пористость гипса в данном случае является достоинством и имитирует прозрачность поверхностного слоя.

В классический состав оселкового мрамора входит гипсовое вяжущее, пигменты, мездровый клей (замедлитель схватывания), квасцы (увеличивает прочностные характеристики). Традиционно оселковый мрамор называется «стукко» («штукатурка») и технологически определяется условиями нанесения окрашенного гипсового теста на большие площади и его обработки после твердения [3]. Механическая

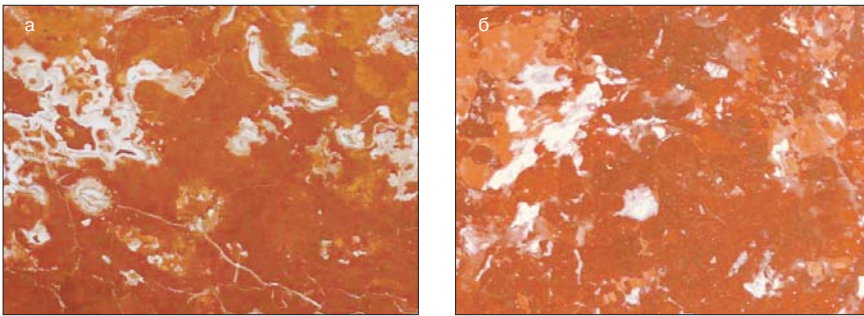


Рис. 1. Naturalный мрамор «шроша» использован в отделке станции метрополитена «Красные Ворота» в Москве (а); оселковый мрамор «шроша», изготовленный в виде плиты 30×40 (б)

обработка оселкового мрамора в XVIII в. включала 13 этапов: обдирка царапкой, шпатлевка, остружка шерхебелем, остружка ценубелем, грубая шлифовка, вторая шлифовка (грубая), более тонкая шлифовка, шпатлевка, тонкая шлифовка, шпатлевка, проклейка, шлифовка (самая тонкая) и полировка. Толщина накладки при такой обработке составляла 3–4 см, а удаляемый слой 1,5–2 см [2].

Такая технология бесшовной штукатурки могла существовать только в тех условиях, когда натуральный мрамор был дорог, а ручной труд дешев. Поэтому расцвет технологии оселкового мрамора в России, куда ее привезли итальянские архитекторы, приходится на XVIII в.

Первый этап улучшения качества оселкового мрамора был связан с разработкой и применением гипсовых вяжущих более высокой марки. Сравнение характеристик образцов оселкового мрамора домов Санкт-Петербурга XVIII–XIX вв. показало постоянное увеличение прочностных характеристик [2]. Это стало следствием развития технологии производства гипсового вяжущего, в частности применения термических ангидритов гипса типа белого цемента Кина [1]. Известный советский ученый М.П. Элинзон, получивший задание разработать искусственный мрамор для отделки Дворца Советов (не построенного на месте храма Христа Спасителя в связи с началом войны), начал именно с технологии получения термического ангидрита – высокопрочного гипса ЛОР [2].

Другая проблема состояла в том, что композиция вяжущего была крайне не технологична, получающийся камень низкой прочности (из-за добавки мездрового клея и высокого водогипсового отношения) растрескивался, деформировался, с трудом поддавался обработке. Попытки повышения декоративности также отрицательно влияли на свойства изделий. Например, Белый кабинет в Эрмитаже, по-видимому, выполненный из отбеленного молочно-белого гипсового вяжущего без добав-

ления бактерицидного консерванта, биологически разрушен и не подлежит восстановлению.

Другим значительным недостатком классической технологии оселкового мрамора остается использование преимущественно ручного труда при производстве изделий.

Технология М.П. Элинзона с использованием высокопрочного гипса ЛОР позволила исключить самые трудоемкие операции (обдирку, остружку, проклейку), уменьшить толщину рабочего слоя до 4 мм, но другие проблемы (высокое В/Г отношение и нестабильность времени переработки) сохранились.

В настоящее время в производстве искусственного камня используются как высокопрочное вяжущее Г-16 (α-полугидрат), так и известный издревле строительный гипс Г-7 (β-полугидрат). При использовании современных технологий различие в прочности не имеет практического значения, поскольку при одинаковом водогипсовом отношении прочность гипсового камня одинакова, а выравнивание водопотребности достигается использованием современных модификаторов. Ангидритовое вяжущее, оптимальное для производства искусственного камня, на российском рынке отсутствует.

При оценке рынка искусственного камня необходимо учитывать несколько факторов. Объем рынка отделочных материалов в основном определяется объемом потребления облицовочных плит. Ежегодная потребность России в облицовочных плитах составляет 4–5 млн м² [4]. Из



Рис. 2. Naturalный забайкальский лазурит (а); искусственный лазурит, полученный по оселковой технологии ручным прессованием (б)

них потребность Москвы не менее 20%. Потребность в искусственном высококачественном мраморовидном материале можно оценить как 3–4% от общего объема, включая отделку общественных зданий.

В настоящее время в Москве и Санкт-Петербурге работает около 50 производителей оселкового мрамора. Из них не более 10 умеют производить цветные мраморовидные массы гипсового камня высокого качества. В части художественного решения рисунок камня (почти без исключения) является фантазийным при удовлетворительном колористическом решении.

Большинство производств, базирующихся в мастерских по изготовлению лепнины, копируют дешевые (100–200 дол. США/м²) сорта мраморов.

Стоимость изделий из оселкового мрамора в условиях, когда большинство сортов мрамора в виде плит недорого, формируется исходя из стоимости колонн – наиболее сложного и востребованного элемента в интерьере. Единое дизайнерское решение обуславливает необходимость облицовки стен таким же материалом – дорогим оселковым мрамором.

Ориентировочная стоимость изделий из оселкового мрамора, дол. США/м²

Колонны	1500
Линейные фигурные элементы	900
Облицовочные плиты	700
Бесшовная штукатурка	900

Высокая стоимость оселкового мрамора, который снова в моде и на который существует платежеспособный спрос, определяется использованием исключительно ручного труда, хотя очевидно, что цена оселкового мрамора должна определяться ценой натурального камня.

Диапазон цен на натуральный камень очень широк: мрамор 50–6000 дол. США/м²; гранит 80–4000 дол. США/м²; панели из лазурита, малахита, чароита и др. 5 тыс. дол. США/м². Из приведенных данных видно, что использование оселкового мрамора оправдано только при копировании дорогих



Рис. 3. Изделия из искусственного белого камня

и исчезнувших сортов натурального камня (по ценам меньшим, чем их натуральные аналоги).

В России известны успешные примеры строительства и эксплуатации зданий из гипсовых материалов, встречаются упоминания об использовании гипса для напольных покрытий и даже ступеней [2].

В настоящее время созданы предпосылки производства искусственного камня в достаточном количестве в условиях машинного производства, где наиболее применима технология прессования. За последнее десятилетие разработаны основные технологии изготовления отделочных материалов на основе гипсовых вяжущих путем прессования [5, 6]. Использование этих технологий позволяет получать гипсовый камень, близкий по свойствам к природным минералам. Основным недостатком этих работ является малая художественная ценность получаемых материалов, что объясняется нацеленностью на разработку недорогого отделочного материала эконом-класса.

Рост производства гипсового вяжущего вызвал также развитие производства модификаторов, позволяющих составлять новые композиции воды затворения. Прежде всего внимание привлекают модификаторы, позволяющие добиваться равномерности твердой фазы и снижающие водопоглощение.

Рецептуры каждого сорта мрамора легко переводятся в несложные схемы машинного производства.

Специалистами ООО «Премум» совместно с ведущими специалистами гипсовой отрасли были проведены работы по получению новой современной композиции и способа получения изделий (заявка № 2008105809/03 (006299) от 15.02.2008). В результате примене-



ния современных пластификаторов, замедлителей схватывания, комплексных добавок (смесей объемных гидрофобизаторов и стирол-акриловой дисперсии) и армирующих волокон удалось получить полностью пригодное для художественных целей гипсовое тесто следующих характеристик: водогипсовое отношение 0,2–0,22; время переработки (жизнеспособность) до 180 мин. Подвижность определяется задачей.

Для достижения наивысшего качества материалов наиболее пригоден пластификатор Melment F15 G, замедлитель Plastretard PE и армирующие волокна FPAC 236/040. Для уменьшения водогипсового отношения отлично подходит Melflux 1614 F, однако прочность изделий при этом немного снижается. Поставщиком добавок является ЗАО «ЕвроХим-1».

Технические характеристики получаемого гипсового камня

Прочность, МПа	
при сжатии	30–70
при растяжении	30–35
Плотность, г/см ³	1,8–1,9
Водопоглощение, %, менее	1

Свойства материала, полученного трамбованием и машинным прессованием, были сходны, но лучшие характеристики показывают образцы, полученные машинным прессованием. По многим характеристикам материал соответствует ГОСТ 9479–98 «Блоки из горных пород для производства облицовочных, архитектурно-строительных, мемориальных и других изделий. Технические условия».

Разработаны также алгоритмы производства лазурита (стоимость панелей 5000 дол. США/м²) и исчезнувшего из-за истощения рудника мрамора «шроша», широко использовавшегося в 30-е гг. при строительстве Москвы (рис. 1, 2).

Удалось получить водостойкий материал для производства искусственного песчаника путем вибролитья (рис. 3). При сравнимых физических и эксплуатационных качествах себестоимость малых архитектурных форм из этого материала значительно ниже.

Сравнение материалов для изготовления техостнастки для вибролитья показало, что наиболее пригодны по соотношению цена–качество продукты, поставляемые ООО «БМП Кемикал», – безусадочный силикон Elastosil M 4642, полиуретан Biresin G27LR и Biresin G28R. Формы и кожки из этих материалов выдержали не менее 700 циклов при сохранении удовлетворительных эксплуатационных качеств.

Таким образом, производство оселкового мрамора экономически оправданно при условии воспроизведения дорогих и исчезнувших сортов мрамора. Возможно производство оселкового мрамора в достаточных количествах в условиях механизированного производства. По своим эксплуатационным качествам оселковый мрамор пригоден для отделки общественных зданий.

Список литературы

1. Будников П.П. Гипс, его исследование и применение. М.: Государственное издательство строительной литературы. 1943. 378 с.
2. Элинзон М.П. Отделочный высокопрочный гипс в архитектуре. М.: Издательство Академии архитектуры СССР, 1940. 54 с.
3. Кузьмина В.П. Цвет композиционных материалов // Строит. материалы. 2008. № 2. С. 16–17.
4. Ферронская А.В. Гипс – вчера, сегодня и завтра // Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий. Тез. докладов III всероссийского семинара. 28–30 сентября 2006 г. Тула. 2006. С. 27–34.
5. Стеканов Д.И., Ратинов В.Б., Иваницкий В.В. Физико-химические основы получения высокопрочного искусственного гипсового камня // Строит. материалы. 1984. № 11. С. 22–23.
6. Стеканов Д.И. Технология гипсовых прессованных облицовочных плит. Дисс. ... канд. техн. наук. Красково, 1985.

Для получения дополнительной научно-технической информации и оформления заказов на производство изделий из оселкового мрамора обращаться:

Тел.: (495) 557-30-11, e-mail: gips@rescom.ru – Александр Федорович Бурьянов

e-mail: vvk42@yandex.ru – Владимир Владимирович Кривенко

Реклама



Чтобы гордиться работой

Истоки

Шел 1999 год. Российская экономика пребывала в нокауте от удара дефолта 1998 г. Но стремление к созиданию даже в то тяжелое время заставляло молодых предпринимателей братья за рискованные и, казалось бы, бесперспективные проекты. В Волгограде группа молодых, энергичных специалистов решила восстановить гипсовый завод, который находился на грани банкротства.

Волгоградский гипсовый завод – предприятие с долгой и славной историей. Он был построен в 1949 г., когда требовалось обеспечивать строительными материалами строительство практически стертых с лица земли Сталинграда.

Годы перестройки и социально-экономических преобразований тяжело отразились на процветавшем некогда предприятии. Резкий спад спроса на продукцию, неплатежи, невозможность провести реконструкцию – общие проблемы, вставшие перед промышленными предприятиями. Многие не выдержали.

Новые владельцы предприятия в первую очередь собрали команду профессионалов по всем ключевым направлениям, инвестировали приобретение нового оборудования, реконструировали производство, рационально выстроили производственно-бытовую цепочку. И спустя всего два года предприятие оживило. Местные жители вновь получили хорошую работу, город – дополнительные налоговые поступления, а строители – материалы для внутренней отделки помещений отменного качества.

Уместно вспомнить, что в 1998 г. специалисты крупной западной компании оценивали возможность приобретения волгоградского гипсового завода, но пришли к выводу, что предприятие восстановлению не подлежит и потому с инвестиционной точки зрения бесперспективно. Оказалось, ошиблись зарубежные коллеги.



Главная проходная Волгоградского гипсового завода «ВОЛМА». На втором плане старые производственные корпуса

Объективно

В настоящее время завод вырос в большую отечественную Корпорацию «ВОЛМА». Это одна из немногих российских компаний, которая сохранила независимость от иностранных инвесторов. «ВОЛМА» развивается исключительно за счет собственных средств, способствует возрождению российской гипсовой промышленности. Владельцы и коллектив входящих в корпорацию предприятий вправе этим гордиться, так как на момент старта Корпорации 15 из 18 гипсовых заводов в России принадлежали зарубежным инвесторам.

Менее чем за 10 лет Корпорация «ВОЛМА» достигла высоких производственных и социально-экономических результатов в значительной степени благодаря трудолюбию, целеустремленности и высокому профессионализму. В настоящее время в состав Корпорации «ВОЛМА» входят два завода в Волгограде, карьеры по добыче гипсового камня и строящиеся рядом с ними заводы в Оренбурге и Самаре, заводы в Челябинске и Воскресенске Московской области. Продукцию с торговой маркой «ВОЛМА» используют в 56 регионах Российской Федерации и за ее пределами.

Компания обеспечивает полный цикл своей работы самостоятельно, то есть добывает сырье, производит гипсовое вяжущее, выпускает различную продукцию на его основе, продвигает ее на рынок. Так, «ВОЛМА» гарантирует стабильность и высокие качественные характеристики своих товаров, а также делает их доступным не только крупным строительным организациям, но и небольшим фирмам и частным застройщикам.

Гипсовые штукатурки, шпаклевки, клеи, наливные полы, гипсокартонные листы, перегородочные плиты торговой марки «ВОЛМА» позволяют легко и удобно создавать поверхности высокого качества. Эти материалы отличают



Так преобразился ветеран промышленности – новые производственные корпуса



Добыча гипсового камня – основа производства продукции «ВОЛМА»



Затаривание сухих смесей осуществляется современными фасовочными машинами



Пустотелая ППП – уникальная продукция Корпорации «ВОЛМА»

ся экологичностью и чистотой, идеально подходят для использования в жилищном строительстве.

По четырем производственным направлениям «ВОЛМА» является уникальной торговой маркой.

1. «ВОЛМА» – по оценке специалистов ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова гипс «ВОЛМА» является лучшим в России по большинству качественных показателей;
2. «ВОЛМА» – первый российский производитель ангидритового вяжущего и наливных полов на его основе;
3. «ВОЛМА» – единственный в России производитель пустотелых пазогребневых перегородочных плит. Звукоизоляция пустотелых плит составляет 43 дБ, что превышает требования ГОСТ. Это позволяет позиционировать плиту для перегородок как материал для строительства жилья повышенного уровня комфортности.
4. «ВОЛМА» – единственный российский производитель гипсокартонных листов длиной 1,5 м. Это позволило не только расширить ассортимент гипсокартонных листов, стандартная длина которых до недавнего времени составляла 2,5 и 3 м, но и существенно увеличить число потенциальных клиентов. Листы длиной 1,5 м может переносить один человек и при этом пользоваться обычным лифтом, для их транспортировки можно использовать любой легковой автомобиль.

Лидеры продукции «ВОЛМА»

Ярким представителем новой ассортиментной линейки сухих смесей на цементной основе стал клей для теплого пола – «ВОЛМА-Теплит». Это первый *выравнивающий* клей для монтажа плитки на горизонтальных поверхностях. Благодаря особым нивелирующим свойствам, пластичности и реологическим свойствам раствора в процессе приклеивания плитки можно устранять неровности поверхностей глуби-

ной до 20 мм без предварительного нанесения выравнивающего слоя. Таким образом, «ВОЛМА-Теплит» может выполнять функцию стяжки, соответственно плитку можно укладывать, одновременно выравнивая поверхность. При применении «ВОЛМА-Теплит» заполняемость поверхности плиткой клеем составляет свыше 90%. Это позволяет укладывать плитку сразу на поверхность, без нанесения клея на плитку.

Высокая морозостойкость позволяет применять «ВОЛМА-Теплит» как внутри помещений, так и на террасах. Его прочность при сжатии составляет не менее 10 МПа, что обеспечивает возможность применения клея на лестничных маршах.

В настоящее время линейка плиточных клеев «ВОЛМА» представлена шестью позициями, позволяющими точно подобрать нужный клей для определенного вида работ.

Традиционный лидер продукции «ВОЛМА» – штукатурная смесь «ВОЛМА-Слой». Популярность этой штукатурки растет с каждым годом по всей территории России. В создании ровных поверхностей она не имеет себе равных. «ВОЛМА-Слой» позволяет создавать не просто идеально ровные стены, но и доводить поверхности до глянцевого блеска без дополнительного финишного шпаклевания.

Продукция «ВОЛМА» на протяжении нескольких последних лет постоянно входит в число 100 лучших товаров России (золотые и серебряные медали 2005, 2006, 2007 гг.).

Нам есть чем гордиться!

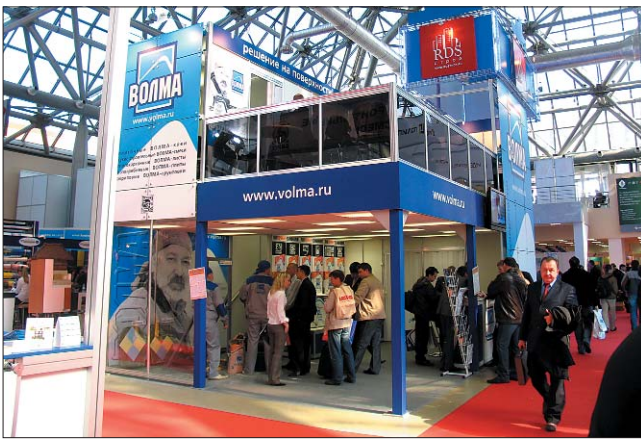
Руководство Корпорации «ВОЛМА» большое внимание уделяет условиям труда людей. Экономия на технике безопасности и охране труда – дело не только невыгодное, но и опасное. Поэтому люди для компании – главное. Они чувствуют уважение и заботу. А результат их работы – это забота о миллионах семей, которые будут строить и ремонтировать свои дома, делать их уютными.



Гипсокартонные листы – традиционная продукция завода, выпускаемая на новой линии



Дистрибуция продукции осуществляется железнодорожным и автомобильным транспортом



Стенд на самой крупной и престижной строительной выставке России – «Мосбилд», наглядное доказательство успешности компании

На всех предприятиях Корпорации «ВОЛМА» установлены самые современные и эффективные пылеочистители: улавливание пыли составляет 98%. При этом вся улавливаемая пыль возвращается в производственный процесс.

Социальная работа в компании направлена на пропаганду здорового образа жизни. Всемерно стимулируется стремление сотрудников заниматься спортом, активно проводить свободное время. Это корпоративные туристические походы, семейные посещения бассейна, волейбольная команда и даже турниры на территории завода.

В Волгограде «ВОЛМА» – единственное предприятие, где существует организация ветеранов производства. В настоящее время она насчитывает 74 человека. Это люди, которые проработали на волгоградском заводе более двадцати лет. Они гордость предприятия.



Продукция «ВОЛМА» надежна в эксплуатации. Попробуйте сами!

Высокое качество продукции «ВОЛМА» – лишь одно из слагаемых успеха. Важны принципы, согласно которым работает компания. Одним словом они объединяются в понятие гордость. Гордость включает в себя многое: осознание важности своей работы, признание окружающих, благодарность тех, для кого работаешь. Более того, мы стремимся превратить работу для себя, для наших людей, для наших партнеров и потребителей в нечто большее, чем просто производство и коммерция.

В идею! В интерес! В образ жизни и развития! В ценности, вдохновляющие не только на совершенствование своей работы, но и всей жизни, чтобы гордиться результатами труда, семьей, домом, успехами детей, планами на будущее и успешным продвижением к поставленным целям.



**24–26
сентября
2008 г.
Волгоград**

**Оргкомитет:
140050, Московская обл.,
п. Красково,
ул. К. Маркса, 117,
ВНИИСТРОМ**

**Телефоны:
(495) 557-30-11
(8442) 49-34-80**

E-mail: gips@rescom.ru

Российская гипсовая ассоциация • РНТО строителей
Администрация Волгоградской области • МГСУ
ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова • НИИСФ • ГУП «НИИМосстрой»

Четвертый Всероссийский семинар с международным участием «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий»

Тематика семинара:

- технический прогресс в области гипсовых материалов и изделий
- гипсовые материалы в малоэтажном строительстве
- привлекательность и механизмы инноваций в гипсовой отрасли
- качество и долговечность гипсовых материалов и изделий
- лаборатории, менеджмент качества, экологический менеджмент и их роль в обеспечении качества и долговечности гипсовых материалов
- современная нормативно-техническая документация
- обучение и переподготовка специалистов в области производства гипсовых материалов

Тематическая производственная экскурсия на ОАО «ВОЛМА»

Генеральные спонсоры конференции:



Генеральный информационный спонсор: журнал



А.Р. ДЖАНИБЕКОВ,
генеральный директор ЗАО «Усть-Джегутинский гипсовый комбинат»
(г. Усть-Джегута Карачаево-Черкесской Республики)

Усть-Джегутинский гипсовый комбинат им. Р.А. Джанибекова: достойная история и уверенность в будущем

Усть-Джегутинский гипсовый комбинат им. Р.А. Джанибекова расположен на территории Усть-Джегутинского района Карачаево-Черкесской Республики на правом берегу р. Кубань. В своем развитии комбинат прошел путь от кустарного цеха до современного предприятия промышленности строительных материалов.

Рост объема производства по сравнению с 2006 г. составил 28,7%, а средняя заработная плата по предприятию составила 12,2 тыс. р. Такие производственные показатели стали возможными в результате того, что руководством комбината уделялось большое внимание совершенствованию технологии и разработке и внедрению новых видов продукции.

Разработка новой продукции на Усть-Джегутинском гипсовом комбинате развивается в двух направлениях. Это работы по созданию новых строительных материалов и работы по созданию новых объектов строительства.

В 2001 г. Р.А. Джанибековым – бессменным директором комбината с 1968 г. совместно с коллегами была разработана конструкция и технология производства декоративно-облицовочного стенового блока (рис. 1), который сразу же был внедрен в производство.

Декоративно-облицовочный блок предназначен для строительства жилых и административных малоэтажных зданий. Он состоит из трех параллельных слоев. Основным является гипсобетонный слой со средней плотностью 1000–1200 кг/м³ и толщиной 265–275 мм, который с одной стороны покрыт цементной стяжкой толщиной 15–20 мм, в состав которой входит 3–7% извести. На цементную стяжку нанесен декоративно-облицовочный слой толщиной 10–15 мм, состоящий из цементного вяжущего с заполнителем из фракционированного промытого щебня. На противоположных торцах и основаниях блока выполнены цилиндрические пазы.

Изготовление декоративно-облицовочного блока относительно несложное. Гипсобетонная смесь заливается в формы. Через 10–15 мин после заливки до полного схватывания на поверхности

В 2007 г. Усть-Джегутинский гипсовый комбинат выпустил продукцию следующих видов и объемов:

камень гипсовый, тыс. т	240
гипс строительный среднего помола нормальных сроков твердения марок Г-5, Г-6, тыс. т	54
гипс марки Г-6, Г-7, тыс. т	2
гипсовые сухие смеси «Гипсовит», тыс. т	1,2
гипсовые мелкоразмерные блоки размером 190×190×390 мм, млн шт. усл. кирпича	5,2
гипсобетонные крупноразмерные стеновые блоки размером 150×760×300 мм, млн шт. усл. кирпича	2,7
плиты гипсобетонные мелкоразмерные потолочные размером 800×400×150 мм, тыс. шт	38
песок строительный, тыс. т	90

гипсобетонной массы делают насечку специальным инструментом. На подготовленную таким образом поверхность укладывают цементно-песчаный раствор подвижностью 4–7 см с добавкой извести 3–7%. После схватывания и остывания гипсовой массы до температуры окружающей среды заливается декоративно-облицовочный слой, массу уплотняют и прикатывают. Путем введения различных пигментов возможно создание широкой цветовой гаммы декоративно-отделочного слоя.

После выдержки 3–5 часов форму наклоняют под углом 30–40° к горизонту и струей воды под давлением в 2 атм вымывают цементное молоко с лицевой поверхности изделия.



Рис. 1. Декоративно-облицовочный гипсобетонный стеновой блок



Рис. 2. Гипсобетонная плита перекрытия



Рис. 3. Здание с мансардой со стенами из декоративно-облицовочных блоков



Рис. 4. Коттедж из гипсовых блоков, облицованных сайдингом

Изготовление изделия в горизонтальном положении «лицом вверх» позволяет обеспечивать высокое качество нанесения декоративно-облицовочного слоя, что гарантирует высокую защиту от атмосферного увлажнения в процессе эксплуатации.

Блок имеет высокую заводскую готовность, не требующую каких-либо доделочных операций. Он обладает высокими теплоизоляционными качествами, имеет хорошую водостойкость, огнестойкость и биостойкость, обладает обширной гаммой вариантов облицовочной поверхности. Благодаря быстрому твердению гипсовых вяжущих производство декоративно-облицовочных стеновых блоков организовано по упрощенной схеме без тепловой обработки.

Применение декоративно-облицовочных блоков для строительства жилых домов усадебного типа является эффективным использованием гипсовых вяжущих в строительстве. Длительный опыт эксплуатации зданий, построенных с использованием изделий на основе неводостойких гипсовых вяжущих, показывает, что их долговечность может быть обеспечена только при условии надежной защиты от увлажнения – трехслойной конструкции блока, в которой гипсовый слой защищен двумя слоями на основе цементного вяжущего.

Декоративно-облицовочный стеновой блок защищен патентом на промышленный образец № 53238 и патентом на изобретение № 2225486 «Декоративно-облицовочный стеновой блок и способ его изготовления». Таким образом, осуществлена полная защита изобретения, когда запатентована не только конструкция и технология изготовления, но и внешний вид патентуемого изделия.

Под руководством Р.А. Джанибекова разработано и запатентовано (патент на изобретение № 2225923) гипсобетонное перекрытие для строительства одноэтажных зданий.

Плита перекрытия (рис. 2) содержит деревянную арматуру и имеет хорошую несущую способность. Применение предлагаемого перекрытия позволяет существенно упростить и удешевить строительство одноэтажных домов.

На комбинате разработаны и запатентованы конструкции двух одноэтажных зданий из стеновых блоков. В обоих технических решениях оригинальным является расположение арматуры стен, которая проложена в торцевых пазах гипсобетонных блоков по вертикали и горизонтали. В местах пересечения арматурные стержни соединяются с помощью сварки. Одновременно стеновые блоки соединяют между собой с помощью цементного раствора. Запатентованная конструкция обеспечивает высокую сейсмостойкость, что в условиях Кавказа является одним из наиболее важных факторов.

Новые разработки после апробации внедрены в серийное производство на Усть-Джегутинском гипсовом комбинате.

На рис. 3 представлено здание с мансардой, в котором стены возведены из декоративно-облицовочных стеновых блоков и применены гипсобетонные перекрытия между первым этажом и мансардой.

В курортном поселке Архыз возведены одноэтажные коттеджи (рис. 4), состоящие из жилой комнаты, кухни, душевой и санузла. Стены коттеджей возведены из гипсовых стеновых блоков и облицованы сайдингом, верхняя часть стен выполнена из карнизных блоков, конструкция которых также разработана на комбинате.

Коттеджи снабжены автономной системой отопления, водопроводом и канализацией. По отзывам гостей курорта, в коттедже обеспечивается высокий уровень комфортности, не уступающий трехзвездочным отелям. Описанная выше система армирования обеспечивает высокую сейсмостойкость, а высокие теплоизоляционные свойства стены – постоянство комфорта в любое время года, в таком коттедже тепло зимой и прохладно летом. Прекрасный вид из окон и чистейший горный воздух вносят свой вклад в комфортность проживания и терапевтический эффект от лечения на горном курорте.

В настоящее время решается вопрос с заинтересованными организациями о расширении строительства таких коттеджей на курортах Карачаево-Черкесской Республики.

На комбинате уделяется внимание не только разработкам новых видов продукции, но и совершенствованию существующего технологического процесса. Р.А. Джанибековым разработана и запатентована конструкция мельницы для помола гипса, которая по ряду параметров превосходит существующие серийно выпускаемые агрегаты. Кроме того, разработан и запатентован агрегат для добычи гипсового камня. Его внедрение позволило полностью отказаться от буровзрывных работ на гипсовом карьере и освободило около десятка единиц техники, что дало ежегодную экономию комбинату порядка 10 млн р.

Руслан Ахматович Джанибеков, который успешно провел комбинат через времена планового хозяйствования, годы застоя, перестройки и кардинальных социально-экономических преобразований экономики, вывел свою, проверенную временем формулу успеха. Он с молодых лет считал, что не следует уповать на помощь со стороны, а все проблемы завода решать силами трудового коллектива. Поэтому удалось устоять в тяжелые времена, сохранить завод, рабочие места, продолжить экономическое развитие предприятия, а значит, и региона. Грамотный инженер, талантливый организатор, неутомимый изобретатель, Р.А. Джанибеков и в настоящее время, отойдя от хлопот руководства комбината, активно продолжает работу на благо родного предприятия.

Экономическая ситуация в стране стабилизируется, растут объемы жилищного строительства, больше внимания уделяется развитию инфраструктуры региона. Все это позволяет коллективу комбината с уверенностью смотреть в будущее.

ЗАО «Усть-Джегутинский гипсовый комбинат им. Р.А. Джанибекова»

369320, Карачаево-Черкесская Республика, г. Усть-Джегута

Телефон: (87875) 2-28-98;

Телефон/факс: (87875) 2-28-97, 2-26-01

E-mail: udgk@yandex.ru

Новый этап развития бизнеса КНАУФ на Юге России



Символический запуск завода гипсового вяжущего осуществляют генеральный управляющий группы КНАУФ в СНГ Г. Ленга (слева) и генеральный директор ОАО «КНАУФ гипс Псебай» В.И. Боглаев



Запуск нового завода гипсового вяжущего позволит со временем увеличить общий объем производства ООО «КНАУФ ГИПС Псебай» на 50%



Генеральный директор ООО «КНАУФ МАРКЕТИНГ Краснодар» Л.В. Попова знакомит гостей с историей фирмы КНАУФ в выставочном зале нового офиса



Офис КНАУФ в Краснодаре – символ открытости и надежности фирмы

Известно, что строительные и отделочные материалы на основе гипса являются одними из самых комплементарных для человека. Они экологически безопасны, жилье, в отделке которого использованы гипсовые материалы, обладает высокими показателями комфортности. Наиболее востребованы в жилищном строительстве гипсокартонные и гипсоволокнистые листы, пазогребневые перегородочные плиты и сухие строительные смеси.

Крупнейшим производителем строительных и отделочных материалов на основе гипса в России является фирма КНАУФ, которая владеет четырнадцатью предприятиями в разных регионах России. Производственным лидером на Юге России среди предприятий КНАУФ является ОАО «КНАУФ ГИПС Псебай» (генеральный директор В.И. Боглаев), расположенное в п. Псебай Мостовского района Краснодарского края. Продвижением продукции занимается фирма «КНАУФ МАРКЕТИНГ Краснодар» (генеральный директор Л.В. Попова).

Развитие экономики южных регионов России в настоящее время идет высокими темпами. Строятся транспортные морские терминалы, ускоренными темпами развивается инфраструктура для подготовки к проведению Олимпиады в Сочи, соответственно строится и реконструируется жилье.

Осенью 2006 г. в рамках деловой программы Международного экономического форума «Кубань», прошедшего в Сочи, было подписано Соглашение о сотрудничестве между фирмой КНАУФ и Администрацией Краснодарского края. Совладелец компании господин Николаус КНАУФ лично подтвердил свое решение о расширении инвестиций в строительную отрасль Российской Федерации и заявил о намерении удвоить к 2010 г. производственные мощности предприятий КНАУФ в России.

Для выполнения этой задачи в первую очередь необходимо было существенно увеличить производство гипсового вяжущего, на основе которого выпускается вся остальная продукция КНАУФ. С этой целью на территории ОАО «КНАУФ ГИПС Псебай» менее чем за год построен новый завод, который был торжественно открыт 27 июня 2008 г.

С полным завершением программы реконструкции появится возможность увеличения имеющихся мощностей по производству сухих смесей почти в три раза. Также ведется реконструкция и расширение производства гипсового карьера и завода гипсокартонных КНАУФ-листов, что приведет к увеличению общего объема производства ОАО «КНАУФ ГИПС Псебай» на 50%.

За последние 10 лет оборот предприятия вырос в 100 раз, выпуск основных видов продукции в 70 раз, существенно расширился ассортимент продукции, качество которой отвечает самым высоким требованиям не только отечественных, но и европейских стандартов.

Одним из главных конкурентных преимуществ КНАУФ является то, что на рынок предлагаются не отдельные материалы, а комплектные системы и технологии их применения, а также полное техническое сопровождение на всех этапах от проектирования объекта до применения комплектных систем на строительных площадках. Применение широкой номенклатуры продукции КНАУФ позволяет решать самые разнообразные задачи в сфере строительства и реконструкции.

Важную роль в развитии бизнеса КНАУФ играют специализированные маркетинговые фирмы, которые осуществляют мониторинг рынка, продвижение продукции, обучение специалистов различного профиля, контакты с потребителями, общественностью, СМИ и т. д.

В 2007–2008 гг. впервые в России специально для маркетинговой фирмы «КНАУФ МАРКЕТИНГ Краснодар» было построено комплексное здание в единой объемной композиции объединяющее три вида деятельности: офис, учебный центр, выставочный зал. Оно расположено в деловом центре города и является своеобразным символом надежности и в тоже время открытости фирмы, ведь офис КНАУФ в Краснодаре посещают представители разных стран, руководители регионов России и стран СНГ, предприниматели разных уровней и направлений деятельности, руководители строительных фирм и образовательных учреждений.

Архитекторы и проектировщики учли и выгодно подчеркнули возможности отделочных материалов КНАУФ при создании многоуровневых потолков и ниш с подсветкой, радиусных поверхностей с фактурной отделкой и т. д. В этом современном здании пространство разделено на четкие функциональные зоны, оно оснащено современным инженерным оборудованием и средствами коммуникации.

Даже небольшой, но доступный для посещения жителями и гостями города выставочный зал, позволяет ознакомить посетителей с историей семейного предприятия КНАУФ, номенклатурой выпускаемой продукции и возможностями ее применения.

Все эти возможности необходимы не просто для реализации продукции КНАУФ, которой в скором времени станет вдвое больше, как обещал ее совладелец Н. Кнауф, но и для продвижения философии фирмы, широкого внедрения метода сухого строительства и всемерного применения гипсовых материалов в жилищном строительстве.

Тамара Пец

Композиционные гипсополимерные материалы

Строительная практика последних десятилетий, потребовавшая улучшения свойств и качества строительных материалов, привела к появлению совершенно новых композиционных строительных материалов, превосходящих по своим физико-механическим свойствам, качественным характеристикам и долговечности традиционные материалы.

Создание новых строительных композитов различного назначения с ранее недостижимыми свойствами и разнообразной структурой обеспечивалось использованием не только более сложных многокомпонентных комплексов, но и активным воздействием на структурообразование и свойства материала на разных технологических этапах, позволяя оптимально сочетать свойства в соответствии с назначением и областью применения материала.

Гипсовые вяжущие и различные изделия на их основе хорошо известны своими преимуществами среди строительных материалов. Гипс доступен, дешев, быстро затвердевает без усадки и трещин, изделия из него имеют достаточно высокую прочность. К сожалению, высокое водопоглощение и низкая водостойкость этого материала ограничивают его применение для наружных работ. Этот недостаток гипса устраняется в композиционных материалах, где коренным образом модифицируется структура гипсового камня, значительно улучшаются его свойства, особенно водостойкость, и, что особенно важно, сохраняются преимущества гипса.

Следует отметить, что особенно высокими показателями физико-технических свойств среди композиционных гипсовых материалов выделяются гипсополимер-

ные композиты, изготовленные на основе композиционных гипсополимерных вяжущих (КГПВ), у которых в качестве полимерного связующего используются отверждающиеся полимеры (карбамидные и меламиновые смолы, акриловые сополимеры). Объясняется это тем, что в отличие от гипсового камня с добавками, в том числе с неотверждающимися полимерами, где химизм твердения и структура камня коренным образом не меняются, отверждающееся полимерное связующее, вводимое в гипсовое тесто в больших количествах, служит связующим материалом в дополнение к минеральному вяжущему веществу. При совмещении этих столь различных по свойствам веществ образуются материалы со сложной органо-минеральной структурой и специфическими свойствами, присущими как гипсу, так и полимеру. Свойства композитов, полученных таким образом, конечно же, в первую очередь определяются свойствами полимера, и улучшаются они по сравнению с гипсом тем более, чем больше в его составе полимера. В этой связи если композиту следует придать более высокую прочность, можно использовать карбамидные смолы. Если же кроме прочности требуется более высокая водостойкость, то необходимо применять меламиновые смолы. А если композиционный материал будет подвергаться различным деформациям в процессе эксплуатации, то здесь не обойтись без акриловых полимеров, так как отвержденные и высохшие продукты этих полимеров обладают высокой прочностью, эластичностью и водостойкостью.

Гипсополимерные вяжущие вещества в строительной практике используются для изготовления облицо-

Таблица 1

Вид материалов на КГПВ	Физико-механические свойства						Назначение материалов и изделий
	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа		Теплопроводность, Вт/(м·°С)	Водопоглощение, % / Коэфф. размягчения	Морозостойкость, цикл	
при сжатии		при изгибе					
Тяжелый бетон	2130	38	–	–	3,7 / 0,85	300	Устройство спецфундаментов
Мелкозернистый бетон	1890	35	6,5	–	2,5 / 0,9	600	Ремонт конструкций мостов, плиты садовых дорожек, бордюры
Штукатурный раствор	1820	30	6	–	3,3 / 0,81	300	Ремонт элементов мостов, фасадов зданий
Фиброгипсополимер	1700	40	20	–	2 / 0,85	250	Облицовка фасадов (плиты, архитектурные изделия), изделия малых архитектурных форм и садово-парковой архитектуры
Гипсополимер	1500 600	– –	10 12	– –	7 / – 12 / –	– –	Изделия внутренней облицовки зданий Плиты для внутренней облицовки стен зданий выше уровня человеческого роста
Полимерфосфогипс	1720	32,6	10	–	– / –	–	Изделия малых архитектурных форм, плиты заборов, блоки для строительства гаражей.
Полимерфосфогипс (прессованный)	2100	80	28	–	1 / –	–	Плиты для облицовки фасадов
Арболит	500 750	1,2 3,8	– –	0,094 0,153	– / – – / –	25 25	Возведение ограждающих конструкций зданий (стены, перегородки)
Пенополимергипс	100 200 300	0,08 0,2 0,4	– – –	0,06 0,08 0,1	– / – – / – – / –	50 50 50	Тепловая изоляция строительных конструкций зданий и сооружений

вочных плиток, различных отливок, клеев, шпаклевок и для обустройства интерьеров зданий. При введении в состав смеси, приготавливаемой с использованием КГПВ, различных наполнителей (щебень, песок, дисперсное волокно, опилки), можно получать тяжелый бетон, мелкозернистый бетон, фибробетон, арболит. Смешивая гипсополимерное тесто с пеной, получают ячеистый бетон. В процессе изготовления изделий формовочная смесь может иметь различную удобоукладываемость. Полупластичные и жесткие смеси при укладывании в формы подвергают трамбованию, вибрации. Полусухие смеси прессуют или экструдируют.

Практика современного строительства ввиду достаточности высоких физико-технических свойств КГПВ ориентирует их, как правило, на изготовление более ответственной продукции, чем обычные гипсовые изделия. Рациональные области применения гипсополимерных материалов в строительстве приведены в табл. 1.

Гипсополимерный материал для декоративных плит внутренней облицовки стен и устройства подвесных потолков. Из литых смесей на гипсовом вяжущем и модифицирующей полимерной добавке (эмульсия эпоксидной смолы и ПВА), вводимой в количестве до 1%, изготавливаются плиты марок «ИНТЕРОН» и «ГИЛЕИТ» размером 350×300×12 мм и 400×300×14 мм. При этом прочность плит увеличивается на 30–40%, а водопоглощение снижается на 45–60%. Плиты применяются для отделки залов, фойе, холлов, коридоров, переходов и позволяют формировать эстетически выразительные интерьеры. Основные физико-механические свойства плит приведены в табл. 2.

Отделочный композиционный материал «СТОЛИЦА» – экологически чистый, пожаробезопасный с высокой водостойкостью и физико-механическими свойствами. Производится на основе гипса с акриловым полимером, пластифицирующими и модифицирующими добавками (ТУ 5742-003-18896209–06).

Материал используется для изготовления по литейной технологии архитектурно-строительных изделий, декоративных плит, изделий малых архитектурных форм и садово-парковой архитектуры, подоконников, и др., предназначенных для отделки фасадов жилых, общественных и административных зданий, сооружений, коттеджей, обустройства городской территории, загородных усадеб и вилл, а также может готовиться в виде декоративной штукатурной смеси.

Изделия из композиционного материала «СТОЛИЦА» могут изготавливаться:

- белого цвета, однотонно окрашенными в массу с широкой цветовой гаммой или текстурой природного камня (мрамора и др.);
- с глянцевой, матовой или рельефной лицевой поверхностью.

Формовочная масса обладает хорошими литейными свойствами и дает беспоровую лицевую поверхность. Пластичность (расплав) свежеприготовленной литей-

Таблица 2

Наименование показателей	Значения показателей для плит	
	«ИНТЕРОН»	«ГИЛЕИТ»
Средняя плотность, кг/м ³	1500	400–500
Прочность при изгибе, МПа, не менее	10	3
Поверхностная твердость, МПа, не менее	400	40
Водопоглощение, мас %, не более	7	–

вой смеси составляет 120–180 мм. Время затвердевания материала может регулироваться от 5 до 50 мин. Твердые изделия до отпусковой прочности (70% от нормируемой прочности) протекает при комнатной температуре в течение 7–10 суток или при температуре 60–70°С в течение 12 ч.

Особенностью технологии разработанного материала является то, что воды в формовочной смеси содержится только то количество, которое необходимо для гидратации гипса. Поэтому, имея невысокую и закрытую пористость, «СТОЛИЦА» по физико-механическим свойствам не уступает мрамору, а по водостойкости и трещиностойкости превышает его. Основные физико-механические свойства материала приведены в табл. 3.

Стоимость материалов в формовочной смеси материала «СТОЛИЦА» по состоянию на 01.01.08 г. составляет 7 руб./кг.

Материал теплоизоляционный «ТИЗОЛ» предназначен для тепловой изоляции строительных конструкций жилых, гражданских и промышленных зданий и сооружений. Экологически чистый, негорючий или с горючестью гр. Г1 материал на основе гипса с полимерной добавкой (3 и 15%) изготавливают по технологии свободного литья на конвейере с последующей сушкой. Производится «ТИЗОЛ» в виде плит размером (600–1000)×(500–600)×(50–150) мм.

В порядке совершенствования технологии производства плит «ТИЗОЛ» размером 3000×800×150 мм планируется разработать универсальную конвейерную технологическую линию по их производству в бумажной оболочке. При этом формовочный конвейер кроме плит утеплителя, применяя различную оснастку, будет изготавливать облегченные плиты для внутренних перегородок зданий в бумажной оболочке. Физико-технические свойства утеплителя «ТИЗОЛ» приведены в табл. 4.

Пенополимергипсоволокнистый утеплитель предназначен для тепловой изоляции строительных конструкций, в том числе в трехслойных панелях с металлической оболочкой. Экологически чистый негорючий материал с объемной гидрофобизацией. Разработан для замены базальтоволокнистого утеплителя в трехслойных панелях. Изготовление планируется произво-

Таблица 3

Наименование показателей	Значения показателей свойств полимергипса при расплаве смеси (см):		
	120–130	140–150	170–180
Плотность, кг/м ³ , не менее	1700	1650	1600
Прочность при сжатии, МПа (кг/см ²), не менее	40(400)	30(300)	25(250)
Прочность при изгибе, МПа (кг/см ²)	20(200)	15(150)	10(100)–12(120)
Водопоглощение по массе, %, не более	2	3	4
Коэффициент размягчения, не менее	0,85	0,80	0,75
Морозостойкость, цикл, не менее	250	200	150

Таблица 4

Наименование показателей	Нормируемая величина в зависимости от марок утеплителя, изготовленного на гипсовом вяжущем марок:					
	Г3–Г7			Г10–Г13		
	100	200	300	100	200	300
Средняя плотность в сухом состоянии, кг/м ³	100±50	200±50	300±50	100±50	200±50	300±50
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее	0,08	0,2	0,4	0,1	0,4	0,6
Влажность отпускная, %, не более	6	6	6	6	6	6
Теплопроводность в сухом состоянии при температуре 22±5°С, Вт/(м·°С), не более	0,06	0,08	0,1	0,06	0,08	0,1
Морозостойкость, цикл, не менее	50	50	50	50	50	50

Таблица 5

Наименование показателей	Значения показателей
Средняя плотность, кг/м ³	150
Прочность при сжатии при 10%-ной линейной деформации, МПа, не менее: – через 20 мин после изготовления – после сушки	0,003 0,15
Теплопроводность, Вт/м·°С, не более	0,05
Сорбционное увлажнение, % по массе, не более	6
Водопоглощение, % по массе, не более	15

дить на формовочном конвейере в виде плит размером 3000×1200×40 мм в оболочке из нетканого полотна. В табл. 5 приведены основные физико-механические и теплофизические свойства утеплителя.

Композиционный фибропенополимергипсовый конструкционно-огнезащитный материал предназначен для огневой защиты металлических конструкций большепролетных сооружений. Он обладает высокой деформативностью и трещиностойкостью. По санитарно-гигиенической оценке фибропенополимергипсовый матери-

ал относится к экологически чистым материалам, а по пожарной опасности – к группе негорючих строительных материалов.

Выбор гипсового вяжущего при разработке материала предопределялся его хорошими огнезащитными свойствами и высокой скоростью затвердевания, что значительно упрощает технологию производства. При этом учитывался опыт и положительные результаты, полученные в ранее проводимых исследованиях изгибаемых конструкций из бетона на гипсоцементно-пуццолановых вяжущих.

В настоящей работе традиционные недостатки гипса (хрупкость, низкая водостойкость и др.) устраняли следующим образом:

– хрупкость разрабатываемого материала снижали введением в его состав 10% дисперсного наполнителя (рубленого базальтового волокна) и комплексного связующего (акрилового полимера и стабилизатора), что обеспечило материалу высокую эластичность;

– водостойкость материала повышали путем добавления в его состав комплексной минеральной добавки на основе цемента и введения полимерного связующего.

Сроки затвердевания смеси регулировали количеством полимерных модификаторов, а требуемую плотность материала (700–800 кг/м³) получали путем подвспенивания формовочной смеси, которая имела консистенцию 8–10 см осадки конуса.

Решение проблемы однородности распределения дисперсного волокна в формовочной смеси достигали за счет

Таблица 6

Наименование показателей	Значения показателей		
	фиброполимер-гипса при ост. влажности 24%	дерева (ель и сосна 2 с.) при влажности 12%	песчаного бетона при влажности 4%
Средняя плотность образцов: – при остаточной влажности 24%, кг/м ³ (сушка до п. м.) при температуре 40–45°С; – при влажн. 8–12%, кг/м ³	948–1030 780–860	– 500–600	– 2100–2200
Прочность при изгибе: – сухих образцов, кг/см ² ; – образцов в нас. водой состоянии, кг/см ² ; – сух. образцов с поверхн. пропиткой кремнеорг. лаком	97,3–116,5 27,6–45,8 147,9	375(RBP) / 270(RH) – –	40–43 – –
Прочность при сжатии: – сухих образцов, кг/см ² ; – образцов в нас. водой состоянии, кг/см ² ; – сух. образцов с поверхн. пропиткой кремнеорг. лаком	43,7–64,1 21,6–28,3 98	310(RBP) / 230(RH) – –	290–330 230–270 –
Водопоглощение, мас. %	31–32	–	6–7
Начальный модуль упругости, ПМа	2×10 ³	–	25,2×10 ³
Коэффициент Пуассона	0,15	–	0,24
Предельная сжимаемость, мм/м, при ε = 0,9ε _{сж}	2	–	1,4

Таблица 7

Наименование показателей	Значения показателей строительных материалов:					
	с акриловым полимером:					песчаного бетона без добавок
	песчаного бетона		штукатурного раствора		цементного клея	
Марка бетона по прочности	300	350	250	300	–	300
Подвижность смеси, см	8–10	8–10	4–6	4–6	300	8–10
Средняя плотность после 28 сут твердения, кг/м ³	1800–1900	1820–1990	1850–1940	1880–1980	1700–1800	2100–2200
Прочность при сжатии, МПа, через:						
– 3 сут	13–16	20–24	13–18	15–18	18–20	21–25
– 7 сут	18–22	25–29	18–21	21–24	30–32	27–28
– 28 сут	28–31	33–37	26–28	28–32	36–40	29–33
– 28 сут (после высушивания до п. м.)	38–42	38–43	30–33	32–36	–	30–33
– 28 сут (после высушивания и насыщения в воде)	33–35	35–38	24–27	27–30	–	23–27
– 60 сут.	31–36	–	–	–	–	–
Прочность при изгибе, МПа, через:						
– 28 сут	6–6,2	6–6,5	4,5–5,5	5–7	–	4–4,3
– 60 сут	6,3–7,5	–	–	–	–	–
Влажность образцов, % через:						
– 3 сут	–	5–5,5	4–4,5	–	–	6–7
– 28 сут	3–3,5	3,5–4	2–2,5	2,3–2,8	–	3–4
Призмная прочность, R _{пр} , МПа, через 28 сут	–	23,6	–	–	–	32,8
Начальный модуль упругости, МПа, через 28 сут	–	11000	–	–	–	25200
Коэффициент Пуассона	–	0,29	–	–	–	0,2
Предельная сжимаемость при $\epsilon=0,9 \cdot \epsilon_{сж}$, мм/м	–	3,4	–	–	–	1,65
Прочность сцепления с бетонным основанием, МПа, через:						
– 28 сут	2,2–2,5	2,2–2,6	2–2,4	2,2–2,5	–	1,4–1,7
– 28 сут (исп. в нас. водой сост.)	1,5–1,8	1,5–1,8	–	1,1–1,3	–	–
– 28 сут (исп. после исп. на 25 циклов МРЗ)	0,8–1	0,8–1,1	–	0,6–0,7	–	–
Усадка, мм/м:						
– без противоусадочной добавки	–	0,7	0,4	–	–	0,2
– с противоусадочной добавкой	–	0,3	–	–	–	–
Влажностные усадочные деформации строительных материалов без противоусадочной добавки после 28 сут твердения, мм/м	2,2	–	–	0,9	–	–
Коэффициент размягчения	0,90–0,92	0,90–0,92	0,78–0,85	0,78–0,86	–	0,76–0,81
Водопоглощение (исп. образцов, высуш. до п. м.), % по массе	1,5–2	1,5–2	2,5–3	2–3	–	6–7
Морозостойкость, цикл	F300 (в солях)			F300 (в воде)	–	–
Водонепроницаемость, ати	W14	W14	W8	W10	–	W6

специально разработанного смесителя, который обеспечивает ориентацию волокна при перемешивании и выгрузке смеси. Физико-технические свойства фибропенополимергипсового материала приведены в табл. 6.

Песчаный бетон, штукатурный раствор и цементный клей. Составы песчаного бетона, штукатурного раствора и цементного клея для ремонта элементов и конструкций мостов, эксплуатирующихся в сложных климати-

ческих условиях (защитные рубашки опор, карнизы, откосы и др.), технологии их приготовления и применения разработаны с использованием отечественных акриловых сополимеров. При этом в состав песчаного бетона и штукатурного раствора в качестве противоусадочной добавки вводили до 15% гипсового вяжущего. Основные физико-технические свойства строительных материалов с акриловыми сополимерами приведены в табл. 7.

РЕКЛАМА

ООО НТЦ «ЭМИТ»

Тел./факс: (495) 351-96-73 Моб. тел. (916) 908-73-13 E-mail: emitpb@mail.ru
Генеральный директор: БАРАНОВ Иван Митрофанович

ПНО ПРОМАВТОМАТИКА



**Газовые горелки
для кирпичных заводов
в комплекте с автоматикой
и арматурой
«ПОД КЛЮЧ»**



**Наш адрес: Россия, Москва, 117105, ул. Нагатинская, д. 3Б, офис 416
Тел./факс: +7 (499) 611-00-62, +7 (499) 611-04-31, Тел.: +7 (910) 406-83-72
Internet: www.promautomatika.ru
E-mail: mail@promautomatika.ru**

Реклама

Я выбираю

жаско

400078 Волгоград, пр. Ленина, 67/1.
Тел.: (8442) 73-03-79, 73-06-06,
50-66-40, 50-66-36
www.jasko.ru e-mail: jasko@jasko.ru

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

• МЕШКОЗАШИВОЧНЫЕ МАШИНЫ

- ✓ с ленточным транспортером
- ✓ портативные

• ДОЗАТОРЫ

- ✓ для учета и дозирования
- ✓ для фасования в открытые мешки
- ✓ для фасования в клапанные мешки
- ✓ наполнители БИГ-БЭГов
- ✓ смесители

• ПАРОГЕНЕРАТОРЫ

- ✓ электродные
- ✓ тэновые
- ✓ газовые и дизтопливные

• ГРАДИРНИ

• МЕЖОПЕРАЦИОННЫЙ ТРАНСПОРТ

- ✓ шнековые транспортеры
- ✓ комплекс для разгрузки вагонов-хопперов
- ✓ загрузчики
- ✓ нории

• СУШИЛКИ

- ✓ барабанные
- ✓ с кипящим слоем
- ✓ ленточные
- ✓ вибрационные конвективные

ПРОИЗВОДСТВО И ПОСТАВКА: 16 ЛЕТ НА РЫНКЕ!

Реклама

А.Ф. БУРЬЯНОВ, канд. техн. наук, ОАО «ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова»
(п. Красково Московской обл.)

Эффективные гипсовые материалы для устройства межкомнатных перегородок

Государственная политика развития промышленности строительных материалов в новых экономических условиях состоит в том, чтобы обеспечить потребность капитального строительства, и прежде всего жилищного, в эффективных, качественных, экологически безопасных, современных по дизайну видах строительных материалов и изделий. При этом производство строительных материалов и изделий на средне- и долгосрочный периоды для жилищного строительства должно базироваться на современных принципах жилищной политики, учитывающих как развитие рыночных отношений, так и обеспечение социальной защиты граждан с невысокими доходами.

Для современного строительства, особенно для архитектурно-строительных систем в малоэтажном строительстве, характерна тенденция роста доли применения экологически безопасных строительных материалов и изделий. При этом они должны обеспечивать:

- снижение массы возводимых зданий;
- энергосбережение при эксплуатации зданий;
- комплексную безопасность;
- комфортность жилья;
- снижение его стоимости [1].

Отечественная и зарубежная практика свидетельствует, что гипс и материалы на его основе по праву принадлежат к числу эффективных строительных материалов.

Следует подчеркнуть, что применение гипсовых материалов позволит не только снизить дефицит стеновых и перегородочных изделий в жилищном строительстве, но и обеспечить сокращение сроков возведения зданий примерно в два раза; снизить массу возводимых зданий (по сравнению с кирпичом или бетонными изделиями); сэкономить транспортные расходы на их перевозку.

При строительстве жилья для межкомнатных перегородок можно использовать гипсовые перегородочные плиты, гипсолитовые плиты, гипсокартонные листы, кирпич, блоки из ячеистого бетона.

В современном строительстве при планировке помещений повсе-

местно используются индивидуальные проекты. При этом квартиры часто сдаются без отделки и внутренних перегородок, и будущие жильцы проектируют квартиру под свои потребности и финансы. При выборе материала для перегородок даже у профессиональных строителей возникают проблемы.

Основные требования к перегородкам:

- материал должен хорошо обрабатываться;
- при прокладке электропроводки и других коммуникаций не должно возникать проблем из-за высокой прочности материала;
- должны быть достаточно прочными для крепления к ним пола, бытовой техники и др.;
- должны обеспечивать хорошую звукоизоляцию между комнатами;
- в ваннных и туалетных комнатах должны быть влагостойкими;
- должны легко монтироваться.

Рассмотрим в связи с этими требованиями основные материалы для устройства межкомнатных перегородок. При использовании кирпича требуются высококвалифицированные каменщики, так как нельзя допустить кривизны кладки. Перегородки из кирпича отличаются

высокой стоимостью, они требуют обязательного оштукатуривания, но обеспечивают высокую прочность, звукоизоляцию и влагостойкость.

Вибропрессованные блоки отличаются большими по сравнению с кирпичом размерами. Более просты в кладке, так как имеют пазы и обеспечивают достаточную точность кладки. При использовании блоков с высоким качеством граней можно обойтись без оштукатуривания. Основные недостатки – большая масса и очень большая прочность, которые не позволяют легко обрабатывать материал и значительно усложняют прокладку электропроводки.

Перегородки из гипсокартонных листов в последнее время применяются очень широко. Достаточно просты в монтаже, но недостаточно прочны и могут сломаться от удара. Возникают определенные сложности с навешиванием мебели и оборудования. Применение перегородок из гипсокартонных листов оправданно при строительстве высотных зданий из-за их легкости и невысокой нагрузки на фундаменты.

Газобетонные блоки являются одним из популярных и широко применяемых материалов для возведения перегородок. Удовлетво-

Перегородочные изделия*	Толщина, см	Масса 1 м ² , кг	Удельные энергозатраты, кг топл. лива	Себестоимость перегородок, %
Гипсовые пазогребневые плиты	8	80	5,7	100
Гипсобетонные перегородочные панели	8	110	5,1	152
ГКЛ с минераловатным заполнением	10	35	9	195
Гипсовые экструзионные полосовые перегородочные панели	6	50	5,5	158
Керамический кирпич	12,5	210	17	189
Железобетонные панели	10	210	16	269
Силикатный кирпич	12,5	220	16	167
Плотный силикатный бетон	10	215	15	256
Мелкие блоки из ячеистого бетона	10	55	14,5	155

Примечание. * Используются данные отдела экономических исследований ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова

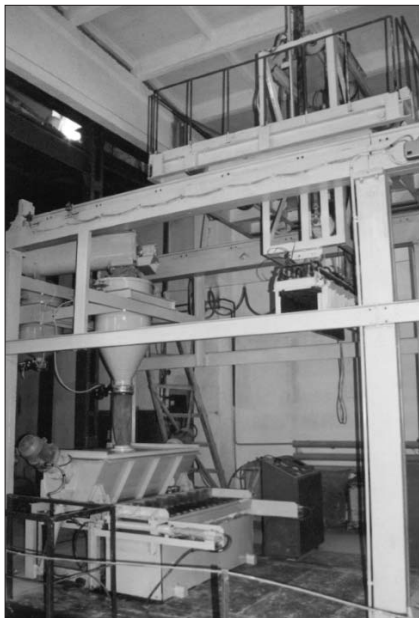


Рис. 1. Общий вид установки

ряют практически всем требованиям. Однако есть определенные проблемы с обеспечением звукоизоляции. Перегородка из блоков плотностью 500 кг/м^3 и толщиной 100 мм обеспечивает индекс изоляции воздушного шума 39 дБ, толщиной 150 мм — 41 дБ.

Перегородки из гипсовых пазогребневых плит очень популярны и широко применяются в строительстве. Они легко и быстро монтируются, имеют ровную и гладкую поверхность, не требующую дополнительного оштукатуривания. Не возникает никаких проблем при прокладке проводов. Плиты легко обрабатываются и при этом являются достаточно прочными.

Анализ и оценка свойств перегородок из различных материалов показали, что по гигиеничности, огнестойкости, эксплуатационным свойствам, стоимости и удельным энергозатратам наиболее оптимальные показатели имеют перегородки из гипса — одного из древнейших строительных материалов.

Технико-экономические данные производства и применения различных видов перегородочных изделий (см. таблицу) свидетельствует о том, что производство гипсовых перегородок требует удельных энергозатрат в 2–5 раз меньше, чем производство перегородок из кирпича и бетона, а из выпускаемых промышленностью гипсовых перегородочных изделий наиболее эффективны гипсобетонные прокатные панели и перегородочные плиты.

Учитывая тот факт, что в нашей стране ежегодно возводится около 50 млн м^2 перегородок из негипсовых материалов, можно сделать вывод, что повсеместное внедрение

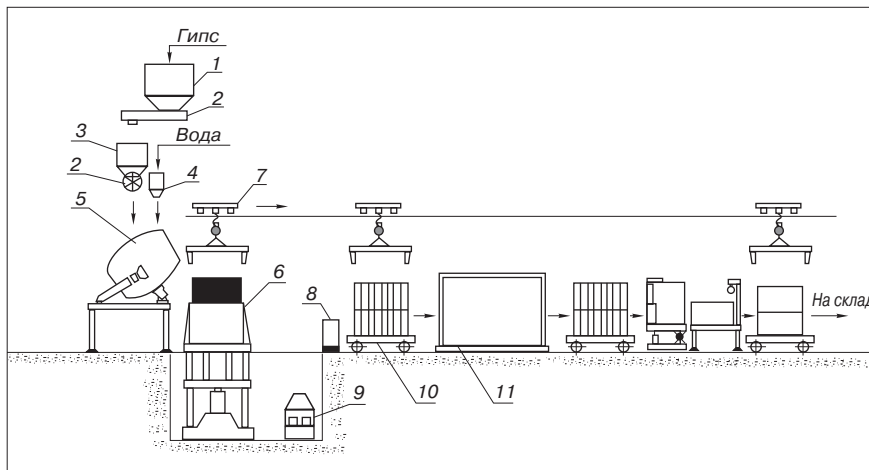


Рис. 2. Технологическая схема производства пазогребневых плит: 1 — силос для хранения гипса; 2 — заслонка; 3, 4 — весовой дозатор; 5 — мешалка; 6 — кассеты формовочной машины; 7 — съемник-манипулятор; 8 — пульт управления; 9 — гидростанция для привода гидроцилиндров; 10 — вагонетка; 11 — камера выдержки изделий

гипсовых перегородочных изделий даст возможность экономить значительные количества топливно-энергетических ресурсов.

В последние годы отрасль производства гипсовых изделий переходит на выпуск перегородочных плит пазогребневой конструкции. Основным отличием плит указанной конструкции является высокая точность изготовления и наличие монтажного соединения типа паз—гребень, что позволяет вести монтаж перегородок силами рабочих низкой квалификации. Применение таких плит дает возможность сократить сроки строительства и исключить трудоемкие работы по оштукатуриванию стен.

На большинстве заводов России для изготовления таких плит используют формовочные машины производства Франции, Германии и Италии.

ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова в последние годы совместно с другими организациями и предприятиями разработал, освоил и внедрил на ряде предприятий технологию и формовочный комплекс для производства гипсовых плит размерами $600 \times 300 \times 80$ мм и $600 \times 300 \times 100$ мм (по ГОСТ 6428–83, высшая категория качества) производительностью соответственно 120 и 90 тыс. м^2 в год при трехсменной работе.

Первая технологическая линия (рис. 1) была поставлена на Самарский гипсовый комбинат. Выбор предприятия для внедрения первой отечественной линии не случаен. Комбинат имеет современное производство гипсового вяжущего и, что особенно важно для первого внедрения, высококвалифицированный персонал. В настоящее время на Самарском гипсовом комбинате работают две линии по выпуску плит и две готовятся к пуску.

Технология изготовления пазогребневых плит (рис. 2) в общем случае включает приготовление гипсового раствора литьевой консистенции (расплав по прибору Суттарда 200–300 мм) в смесителе периодического действия, заливку в жесткую формовочную кассету с определенным количеством отсеков и подвижным днищем. С началом схватывания смеси при необходимости оформляют верхний гребень плит (при формировании пазом вниз), а в случае формирования плит гребнем вниз верхний торцевой паз формируется за счет планки-пуансона.

Исходные компоненты (гипсовое вяжущее и вода) подаются в весовые дозаторы (3, 4), где автоматически с помощью прибора весового терминала и тензометрических датчиков отвешиваются заданные порции гипсового вяжущего и воды. По мере готовности компонентов и по команде с пульта управления (8) отмеренная доза воды через специальную перфорированную трубу подается в мешалку (5), снабженную двумя двухлопастными смесителями. Затем туда же подается из весового дозатора отмеренная доза гипсового вяжущего. Для обеспечения

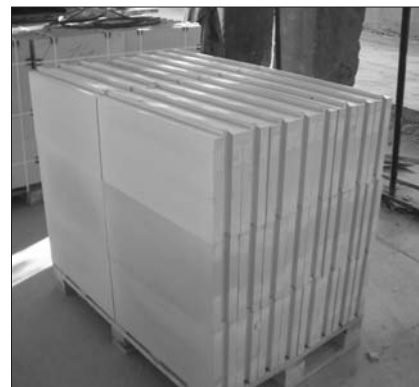


Рис. 3. Отформованные пазогребневые плиты на поддоне

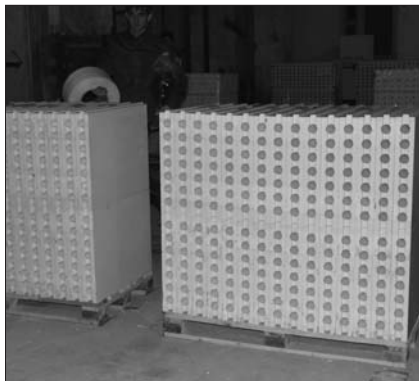


Рис. 4. Пазогребневые плиты с пустотами для снижения массы конструкции

требуемых показателей по растекаемости раствора и срокам схватывания в технологии предусматривается использование пластифицирующих добавок и ускорителей схватывания гипса. В качестве пластифицирующей добавки используется суперпластификатор Melment F15. Для ускорения сроков схватывания гипсового вяжущего используются отходы вторичного гипса после формовки.

После перемешивания гипсовой смеси мешалка (5) с помощью двух гидроцилиндров опрокидывается и выливается в ячейки кассеты формовочной машины (6). Мешалка с помощью тех же цилиндров возвращается в исходное положение, а загрузочные шиберы (заслонки) весовых дозаторов по команде оператора открываются для набора следующих доз гипсового вяжущего и воды.

Затем по мере твердения гипсовой смеси включается механизм гребнеобразователя.

После оформления гребня производится выталкивание изделий из ячеек формы. Выталкивание осуществляется подвижными днищами ячеек кассеты, закрепленными к толкателям, установленным на подвижной траверсе. Затем небольшой съемник-манипулятор (7) с помощью специального захватного устройства снимает отформованные изделия, переносит и устанавливает их на вагонетку (10).

После возврата подвижных днищ в исходное положение и смазки кассета подготовлена к следующему циклу формования. Все операции процесса формования изделий, съема и укладки на сушильную вагонетку могут осуществляться как в ручном, так и в автоматическом режиме.

Отформованные и уложенные на поддон плиты представлены на рис. 3.

В зависимости от свойств и области применения перегородочные плиты подразделяются на обычные и влагостойкие. Обычные плиты



Рис. 5. Монтаж перегородки из пазогребневых блоков: а – начало; б – окончание

применяют в помещениях с сухим и нормальным влажностными режимами. Влагостойкие плиты – в помещениях с высокой влажностью (по СНиП II-3-79). При изготовлении влагостойких (гидрофобизированных) плит в их массу при формовании вводятся силиконовые добавки, уменьшающие водопоглощение. Они имеют отличительную зеленую окраску.

Гипсовые пазогребневые плиты и конструкции на их основе обладают способностью поддерживать оптимальную влажность воздуха в помещении за счет поглощения излишней влаги, а при недостатке – выделения ее в окружающую среду. Пазогребневые плиты, применяющиеся для создания межкомнатных перегородок, изготавливаются из гипсового вяжущего без применения вредных добавок и поэтому являются абсолютно экологически безопасными изделиями. По кислотности и пародиффузионной сопротивляемости изделия из гипса близки к человеческой коже.

С целью снижения массы перегородок возможен выпуск пустотных плит размерами 667×500×80 мм. На рис. 4 представлены пустотные плиты производства Волгоградского гипсового завода на оборудовании французской фирмы «Альфа-Платр».

Согласно СП 55-103-2004 «Конструкция с применением гипсовых пазогребневых плит», разработанному ЦНИИпромзданий, используя гипсовые перегородочные плиты можно выполнить внутреннюю облицовку наружных стен и различные типы перегородок. Устройство перегородок из гипсовых плит производится после того, как окончены работы по монтажу несущих и ограждающих конструкций здания. В качестве монтажного клея при возведении перегородки используется любая сухая гипсовая кладочная смесь (клей).

Электропроводка и трубные разводки утапливаются в бороздах, выполняемых ручным или электроин-



струментом. Плиты просты в монтаже. Пазогребневая конструкция стыков обеспечивает быструю и прочную сборку. Начальный и завершающий этапы монтажа перегородки представлены на рис. 5.

Таким образом, при выборе материалов для устройства межкомнатных перегородок нужно помнить о таких преимуществах применения гипсовых перегородочных плит:

- легко монтируются методом склеивания;
- высокая производительность устройства перегородок без специального оборудования, один человек выполняет от 20 до 30 м² в смену;
- не требуется оштукатуривания;
- перегородка сразу после возведения готова к оклейке обоями или малярным работам;
- пазогребневые плиты можно пилить, гвоздить, строгать, фрезеровать;
- экономия полезной площади за счет более тонкой (по сравнению с кирпичом), но ровной поверхности;
- у перегородок из пазогребневых плит хорошая звукоизоляция (индекс звукоизоляции от воздушного шума не ниже 41 дБ);
- колебания температуры и влажности не вызывают в плитах никаких деформационных изменений;
- перегородки из гипсовых плит могут применяться в зданиях любого класса конструктивной пожарной опасности.

Применение на строительных объектах гипсовых перегородочных плит позволяет значительно сократить сроки строительства и значительно снизить его стоимость.

Литература

1. Ферронская А.В. Гипс – вчера, сегодня и завтра // Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий. Тез. докладов III Всероссийского семинара. 28–30 сентября 2006 г. Тула. 2006. С. 27–34.

TajikBuild 

18-20 сентября 2008

КОХИ БОРБАД
ДУШАНБЕ, ТАДЖИКИСТАН

5-я ЮБИЛЕЙНАЯ ТАДЖИКСКАЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

СТРОИТЕЛЬСТВО

2008

www.caspianworld.com



Iteca Osiyo

пр. Рудаки, 70, # 6, Душанбе, 734001, Таджикистан
Тел.: +(992 37) 227 75 85, 221 64 20; факс: +(992 37) 227 78 81
E-mail: tajikbuild@iteca-osiyo.tj

ДЕСЯТАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА



ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ 2009

28 - 31 ЯНВАРЯ

МОСКВА

ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»



ОРГАНИЗАТОРЫ:



Правительство Москвы (Комплекс архитектуры, строительства, развития и реконструкции города)



ЕВРОЭКСПО

ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ СПОНСОР:



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР:



ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА:



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР:



WWW.OSMEXPO.RU

А.П. ПУСТОВГАР, канд. техн. наук, А.В. ГАГУЛАЕВ, инженер,
Московский государственный строительный университет

Теплофизические характеристики ограждающих конструкций из модифицированного гипсопоробетона

В современном строительстве растет спрос на экономически и энергетически эффективное строительство. Большое внимание при выборе жилья уделяется микроклимату помещений и экологической чистоте строительных материалов. Популярность гипсовых вяжущих возросла и в связи с принятием во многих странах мира ограничений по выбросам в атмосферу CO₂, так как при производстве гипсовых вяжущих выбросы CO₂ до 10 раз меньше, чем при производстве цемента.

Понимание того, что строительные материалы на основе гипсовых вяжущих по многим показателям превосходят традиционные материалы на основе портландцемента, существенно образом увеличило потребление данных материалов в различных областях строительства. Высокая, а главное, регулируемая скорость набора прочности материалов на основе гипсовых вяжущих позволяет в несколько раз сократить сроки возведения зданий, что достаточно ярко было продемонстрировано во время Великой Отечественной войны при строительстве объектов промышленного и гражданского назначения. Многие из них до настоящего времени успешно эксплуатируются на территории России и бывших республик СССР, показывая надежность и долговечность материалов на основе гипсовых вяжущих [1].

Современные разработки в области водостойких гипсовых вяжущих позволили создать эффективный материал для наружных ограждающих конструкций — гипсопоробетон [2]. Многочисленные лабораторные исследования тепло-

технических характеристик позволили установить коэффициенты теплопроводности гипсопоробетона в зависимости от его плотности. На рис. 1 приведены зависимости коэффициентов теплопроводности гипсопоробетона и пенобетона на основе портландцемента от средней плотности. Коэффициент теплопроводности определялся по ГОСТ 7076–99, контроль средней плотности осуществлялся по ГОСТ 27005–86, данные для пенобетона на основе портландцемента взяты из [3]. Как видно из графиков, гипсопоробетон имеет лучшие показатели коэффициента теплопроводности в сухом состоянии. Средние коэффициенты теплопроводности гипсопоробетона во влажном состоянии и сухом состоянии приведены на рис. 2. Коэффициент теплопроводности гипсопоробетона средней плотности 500 кг/м³ в сухом состоянии составил 0,09 Вт/(м·°С), а при влажности гипсопоробетона 15% коэффициент теплопроводности повысился до 0,11 Вт/(м·°С). Для оценки возможных пределов увлажнения конструкций из гипсопоробетона во время эксплуатации была определена сорбционная влажность при различной влажности окружающей воздуха. Исследования проводились по методике, изложенной в ГОСТ 12852.6–77, результаты приведены на рис. 3.

Как видно из результатов исследований, сорбционная влажность гипсопоробетона при эксплуатации в условиях 100% влажности может достигать 25%. Неучтенные изменения теплофизических характеристик гипсопоробетона во влажном состоянии,

как правило, приводят к нарушению нормальных условий эксплуатации наружных ограждающих конструкций и, как следствие, к возникновению очагов образования конденсата и промерзанию стеновых конструкций в местах угловых сопряжений.

В августе 2004 г. в г. Королеве (Московская обл.) для проведения натурных исследований было построено одноэтажное здание административного назначения с несущими наружными стенами из гипсопоробетона (рис. 4). Для изготовления наружных стен толщиной 350 мм использовался монолитный гипсопоробетон класса В1 со средней плотностью в воздушно-сухом состоянии 500 кг/м³ следующего состава из расчета на 1 м³ гипсопоробетона:

Гипсовое вяжущее Г-5	.....	350 кг
по ГОСТ 125–79**	.....	350 кг
Модификатор гипса МГ-2	.....	70 кг
Пенообразователь	.....	1 кг
Вода	.....	210 кг

Возведение здания осуществлялось с использованием пластиковой сборно-разборной модульной опалубки. Укладка гипсопоробетона производилась поярусно (рис. 5). Через 1 ч после окончания бетонирования первого яруса и перестановки опалубки выполнялось бетонирование второго яруса (рис. 6). Приготовление и укладка гипсопоробетонной смеси производились при помощи эжекторной бароустановки. Перед укладкой гипсопоробетона в опалубку осуществлялся контроль его плотности.

Внутренняя отделка здания выполнялась гипсовыми штукатурными составами с последующим нане-

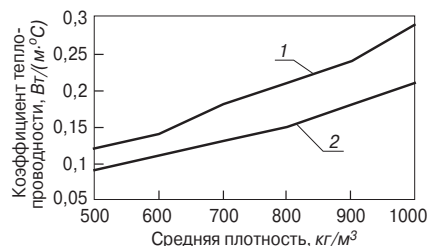


Рис. 1. Зависимость коэффициента теплопроводности пенобетона на основе портландцемента (1) и гипсопоробетона (2) от средней плотности

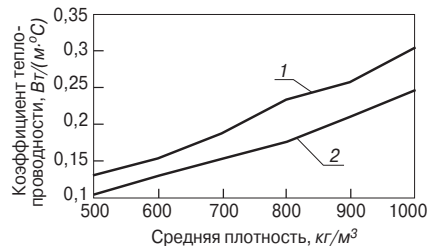


Рис. 2. Значение коэффициента теплопроводности гипсопоробетона с различной средней плотностью в воздушно-сухом (1) и влажном (2) состояниях

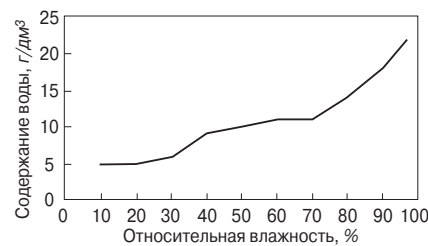


Рис. 3. Равновесная влажность гипсопоробетона



Рис. 4. Одноэтажное здание административного назначения



Рис. 5. Установка сборно-разборной модульной опалубки первого яруса (а); второго яруса (б)

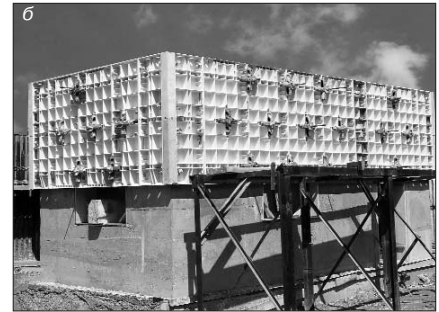


Рис. 6. Укладка гипсопоробетона в сборно-разборную модульную опалубку второго яруса

сением водно-дисперсионной краски. Снаружи здание оштукатуривалось составом на основе гипсового вяжущего с модификатором гипса МГ-2 и окрашивалось фасадной водно-дисперсионной краской. Толщина наружного штукатурного слоя составляет 5–10 мм. Следует отметить повышенное содержание влаги в наружных ограждающих конструкциях из гипсопоробетона в первые два месяца после возведения, что связано с высоким значением водотвердого отношения в гипсопоробетоне. Очевидно также, что первоначальная влажность существенно образом зависит от целого ряда факторов, определяемых конкретными технологическими и погодными условиями при твердении гипсопоробетона.

Натурные теплотехнические исследования проводились с января 2005-го по июнь 2008 г. Для оценки теплотехнических свойств ограждающих конструкций из гипсопоробе-

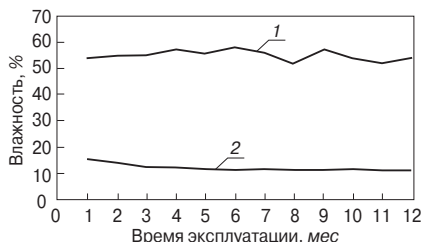


Рис. 7. Колебания влажности в начальный период эксплуатации (январь–декабрь 2005 г.): 1 – внутри помещения; 2 – ограждающих конструкций

тона производился контроль влажности и коэффициента теплопроводности ограждающих конструкций, параллельно осуществлялся контроль влажности и температуры внутри здания. Результаты исследований приведены на рис. 7, 8. Коэффициент теплопроводности определялся по ГОСТ 30256–94, влажность по ГОСТ 8.621–2006. В результате можно отметить достаточно стабильную во времени влажность ограждающих конструкций и влажность внутри здания, несмотря на сезонные изменения влажности наружного воздуха. Вероятно, это связано с хорошей паропроницаемостью ограждающих конструкций и способностью гипсопоробетона регулировать влажность внутри помещения.

Следует отметить, что полученные результаты хорошо согласуются с результатами лабораторных исследований. На протяжении всего периода натурных исследований на внутренней поверхности угловых сопряжений не наблюдалось образования конденсата, фактическое сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций здания составило $3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$; не выявлено на наружных ограждающих конструкциях участков промерзания. В течение первого года наблюдений на поверхности ограждающих конструкций по фасаду здания обнаружено образование волосяных трещин глубиной 10–20 мм в углах оконных и дверного проемов. Причиной образования трещин могут быть температурные напряжения в углах оконных проемов, возникающие за счет неравномерного отвода тепла и высыхания ограждающих конструкций,

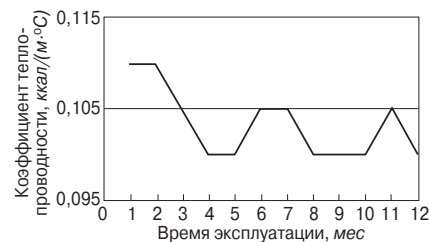


Рис. 8. Изменение коэффициента теплопроводности ограждающих конструкций в начальный период эксплуатации (январь–декабрь 2005 г.)

когда наружные слои более интенсивно теряют влагу по сравнению со средней частью. После армирования данных узлов штукатурной сеткой из стекловолокна образования трещин не наблюдалось. Для исключения вероятности образования трещин в углах оконных и дверных проемов следует на стадии производства штукатурных работ производить установку арматурных сеток.

В настоящее время в мире наблюдается интерес к строительству из материалов на основе гипсовых вяжущих, что обусловлено стремлением жить в помещениях с комфортным микроклиматом и экологической привлекательностью гипсовых вяжущих.

За последнее время разработаны современные технологии повышения водостойкости и прочности гипсовых вяжущих. На их основе разработаны материалы с высокими эксплуатационными свойствами, которые успешно проходят лабораторные испытания, разработаны рекомендации по проектированию и строительству из гипсопоробетона и осуществляется подготовка специалистов. Однако для того чтобы гипсопоробетон прочно вошел в арсенал строителей как доступный, надежный, экономичный материал, необходимо на примерах возведения конкретных зданий и сооружений показывать его эффективность и надежность.

Список литературы

1. Пустовгар А.П., Опыт применения гипсовых вяжущих при возведении зданий // Строит. материалы. 2008. №4. С. 8–9.
2. Пустовгар А.П., Костиков М.А., Гагулаев А.В., Ганиев С.Р. Эффективные ограждающие конструкции зданий из поробетона на основе водостойких гипсовых вяжущих // Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий. Тез. докладов III Всероссийского семинара. 28–30 сентября 2006 г. Тула. 2006. С. 27–34.
3. Портник А.А., Савиных А.В. Все о пенобетоне // СПб, 2004. С. 32.

настоящая
ХИМИЯ
будущего



ЕвроХим-1

Полный спектр добавок для сухих строительных смесей

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

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

SAMSUNG
SAMSUNG FINE CHEMICAL

construction polymers

lamberti spa
chemical specialties

FAR

CFF

Montefibre

РЕКЛАМА

Развитие производства силикатного кирпича в России

3 декабря 2008 г. Москва

Тематика конференции:

- Состояние и пути развития производства силикатных материалов
- Совершенствование производства силикатного кирпича
- Сырьевые материалы и технологии их подготовки
- Новые технические решения в технологии производства извести
- Диверсификация заводов силикатного кирпича
- Применение силикатного кирпича в строительстве






К проведению конференции готовится тематический номер журнала «Строительные материалы» №11-2008.

Организаторы конференции: журнал «Строительные материалы»®, ЗАО «Корпорация стройматериалов», РНТО Строителей

Генеральный спонсор конференции: Masa-Henke Maschinenfabrik GmbH 

Для участия в семинаре необходимо получить договор-заявку

Менеджер проекта – Горегляд Светлана Юрьевна
Телефон/факс: (495) 976-22-08, 976-20-36
Тел.: (926) 833-48-13, (916) 123-98-29

E-mail: mail@rifsm.ru, http://www.rifsm.ru
Адрес для корреспонденции:
117997, Москва, ул. Кржижановского, д.13

РОССИЯ
НТО
СТРОИТЕЛИ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ТЕХНОНИКОЛЬ®

негорючая изоляция

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ

2 в 1

суперпрочный слой



основной слой

ЭФФЕКТИВНОЕ УТЕПЛЕНИЕ + ЭКОНОМИЧНОСТЬ

Преимущества применения плит:

- Монтаж одного слоя теплоизоляции вместо двух
- Сокращение трудозатрат вдвое
- Сокращение сроков монтажа в среднем на 10-15%
- Снижение стоимости монтажа на 15-25%
- Экономия на стоимости утеплителя



ТЕХНОФАС ДВОЙНОЙ

для штукатурных фасадов:
облегчение монтажа



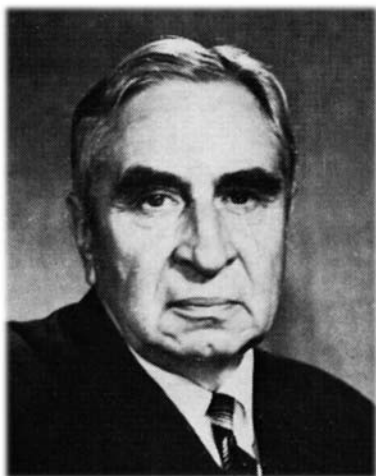
ТЕХНОВЕНТ ДВОЙНОЙ

для вентилируемых фасадов:
ветрозащита не нужна



ТЕХНОРУФ ДВОЙНОЙ

для плоских кровель:
увеличение жесткости
«мягких» кровель



Слово об учителе

В 2008 г. исполняется 110 лет со дня рождения Василия Александровича Воробьева, доктора технических наук, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР – одного из выдающихся отечественных ученых в области органических строительных материалов и пластических масс.

Родился Василий Александрович в Москве, в семье профессионального строителя, что предопределило его дальнейшую судьбу. После окончания реального училища он поступил на химико-технологический факультет Московского высшего технического училища, которое успешно закончил в 1922 г.

Несколько лет В.А. Воробьев занимался практической деятельностью, а с 1929 г. возглавил лабораторию битуминозных строительных материалов во вновь созданном Всесоюзном институте строительных материалов. Примерно с этого же периода начинается педагогическая деятельность Василия Александровича, а в 1932 г. выходит его первый учебник для вузов «Битуминозные кровельные материалы».

Промышленность битуминозных кровельных материалов в Советском Союзе начала развиваться как самостоятельная отрасль только в 20-е гг. прошлого столетия и сразу же привлекла к себе внимание широкого круга лиц, как работающих непосредственно на производстве этих материалов, так и строителей, являющихся их потребителями. Роль В.А. Воробьева, тогда еще инженера, в создании науки и технологии производства битуминозных кровельных материалов, в обобщении литературных данных и их популяризации трудно переоценить. В 1935 г. по инициативе ЦСБ (Центральной строительной библиотеки) была издана аннотированная библиография русской и иностранной литературы «Битуминозные кровельные и гидроизоляционные материалы» (М.: Ред. жур-ла «Наше Строительство» изд. «Экономическая Жизнь», 1935. 76 с.). Во введении к этому изданию отмечалось, что развитие промышленности привело к росту потребности литературы по этой теме. В основу указателя положена картотека, составленная инженером В.А. Воробьевым, редактировали выпуск проф. Р.М. Михайлов, инженеры В.А. Быховский и А.Н. Лебедев. Указатель включал русскую и иностранную, книжную и журнальную литературу послевоенных лет (1918–1934 гг.), сгруппированную в 17 разделов, относящихся к разным этапам производства рубероида и толя, включая сырье. Каждый иностранный источник имел перевод названия на русский язык и краткую аннотацию содержания. Несомненно, издание такого указателя имело большую пользу для специалистов.

В годы становления промышленности строительных материалов В.А. Воробьев является одним из научных лидеров новой отрасли. Более десятка книг и большое количество научных статей – вот результаты его исследований в этот период. В 1941 г. Василий Александрович успешно защищает докторскую диссертацию.

С этого времени он окончательно связывает свою жизнь с воспитанием нового поколения строителей-материаловедов: работает профессором, заведующим кафедрой в московских строительных вузах, в том числе в Московском институте инженеров городского строительства Мосгорисполкома, где в течение одиннадцати лет является заместителем директора по научной работе.

С 1959 по 1974 гг. В. А. Воробьев заведует вновь организованной в Московском инженерно-строительном институте кафедрой органических строительных материалов и пластмасс. Василий Александрович – один из основателей специализации по технологии полимерных строительных материалов в Советском Союзе, первый автор учебников для этой специальности. Его учебники «Технология строительных материалов и изделий на основе пластических масс» (1974 г.), «Технология полимеров» (совместно с Р.А. Андрияновым, 1970 г.), «Строительные материалы», лабораторные практикумы и ряд учебных пособий по строительному материаловедению и пластическим массам неоднократно переиздавались и на протяжении десятилетий являлись настольными книгами нескольких поколений строителей. Во многом они не утратили своей актуальности до настоящего времени и были переведены на английский, французский и др. языки.

Следует заметить, что В.А. Воробьев писал учебники не только для студентов высшей школы, но и для подготовки техников и рабочих строительных специальностей. Его учебник «Материаловедение для каменщиков-монтажников и арматурщиков-бетонщиков» (М.: Высшая школа, 1967. 335 с.), написанный совместно с В.С. Колокольниковым, не утратил актуальности и в настоящее время.

Профессор В.А. Воробьев широко известен как крупный ученый, популяризатор строительной науки, основатель научной школы по полимерным строительным материалам. Им опубликовано около 70 (с переизданием) монографий, учебников и учебных пособий для вузов, техникумов, училищ, популярных брошюр. Подготовлено несколько десятков кандидатов и докторов технических наук. На протяжении многих лет он являлся членом многих научно-технических советов и редакций журналов Госстроя СССР, Минпромстройматериалов СССР, Минвуза СССР, Стройиздата, журнала «Строительные материалы»® и др., около 25 лет работал в Высшей аттестационной комиссии СССР, возглавляя экспертную комиссию по строительству.

Василий Александрович был весьма активным и организованным человеком, каждый рабочий день он планировал очень четко и достаточно плотно, рас-

писывая все дела в клеточки по 15 мин. Поэтому он многое успел сделать в жизни и добиться высот в деле, которому посвятил всю долгую жизнь. В то время материальные и моральные стимулы в области строительства и архитектуры были очень высоки. Свой организаторский опыт он передавал нам, своим ученикам.

Следует особо отметить человеческие качества Василия Александровича Воробьева: ровный и взвешенный характер, доброжелательность, уважительное отношение и внимательность ко всем без исключения собеседникам — знакомым и незнакомым людям, любовь к литературе и творчеству, поддержка в трудную минуту. Все это было в крови и в душе Василия Александровича, этим он отличался от других педагогов и руководителей. С каким восторгом он отзывался о своих коллегах по работе и по участию в экспертизе докторских и кандидатских диссертаций, его восхищала способность многих самоотверженно трудиться на благо страны. К таким людям он проявлял уважение и признательность. Среди них можно отметить А.Н. Комаровского — заместителя министра обороны СССР по строительству, профессоров В.С. Горшкова, А.В. Волженского, Н.А. Мошанского, В.М. Москвина и др. Мне вспоминается один из таких случаев проявления его участия, когда я перед защитой кандидатской диссертации должен был сдавать документы ученому секретарю совета, отличавшемуся особой вездливостью и высокомерием к посетителям. Василий Александрович сам пошел со мной на шестой этаж и проконтролировал прием всех документов.

При общей доброжелательности и уважении ко всем В.А. Воробьев отличался высокой требовательностью к себе и окружающим его сотрудникам. Так, мне пришлось быть свидетелем, когда на протяжении большого периода времени Василий Александрович не давал «добро» на представление докторской диссертации одному из доцентов кафедры, загружая его при этом различными поездками и руководством практикой студентов. На мой вопрос, почему он так неблагоприятно к данному преподавателю, получен был интересный ответ, что доктором наук, профессором должен быть человек, не только достигший определенного уровня в профессиональных знаниях и научной карьере, но и отличающийся высокими моральными и этическими принципами. Этот урок профессора Воробьева я запомнил на всю жизнь и следую ему в отношениях со своими учениками и коллегами.

Василий Александрович всегда был улыбчив и в хорошем настроении, не сетовал на возраст и постоянно строил жизненные и творческие планы. Ему была

свойственна интеллигентность, которой так недостает сейчас не только студентам, но, к сожалению, и преподавателям. Он обладал исключительным даром общения, был интересным собеседником, встречи с ним доставляли огромное удовольствие. Многообразны были его интересы: он любил природу, охоту и рыбалку и был в этом признанный знаток. Особенно его увлекала рыбная ловля со спиннингом. В этом ему не было равных, так как он не просто ловил рыбу, а фиксировал все забросы и подвел под этот процесс теорию больших чисел. Об этом он написал ряд статей и интересных наблюдений.

Василий Александрович увлекался теннисом, нумизматикой, филателией, водил машину, собирал книги. Его библиотека насчитывала тысячи томов, а экслибрис профессора Воробьева символизировал симбиоз прозы, поэзии, технической литературы в области строительства и материаловедения, изданий о спорте, туризме, охоте, рыбалке и природе.

Будучи обеспеченным человеком, он много путешествовал, модно одевался, оказывал материальную помощь родным и близким, любил принимать гостей, отмечая всевозможные праздники. В его доме можно было встретить известных деятелей культуры и науки. Супруга Василия Александровича — Мария Георгиевна очень любила стихи и цитировала на память целые поэмы. Они любили находиться среди молодежи, студентов, аспирантов и сотрудников; всегда были хлебосольны и гостеприимны. Свои гонорары за книги и учебники Василий Александрович тратил неординарно. Так, он оплатил материалы и работу по устройству более трех километров дороги от деревни, где находилась его дача, в районе Рузского водохранилища до шоссе. Дорогу выложили кирпичом «на ложок», и все были благодарны этому уникальному человеку за его дар.

В.А. Воробьев за свою деятельность был награжден четырьмя орденами и несколькими медалями. Он прожил честную, добрую, долгую жизнь (умер в возрасте 86 лет) и являлся образцом высочайшей культуры, интеллигентности и образованности, которая в сочетании с душевной широтой и доброжелательностью создала ему авторитет уникального специалиста, доброго человека и наставника, мудрого педагога и воспитателя.

Благодарная память о Василии Александровиче Воробьеве как о светлом человеке, замечательном педагоге и ученом всегда будет с нами, его учениками, коллегами и последователями.

*А.П. Пичугин,
д-р техн. наук, Новосибирск*



ТЕХНОЭЛАСТ® МАТЕРИАЛЫ КЛАССА ПРЕМИУМ

Материал рулонный кровельный битумно-полимерный наплавляемый Техноэласт ДЕКОР.



Техноэласт® — серия уникальных высоко-технологичных материалов для изоляции сооружений, разработанных исследовательским центром Корпорации ТехноНИКОЛЬ™ в соответствии с особенностями применения материала на каждом конкретном объекте.



Материал рулонный гидроизоляционный дренарующий наплавляемый битумно-полимерный Техноэласт ГЕО.



Материал рулонный звукоизоляционный прокладочный Техноэласт АКУСТИК-СУПЕР.

Корпорация ТехноНИКОЛЬ™ предлагает серию продуктов нового поколения. Благодаря функциональному разнообразию ассортиментного ряда Техноэласт® у вас есть возможность использовать материал, идеально подходящий именно вашему объекту и решающий именно ваши задачи. Качество и надёжность гарантируем!

**ТЕХНО
НИКОЛЬ**

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ
СИСТЕМЫ**

www.tn.ru
8 800 200 05 65
техническая поддержка

В.Г. ГАГАРИН, д-р техн. наук, профессор (Москва)

Экономический анализ повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий

Неизбежность повышения цен на тепловую и электрическую энергию в ближайшие годы очевидна. В связи с этим возрастает роль экономического обоснования целесообразной теплозащиты ограждающих конструкций зданий.

До настоящего времени призывы повышения уровня теплозащиты зданий с целью экономии энергетических ресурсов носят в основном декларативный характер и крайне не убедительны. Преобладают эмоциональные доводы, приводятся случайные данные из зарубежных источников без анализа правомерности их сопоставления с аналогичными российскими данными. Эти «аргументы» перепечатываются из публикации в публикацию. Первоисточник некоторых данных уже невозможно установить. Например, никто с уверенностью не может ответить, на какие источники опирается расхожее мнение, что в нашей стране на отопление зданий приходится до 40% потребляемых энерго-ресурсов. В статистических ежегодниках эти данные отсутствуют.

Экономические расчеты, подтверждающие целесообразность повышения требований к теплозащите ограждающих конструкций *методом минимума приведенных затрат* [1 (Приложение Д)], содержат явные методические ошибки. Удивительно, что в течение многих лет эти ошибки «не замечены».

Наиболее распространенным аргументом в пользу повышения теплозащитных свойств ограждающих конструкций служит зарубежный опыт строительства зданий с применением эффективных теплоизоляционных материалов. Однако чтобы использовать зарубежный опыт в качестве возможного аналога в нашей стране, необходимо провести анализ, в ходе которого установить:

- сходные признаки строительства и эксплуатации зданий в нашей стране и за рубежом;
- существенность сходных признаков;
- разнородность существенных сходных признаков;
- признаки различия строительства и эксплуатации зданий в нашей стране и за рубежом;

– несущественность признаков различия;

– эффективность изучаемого опыта.

Анализа такого рода в отечественной научно-технической литературе не встречалось. И это несмотря на то что в стране продолжает действовать множество научно-исследовательских организаций экономического направления.

Одним из существенных признаков является подобие (сходство) условий окупаемости мероприятий по повышению теплозащиты зданий в нашей стране и за рубежом. Если такого подобия нет, то нельзя бездумно перенимать для России опыт зарубежных стран.

В настоящей публикации рассматриваются вопросы экономической целесообразности утепления ограждающих конструкций до уровня, превосходящего санитарно-гигиенические требования на основании изложенных ранее подходов [2, 3]. При этом часть данных, приведенных для иллюстрации тех или иных положений, относится к периоду написания [2].

Критика метода минимума приведенных затрат

При рассмотрении экономических аспектов повышения теплозащитных свойств ограждающих конструкций с целью энергосбережения традиционно исходили из следующей модели. Инвестор осуществляет единовременные вложения K на производство 1 м^2 ограждающей конструкции. Годовые затраты на компенсацию теплопотерь через 1 м^2 этой конструкции зависят от ее сопротивления теплопередаче и составляют величину \mathcal{E} . Суммарные затраты на строительство и эксплуатацию конструкции в течение T лет (приведенные затраты) составляют:

$$P = K + T \cdot \mathcal{E}. \quad (1)$$

Задача заключается в минимизации величины P .

На минимизации приведенных затрат основаны методы расчета «экономически целесообразного», или «оптимального», сопротивления теплопередаче ограждающих

конструкций, например подробно рассмотренные Л.Д. Богуславским в [4] и других его книгах. В этих методах величины K и \mathcal{E} выражаются в виде функций от сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, которое принимается в качестве независимой переменной. Затем находятся производная P по указанной переменной и значение термического сопротивления слоя теплоизоляции, при котором эта производная равна нулю. Соответствующее значение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции считается «экономически целесообразным» (рис. 1, а).

В настоящее время эти методы нельзя признать удовлетворительными. Прежде всего следует отметить, что они не учитывают качественных изменений ограждающей конструкции при изменении ее сопротивления теплопередаче в широком диапазоне. Следовательно, при непрерывном изменении R_0 между значениями 1 и $5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ функция K будет иметь разрывы, обусловленные изменением конструкции стены (при изменении проекта, парка форм, связей и других деталей конструкции и т. д.). При этом функция K , а следовательно, и P на рассматриваемом отрезке изменения R_0 не будут являться дифференцируемыми, то есть нельзя искать минимум функции P путем приравнивания ее производной к нулю. Этот факт отмечен практически в любом учебнике математики для технического вуза, например [5]. Иными словами «минимум», найденный таким образом, является локальным и не является действительным минимумом функции на рассматриваемом отрезке (рис. 1, б).

Другой недостаток рассматриваемых методов заключается в волюнтаристском выборе параметра T . До недавнего времени это был «нормативный срок окупаемости», равный 8, а затем 12 годам. В [1 (Приложение Д)] в соответствующей формуле вместо T используется «коэффициент учета эксплуатационных затрат с приведением (дисконтированием) затрат будущих лет к начальному периоду времени», который вычисляется с использованием

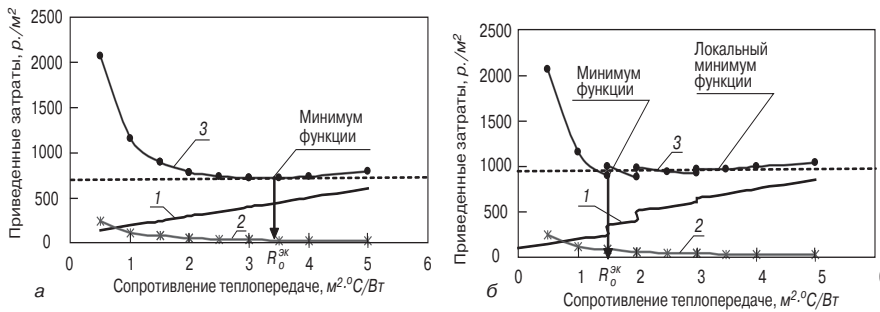


Рис. 1. Схема определения экономически целесообразного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции: а – идеализированное рассмотрение (неверное); б – неидеализированное рассмотрение (реальное); 1 – единовременные затраты; 2 – годовые затраты на отопление; 3 – приведенные затраты за срок окупаемости

двух параметров – «норматива приведения» E и «расчетного периода учета эксплуатационных затрат» n . Значение E принято равным 0,1 без всякого обоснования, а значение n принято равным 30 годам «согласно постановлению Правительства Москвы (№ 1036)». При таких значениях параметров коэффициент дисконтирования равен 9,5. Таким образом, этот коэффициент взят также волонтаристски, а сам расчет проведен как бы со сроком окупаемости, равным 9,5 годам. Кроме того, цена тепловой энергии в этих расчетах завышена в два-три раза относительно действующей.

Результаты таких расчетов нельзя признать научно обоснованными, поскольку они опираются на ошибочную математическую модель, а данные для расчетов основаны «постановлением Правительства Москвы (№ 1036)» и другими волевыми решениями.

Математическая модель условий окупаемости затрат на повышение теплозащиты ограждающих конструкций зданий

Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций не может быть принято меньше значения определенного из санитарно-гигиенических требований. Поэтому если имеется некоторый базовый (нулевой) вариант с минимальным допустимым сопротивлением теплопередаче R_0^0 , например с сопротивлением теплопередаче, не превышающим санитарно-гигиенические требования, то определяется разность приведенных затрат $\Delta\Pi$ других вариантов относительно базового варианта:

$$\Delta\Pi = (K_1 - K_0) - T \cdot (\mathcal{E}_0 - \mathcal{E}_1) = \Delta K - T \cdot \Delta \mathcal{E}, \quad (2)$$

где ΔK – единовременные затраты на дополнительное утепление конструкции; $\Delta \mathcal{E}$ – экономия средств на отопление, обусловленная дополнительным утеплением.

Если ограждающая конструкция обладает достаточной долговечностью, то дополнительные едино-

временные затраты окупаются при значении T_0 , определяемом из условия $\Delta\Pi = 0$ по формуле:

$$T_0 = \Delta K / \Delta \mathcal{E}. \quad (3)$$

Величина T_0 представляет собой период окупаемости. В рамках рассмотренной модели при отсутствии платы за кредит банка единовременные затраты на дополнительное утепление обязательно окупятся, хотя, возможно, в течение длительного срока (рис. 2).

Иная ситуация получается, если учитывать платежи за кредит банка (процентную ставку) по затратам на дополнительное утепление ограждающей конструкции. В этом случае можно приводить затраты будущих лет к начальному периоду времени (метод дисконтирования) или приводить единовременные затраты и эксплуатационные расходы к некоторому моменту в будущем (метод компаундинга) [6]. Оба метода дают одинаковый результат. Опыт показывает, что применение соответствующих формул, хорошо известных в экономике, является непонятным для инженеров, вследствие чего остаются непонятными и последующие выводы. Поэтому в данной статье вывод всех уравнений выполнен «с нуля», при этом результат получен тот же, что и при использовании указанных формул.

При дальнейшем рассмотрении предполагается:

1. Процентная ставка при заимствовании равна процентной ставке при инвестировании.
2. Лимит при получении кредита отсутствует.
3. Процентная ставка одинакова на всех субпериодах рассматриваемого периода в T лет.

Совокупность таких условий в теории инвестиционных расчетов называется «совершенный неограниченный рынок капитала при пологой кривой процента» [7]. Можно усложнять эти условия с целью приближения их к реальности, например учитывать изменение процентной став-

ки, но это усложнит схему рассуждений и вряд ли добавит точности. Кроме этих предположений в качестве денежной единицы принимается доллар США. Это сделано только для возможности проведения международных сопоставлений.

Как принято в западных странах, домовладелец для дополнительного утепления 1 м^2 ограждающей конструкции своего дома берет кредит в банке в сумме ΔK , дол. США/ м^2 , с фиксированной годовой процентной ставкой за кредит p , % в год. Для упрощения выкладок будем использовать величину p в долях единицы. Через T лет долг домовладельца банку составит

$$\Delta K(1+p)^T. \quad (4)$$

Однако за счет дополнительного утепления ограждающей конструкции снизятся теплотери через нее и, следовательно, домовладелец будет получать ежегодную прибыль за счет снижения стоимости отопления. На 1 м^2 ограждения в год это составит $\Delta \mathcal{E}$, дол. США/ $(\text{м}^2 \cdot \text{год})$. Полученную прибыль домовладелец возвращает банку в начале следующего года, то есть уменьшает кредит на величину $\Delta \mathcal{E}$. Это равносильно тому, что домовладелец делает накопительный вклад в банк в сумме $\Delta \mathcal{E}$ с той же фиксированной годовой процентной ставкой p . Такую операцию домовладелец проводит ежегодно. Через T лет накопительный вклад будет равен:

$$\Delta \mathcal{E}(1+p)^{T-1} + \Delta \mathcal{E}(1+p)^{T-2} + \dots + \Delta \mathcal{E} = (\Delta \mathcal{E}(1+p)^T - \Delta \mathcal{E}) / p = \Delta \mathcal{E}((1+p)^T - 1) / p. \quad (5)$$

При суммировании в (5) применена формула суммы членов геометрической прогрессии. Разность $\Delta\Pi$ в этом случае составит:

$$\Delta\Pi = \Delta K(1+p)^T - \Delta \mathcal{E}((1+p)^T - 1) / p. \quad (6)$$

Дополнительные единовременные затраты окупаются при значении T_0 , определяемом из условия $\Delta\Pi = 0$, то есть:

$$\Delta K(1+p)^{T_0} = \Delta \mathcal{E}((1+p)^{T_0} - 1) / p. \quad (7)$$

Решение этого уравнения относительно T_0 дает:

$$T_0 = \ln [1 / (1 - (\Delta K / \Delta \mathcal{E}) \cdot p)] / \ln(1+p). \quad (8)$$

При $p \rightarrow 0$ уравнение (8) переходит в (3). При p , отличном от 0, решение (8) существует только в том случае, если выражение под логарифмом положительно:

$$1 - (\Delta K / \Delta \mathcal{E}) \cdot p > 0. \quad (9)$$

Следовательно, единовременные затраты окупаются при условии:

$$\Delta K / \Delta \mathcal{E} < 1/p. \quad (10)$$

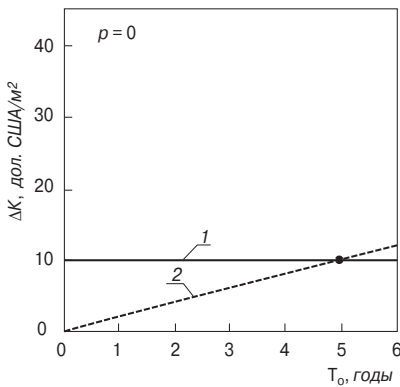


Рис. 2. При отсутствии процентной ставки за банковский кредит единовременные затраты на дополнительное утепление ограждающей конструкции окупятся за счет прибыли, получаемой от экономии энергии на отопление: 1 – изменение во времени долга за кредит банка на единовременные затраты; 2 – прибыль, получаемая от экономии энергии на отопление при эксплуатации ограждающей конструкции

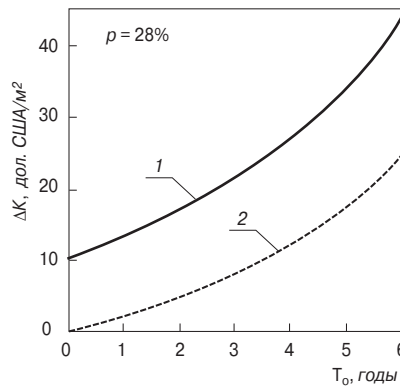


Рис. 3. При наличии процентной ставки за банковский кредит и достаточно больших единовременных затратах на дополнительное утепление ограждающей конструкции эти затраты никогда не окупятся за счет прибыли, получаемой от экономии энергии на отопление; неравенство (13) не выполняется

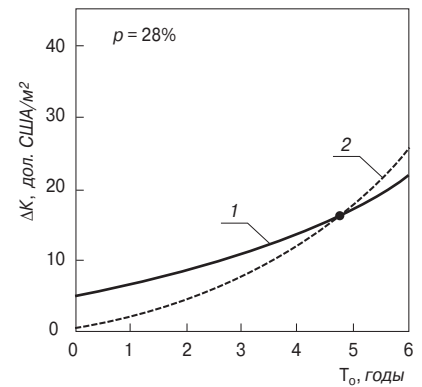


Рис. 4. При той же процентной ставке за банковский кредит, но меньших единовременных затратах на дополнительное утепление ограждающей конструкции эти затраты могут окупиться за счет прибыли, получаемой от экономии энергии на отопление; неравенство (13) выполняется

Выполнение этого неравенства является условием окупаемости любого мероприятия при ненулевой учетной ставке банка, то есть при существовании платы за кредит.

Экономика западноевропейского образца как раз и характеризуется существенной платой за кредиты банков. Величину p иногда называют ростовщическим процентом. В русском языке такая плата, по сути являющаяся учетной ставкой за кредит банка, называлась *лихва*, отсюда выражение *окупиться с лихвой*, а ростовщик (банкир) называется *лихоимщик*.

Из (10) следует, что чем больше величина p , тем больше должна быть ежегодная прибыль $\Delta\mathcal{E}$ от вложения средств ΔK , чтобы эти вложения окупались. При больших значениях p никакие долгосрочные инвестиции экономически невыгодны и могут осуществляться только на внеэкономической основе, то есть за счет бюджетных средств государства.

Вернемся к физическому явлению – теплопотерям через ограждающие конструкции. За отопительный период через 1 м^2 конструкции они составят:

$$q = 0,024 \frac{(t_b - t_{от.п.})z_{от.п.}}{R_0} = 0,024 \frac{ГСОП}{R_0} = 0,024 ГСОП \cdot k, \quad (11)$$

где R_0 – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$; k – коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$; $ГСОП$ – градусо-сутки отопительного периода, $\text{°C} \cdot \text{сут} / \text{год}$, определяемые по формуле: $ГСОП = (t_b - t_{от.п.})z_{от.п.}$; $z_{от.п.}$ – продолжительность отопительного периода, сут/год; t_b – температура внутреннего воздуха помещения, °C ; $t_{от.п.}$ – средняя температура отопительного пе-

риода, °C ; $0,024 = 24/1000$ – переводной коэффициент, $\text{кВт} \cdot \text{ч} / (\text{Вт} \cdot \text{сут})$.

С учетом (11) годовая прибыль домовладельца $\Delta\mathcal{E}$ за счет снижения теплопотерь через 1 м^2 ограждения определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \Delta\mathcal{E} &= (1/R_0^0 - 1/R_0^1) \cdot 0,024 ГСОП \cdot C_T = \\ &= -(k_1 - k_0) \cdot 0,024 ГСОП \cdot C_T = \\ &= -\Delta k \cdot 0,024 ГСОП \cdot C_T, \quad (12) \end{aligned}$$

где R_0^0 , R_0^1 – сопротивления теплопередаче базового и рассматриваемого варианта ограждения соответственно, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$; k_0 , k_1 – коэффициенты теплопередачи базового и рассматриваемого варианта ограждения соответственно, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$; C_T – стоимость тепловой энергии, дол. США/($\text{кВт} \cdot \text{ч}$).

С учетом (12) неравенство (10) принимает вид:

$$-\frac{\Delta K}{\Delta k} < \frac{0,024 \cdot ГСОП \cdot C_T}{p} = \omega. \quad (13)$$

Левая часть этого неравенства представляет собой удельные единовременные затраты на снижение коэффициента теплопередачи ограждающей конструкции на $1 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ и определяется свойствами конструкции: стоимостью ее изготовления, стоимостью материалов, начальным значением k_0 и т. д.

Правая часть не зависит от конструкции, а полностью определяется климатическими, географическими и экономическими характеристиками региона. И эта правая часть представляет собой предельное значение для удельных единовременных затрат, при которых они окупаются.

Если неравенство (13) не выполняется, то затраты на повышение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции никогда не окупятся (рис. 3), если выполняется, то окупятся (рис. 4).

Неравенство (13) можно использовать для анализа конкретных вариантов утепления ограждающей конструкции, а также при сопоставлении условий и периода окупаемости повышения теплозащиты зданий в различных странах.

Сравнение предельных значений удельных единовременных затрат на повышение теплозащиты ограждающих конструкций зданий для России и других стран

Согласно формуле (13) предельное значение удельных единовременных затрат ω зависит от ГСОП, стоимости тепловой энергии и учетной ставки по кредитам банка.

Сравнение значений ГСОП. Для возможности сравнения значений ГСОП для городов России и других стран вычисления были проведены для периода с температурой наружного воздуха менее или равной 8°C и при значении $t_b = 18 \text{°C}$. Расчеты проводились на основе данных СНиП 23-01-99 [8] и других справочных изданий по климату. Результаты расчетов представлены на рис. 5.

Следует обратить особое внимание на то, что значения ГСОП для городов на большей части России существенно превосходят значения ГСОП для городов Западной Европы. Значения ГСОП столиц Швеции и Норвегии практически равны значениям ГСОП на южных границах России. Значения ГСОП для городов на большей части России также существенно превосходят значения ГСОП для городов США и Канады, за исключением севера Канады и Аляски, где населения почти нет. Только на Черноморском побережье нашей страны (Сочи) значения ГСОП соответствуют югу Западной Европы. На Дальнем Востоке нашей

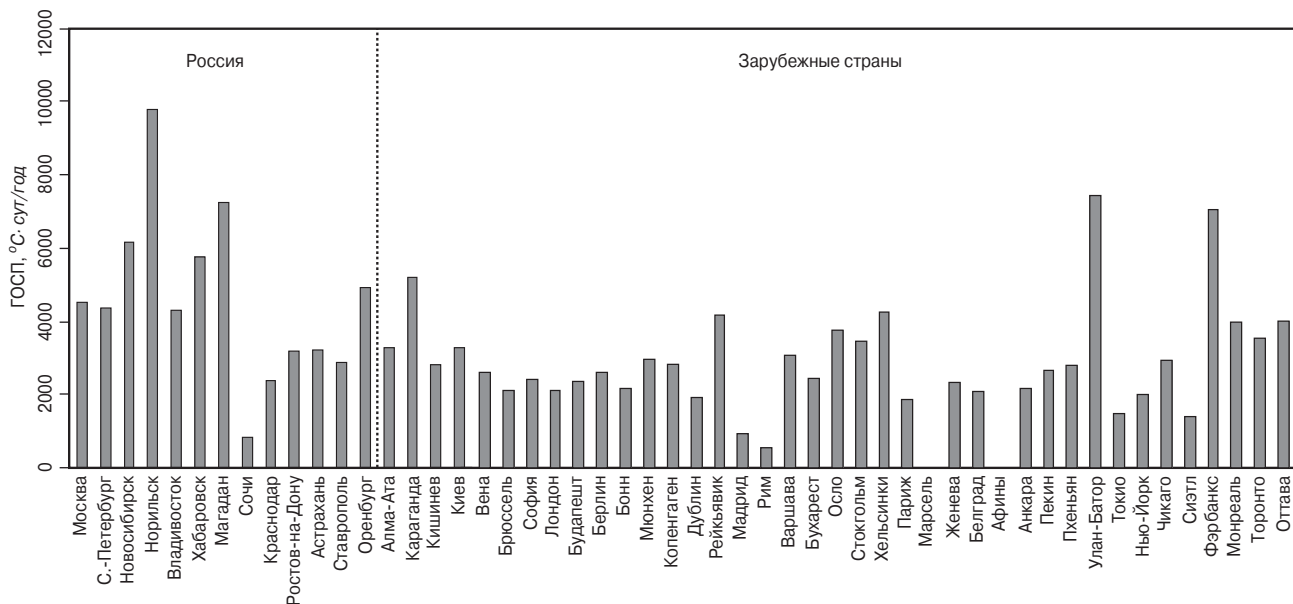


Рис. 5. Вычисленные значения ГСОП для городов России и других стран

страны значения ГСОП существенно превосходят значения ГСОП для Японии и Китая.

Сравнение цен на тепловую энергию. Часто указывается, что цены на тепловую энергию в России значительно ниже мировых и эти цены должны подняться до мирового уровня. Вопрос сопоставления цен на тепловую энергию чрезвычайно сложный. Прежде всего потому, что понятие «мировая цена тепловой энергии» неопределенно и в общем-то бессмысленно.

Цены на тепловую энергию зависят не только от страны, но и от региона, вида энергоносителя, используемого для производства тепловой энергии, типа отопления, отопительных приборов и т. д. В наибольшей степени цена тепловой энергии зависит от цен на энергоносители. Однако и «внутренние цены одного и того же энергоносителя в разных странах различаются в три раза и более» [9]. Россия является страной – экспортером энергоносителей, поэтому

компания-производители при отсутствии административного регулирования цен государством могут отпускать энергоносители внутренним потребителям по цене, равной «мировой» за минусом экспортных пошлин и цены транспортных расходов. При этом под «мировой» понимается цена продажи энергоносителей на границе какой-либо страны-импортера [10].

Учитывая еще ряд обстоятельств, представляется целесообразным принять для расчетов цену тепловой энергии в Западной Европе равной 5 центов за 1 кВт·ч, основываясь на данных, приведенных в [11], хотя в настоящее время эта цена является заниженной.

Цена тепловой энергии в России также зависит от региона и от источника энергоснабжения. Имеются различные прогнозы изменения этой цены. Динамика изменения средней отпускной цены тепловой энергии, по данным РАО «ЕЭС России», доступным в Интернете, представлена на рис. 6. В предыдущих работах

автора [2, 3 и др.] для расчетов была принята средняя цена тепловой энергии в России, равная 2 центам за 1 кВт·ч. Как показывают данные рис. 6, эта цена к началу текущего года не была достигнута, поэтому сохранена в последующих расчетах.

Сравнение процентных ставок по кредитам банков. Для рассматриваемой цели правильно было бы взять фиксированную процентную ставку по долгосрочным кредитам. Однако для России целесообразно использовать ставку рефинансирования ЦБ РФ с учетом поправки на риск. По этой ставке Центральный банк кредитует коммерческие банки, которые в свою очередь кредитуют своих клиентов. Для бывших социалистических стран и особенно бывших республик СССР характерны высокие значения ставки рефинансирования.

В странах с развитой устойчивой экономикой ставка по долгосрочным кредитам превышает ставку рефинансирования, ставка по краткосрочным кредитам незначитель-

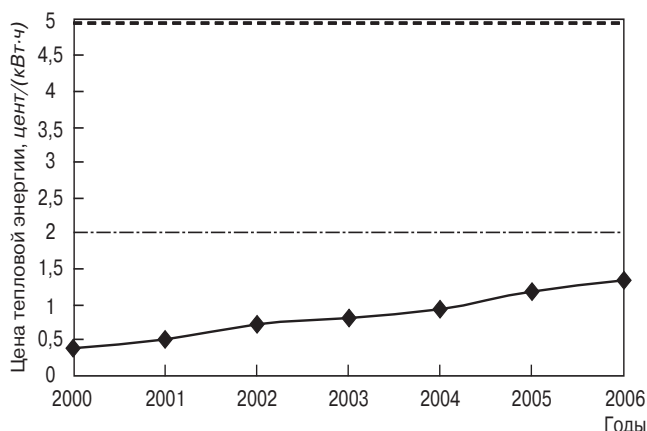


Рис. 6. Изменение средней отпускной цены тепловой энергии в России

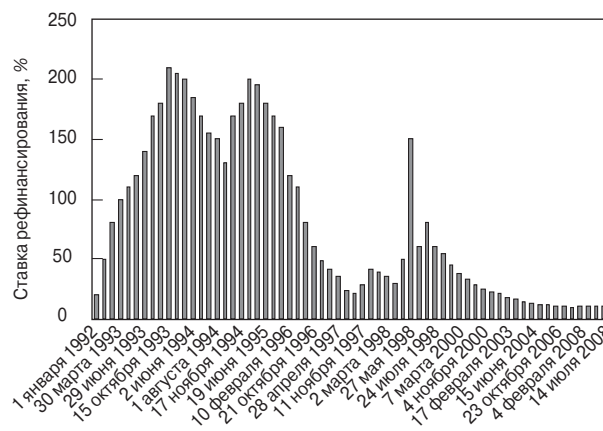


Рис. 7. Изменение ставки рефинансирования ЦБ РФ

но отличается от нее, причем может быть как больше, так и меньше. Небольшие значения ставок по кредитам свидетельствуют о превышении предложения финансовых средств над спросом.

Динамика изменения ставок рефинансирования для стран Западной Европы и Северной Америки в 1990-е гг. приведена в [2, 3]. В начале этого периода в некоторых странах ставки рефинансирования достигали 12%, однако они неуклонно снижались и к концу периода составляли менее 5%, это положение сохраняется в настоящее время. На рис. 7 приведено изменение ставки рефинансирования ЦБ России начиная с 1992 г. В настоящее время она равна 11%.

Поправка на риск принята равной 2% в соответствии с рекомендациями [6]. Общая величина процентной ставки для России в дальнейших расчетах принята равной 13%.

Сравнение предельных значений удельных единовременных затрат

В табл. 1 приведены значения параметра ω , рассчитанные для некоторых городов России для 2007 г., а также сопоставление значений этого параметра ω для городов России и различных стран, выполненное для условий 2000 г. Чем больше величина параметра ω , тем благоприятнее условия для повышения теплоснабжения ограждающих конструкций.

Поскольку значения цен тепловой энергии и учетных ставок по кредитам банка приняты весьма приближенными, то значения параметра ω являются еще менее точными. Тем не менее некоторые выводы на основании данных этой таблицы могут быть сделаны.

Значения параметра ω в 2000 г. для России и бывших социалистических стран были близки между собой и на порядок меньше, чем для развитых западных стран. Это объясняется большой разницей в величинах процентных ставок при относительно небольших различиях в значениях ГСОП. Для некоторых западных стран (Италия, Испания) значения параметра ω близки к соответствующим значениям для России. Это объясняется низкими значениями ГСОП в этих странах.

В 2007 г. значения параметра ω для городов России примерно в 2 раза больше, чем были в 2000 г. Это объясняется снижением ставки рефинансирования ЦБ.

Рассмотрим примеры оценки окупаемости затрат на повышение значений сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций с использованием приведенных данных.

Пример 1. До 1995 г. жилые дома в Москве строились с сопротивлением теплопередаче стен, не превышающим $1 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ($k=1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$). Согласно современным нормам требуемое сопротивление теплопередаче стен составляет $3,13 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ($k=0,32 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$). При дополнительном утеплении стены значение

коэффициента теплопередачи снижается: $-\Delta k=0,68 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$.

Согласно (13) единовременные затраты на утепление стены ΔK не должны превышать величины $(-\Delta k) \cdot \omega$. В рассматриваемом случае предельное значение единовременных затрат на утепление стены, при которых они окупаются в Москве,

Таблица 1

Расчетные значения параметра ω для различных регионов и стран на 2000 г.

Страна, город	ГСОП, $^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}/\text{год}$	Цена тепловой энергии C_T , дол. США/кВт·ч	Величина процентной ставки p , %/год	Значение параметра ω , дол. США· $^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$
Россия, 2007 г.				
Москва	4515	0,02	13	16,7
Санкт-Петербург	4356	0,02	13	16,1
Новосибирск	6141	0,02	13	22,7
Норильск	9787	0,02	13	36,1
Владивосток	4292	0,02	13	15,8
Хабаровск	5760	0,02	13	21,3
Магадан	7229	0,02	13	26,7
Сочи	835	0,02	13	3,1
Сравнение с другими странами, 2000 г.				
Россия, Москва	4515	0,02	25	8,67
Россия, Санкт-Петербург	4356	0,02	25	8,36
Россия, Новосибирск	6141	0,02	25	11,79
Украина, Киев	3274	0,02	35	4,49
Болгария, София	2409	0,05	180	1,61
Венгрия, Будапешт	2348	0,05	19,4	14,52
Польша, Варшава	3064	0,05	24,5	15,01
Румыния, Бухарест	2436	0,05	65,5	4,46
Австрия, Зальцбург	2615	0,05	2,5	125,52
Бельгия, Брюссель	2101	0,05	2,75	91,68
Германия, Берлин	2604	0,05	2,5	124,99
Германия, Мюнхен	2961	0,05	2,5	142,13
Дания, Копенгаген	2819	0,05	3,5	96,65
Норвегия, Осло	3753	0,05	5,5	81,88
Исландия, Рейкьявик	4168	0,05	6,5	76,95
Швеция, Стокгольм	3445	0,05	2,5	165,36
Финляндия, Хельсинки	4232	0,05	4	126,96
Япония, Токио	1487	0,05	0,5	356,88
США, Нью-Йорк	2009	0,05	5	48,22
Канада, Оттава	3986	0,05	4,5	106,29
Италия, Рим	546	0,05	5,5	11,91
Италия, Милан	1704	0,05	5,5	37,18
Испания, Мадрид	932	0,05	4,75	23,55
Ирландия, Дублин	1912	0,05	6,75	33,99

в 2000 г. (табл. 1) составляли: $\Delta K_{\text{Москва}} \leq 0,68 \cdot 8,67 = 5,9$ дол. США/м². В 2007 г. это значение составляет: $\Delta K_{\text{Москва}} \leq 0,68 \cdot 16,7 = 11,4$ дол. США/м², то есть на утепление стен старых зданий до требуемых значений сопротивления теплопередаче можно потратить не более 11,4 дол. США/м², иначе это утепление не окупится.

В то же время, например, для Стокгольма эта величина в 2000 г. составляла $\Delta K_{\text{Стокгольм}} \leq 0,68 \cdot 165,3 = 112,4$ дол. США/м². При цене полужестких минераловатных плит 100–150 дол. США/м³ и при необходимости использования на утеплении стены слоя толщиной 0,1 м цена теплоизоляционного материала составит 10–15 долл./м². Предельное значение единовременных затрат для Москвы будет превышено, а для условий Стокгольма цена теплоизоляционного материала составит всего 13% от предельного значения единовременных затрат. Очевидно, что в Москве такое утепление стен никогда не окупится, а в Стокгольме окупится, если цена остальных материалов и работы уложится в оставшиеся 87%.

Пример 2. До 1995 г. требуемое сопротивление теплопередаче окон в жилых домах в Москве составляло 0,42 м²·°C/Вт ($k = 2,38$ Вт/(м²·°C)). Согласно современным нормам требуемое сопротивление теплопередаче окон составляет 0,54 м²·°C/Вт ($k = 1,85$ Вт/(м²·°C)). Снижение коэффициента теплопередачи составляет: $-\Delta k = 0,53$ Вт/(м²·°C). Цена новых окон (по условиям 2000 г.) не должна была превышать цену применяемых ранее окон на величину $\Delta K_{\text{Москва}} \leq (-\Delta k) \cdot \omega = 0,53 \cdot 8,67 = 4,59$ дол. США/м². При цене оконных блоков с двойным остеклением в спаренных деревянных переплетах 35 дол. США/м² новые оконные блоки должны были стоить не более 40 дол. США/м².

Если их цена была выше, то они никогда не окупятся из условий экономии энергии на отопление и их применение с такой целью неоправданно. В то же время для условий Мюнхена (Германия) предельное значение единовременных затрат составляет $\Delta K_{\text{Мюнхен}} = 0,53 \cdot 142,13 = 75,3$ дол. США/м², то есть новые оконные блоки могли стоить (в 2000 г.) до 110 дол. США/м² (при одинаковой стоимости старых блоков) и они все равно окупятся.

При всей приближенности приведенных расчетов очевидно, что экономическая ситуация в Швеции и Германии значительно более благоприятна для проведения мероприятий по дополнительному утеплению ограждающих конструкций, чем в России.

Физико-экономическая оценка теплоизоляционных материалов для утепления ограждений

Полученные соотношения и показатели можно применить для комплексной оценки теплоизоляционных материалов для утепления ограждающих конструкций.

Неравенство (13) при переходе к пределу при $\Delta k \rightarrow 0$ принимает вид:

$$-\frac{dK}{dk} < \omega. \quad (14)$$

Если для упрощения расчетов предположить, что утепление происходит только за счет увеличения толщины слоя теплоизоляции, без изменения конструкции ограждения и объема необходимых работ, то можно записать:

$$K = K_0 + C_{\text{ут}} \cdot x. \quad (15)$$

При утеплении ограждающей конструкции ее сопротивление теплопередаче увеличивается от величины R_0^0 до величины R_0^1 . При этом коэффициент теплопередачи конструкции равен:

$$k = \frac{1}{R_0^1} = \frac{1}{R_0^0 + \frac{x}{\lambda}}, \quad (16)$$

где $C_{\text{ут}}$ — цена теплоизоляционного материала, дол. США/м³; K_0 — единовременные затраты на конструкцию ограждения, в том числе на работу по устройству теплоизоляции, но без учета затрат на теплоизоляционный материал, дол. США/м²; x — толщина слоя теплоизоляционного материала, м; λ — расчетный коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала, Вт/(м·°C).

Единовременные затраты K являются функцией коэффициента теплопередачи конструкции k . Можно считать, что функция $K(k)$ является параметрической заданной, где в качестве параметра используется x . По правилам дифференцирования таких функций получается:

$$\frac{dK}{dk} = -C_{\text{ут}} \lambda \left(R_0^0 + \frac{x}{\lambda} \right)^2 = -C_{\text{ут}} \lambda (R_0^1)^2. \quad (17)$$

Знак « \rightarrow » объясняется тем, что с ростом толщины теплоизоляции единовременные затраты растут, а коэффициент теплопередачи уменьшается. Параметр $C_{\text{ут}} \cdot \lambda$ является характеристикой материала, а параметр R_0^1 — характеристикой конструкции. Подстановка выражения (17) в неравенство (14) дает:

$$C_{\text{ут}} \lambda (R_0^1)^2 < \omega. \quad (18)$$

Это неравенство устанавливает связь трех характеристик: материала $C_{\text{ут}} \cdot \lambda$, конструкции R_0^1 и региона строительства ω . Если известны две из них, то можно получить ограничение на третью. Например, предельное

значение для сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, которое может быть достигнуто при использовании заданного теплоизоляционного материала при условии, что затраты на этот материал окупятся за счет экономии энергии на отопление, определяется неравенством:

$$R_0^1 < \sqrt{\frac{\omega}{C_{\text{ут}} \lambda}}. \quad (19)$$

Пример 3. Определим предельное значение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции здания в Москве при использовании в качестве утеплителя: 1 — минераловатных плит стоимостью 150 дол. США/м³ и расчетной теплопроводностью 0,048 Вт/(м·°C); 2 — пеногипсовых плит плотностью 200 кг/м³ стоимостью 11 дол. США/м³ и расчетной теплопроводностью 0,1 Вт/(м·°C).

1. Определяется параметр $C_{\text{ут}} \cdot \lambda = 150 \cdot 0,048 = 7,2$ (дол. США·Вт)/(м²·°C). Расчет для Москвы по (19) показывает, что в 2000 г. необходимое условие окупаемости должно было быть: $R_0^1 < 1,1$ м²·°C/Вт. Это означает, что минераловатными плитами утеплять стены старых домов по условиям энергосбережения в Москве практически не имело смысла. В то же время для условий Стокгольма (Швеция) даже при той же цене минераловатных плит получается: $R_0^1 < 4,83$ м²·°C/Вт, то есть в Швеции ограждающие конструкции с такой теплоизоляцией могут оказаться выгодными.

2. Для пеногипсовых плит $C_{\text{ут}} \cdot \lambda = 1,1$ (дол. США·Вт)/(м²·°C). Расчет для Москвы по (19) дает: $R_0^1 < 2,65$ м²·°C/Вт, что превышает нормируемое значение сопротивления теплопередаче стен до введения повышенных требований по теплозащите (до 1995 г.) на 1,65 м²·°C/Вт, то есть местный материал пеногипс было значительно выгоднее применять для теплоизоляции ограждающих конструкций зданий, хотя его теплопроводность более, чем в два раза выше, чем у минераловатных плит.

Выражение (18) позволяет рассчитать максимально допустимую цену теплоизоляционного материала, при которой затраты на утепление ограждающей конструкции до заранее заданного уровня теплозащиты могут окупиться за счет экономии энергии на отопление. Из (18) следует:

$$C_{\text{ут,max}} = \frac{\omega}{\lambda_0 (R_0^1)^2}. \quad (20)$$

Расчеты по (20) приведены в табл. 2 для условий 2007 г.

Пример 4. Определим максимальную допустимую цену теплоизоляционного материала с расчетной

Таблица 2

Расчетные значения максимально допустимой цены теплоизоляционного материала по условиям окупаемости для Москвы

Сопротивление теплопередаче ограждения R_0^1 , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$	Максимально допустимая цена теплоизоляционного материала, при которой затраты на утепление ограждающей конструкции до заданного уровня теплозащиты могут окупиться за счет экономии энергии на отопление $C_{\text{ут. макс}}$, дол. США/ м^3 , при значениях расчетной теплопроводности теплоизоляционного материала λ , $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$									
	0,03	0,035	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,12
10	557	477	418	334	278	239	209	186	167	139
1,5	247	212	186	148	124	106	93	82	74	62
2	139	119	104	84	70	60	52	46	42	35
2,5	89	76	67	53	45	38	33	30	27	22
3	62	53	46	37	31	27	23	21	19	15
3,5	45	39	34	27	23	19	17	15	14	11

теплопроводностью 0,05 $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ для утепления конструкции покрытия в Москве по данным на 2007 г. до достижения значения сопротивления теплопередаче 3,5 $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Из табл. 2 определяется $C_{\text{ут. макс}} = 27$ дол. США/ м^3 , что по современному курсу примерно соответствует 650 р/ м^3 .

Следует отметить, что формулы (18)–(20) и табл. 2 в силу сделанных предположений отражают лишь необходимые условия окупаемости утепления, но не достаточные.

Заключение

Важнейшим параметром, определяющим экономические условия повышения теплозащиты ограждений зданий в стране или регионе, является предельное значение для удельных одновременных затрат ω . Чем оно больше, тем больше средств можно затратить на утепление, которые при этом окупаются. Этот же параметр ограничивает величины характеристики материала $C_{\text{ут}} \cdot \lambda$ и конструкции ограждения R_0^1 и позволяет установить взаимосвязанные предельные значения этих характеристик, при которых окупаются затраты на повышение сопротивления теплопередаче ограждения до значения R_0^1 . Значение параметра ω определяет предел технико-экономических возможностей повышения теплозащиты ограждающих конструкций в регионе или стране.

Интересно отметить, что похожий прием экономического анализа возможного увеличения толщины кирпичных стен с целью экономии энергии для зданий в Санкт-Петербурге применил профессор Николаевской инженерной академии В.А. Сокольский почти 100 лет назад [12]. Он рассчитал, что выпол-

нить стены толщиной более чем 2,5 кирпича экономически нецелесообразно. К сожалению, В.А. Сокольский рано ушел из жизни, а его работы оказались забытыми.

Следует подчеркнуть, что в изложенном методе не применяется дисконтирование цен, связанное с их ростом. Цена тепловой энергии в России взята больше действующей. Цена тепловой энергии в зарубежных странах, напротив, взята заниженной. Такой выбор цен обеспечивает «благоприятный» подход к сравнению повышения теплозащиты в России и в зарубежных странах. Другой важной особенностью метода является использование для экономических расчетов долларов США при одновременном использовании процентной ставки, декларируемой для применения при финансовых операциях с национальной валютой. Хотя этот прием и вносит некоторую погрешность, он вполне оправдан при проведении международных сравнений и при незначительных изменениях курса доллара относительно национальных валют.

При разработке экономико-математических моделей делается довольно много предположений, что обуславливает различие расчетных результатов от истинных значений. Поэтому изложенный подход не может претендовать на большую точность. Тем не менее экономические методы в конкретных областях человеческой деятельности помогают обосновать или выбрать пути решения поставленных проблем. Именно с этой точки зрения и следует рассматривать изложенный экономический подход.

Введенный параметр ω , конечно, является условным, однако он позволяет сравнивать комплексно эконо-

номико-климатические и физические условия утепления зданий в различных странах. Разработка указанного критерия является главным научным результатом работы, представленной в статье.

Главный практический результат заключается в том, что условия для повышения теплозащиты зданий в России значительно менее благоприятны, чем в других развитых странах и, следовательно, нельзя слепо копировать зарубежный опыт.

Работа, которая была необходима для написания настоящей публикации, выполнена факультативно и никем не финансировалась.

Список литературы

1. Пособие к МГСН 2.01–99 «Энергосбережение в зданиях». Вып. 1. «Проектирование теплозащиты жилых и общественных зданий». М.: Москомархитектуры, 2000.
2. Гагарин В.Г. Об окупаемости затрат на повышение теплозащиты ограждающих конструкций зданий // Новости теплоснабжения. 2002. № 1. С. 3–12.
3. Гагарин В.Г. Экономические аспекты повышения теплозащиты ограждающих конструкций зданий в условиях рыночной экономики // Светопрозрачные конструкции. 2002. № 3. С. 2–5. № 4. С. 50–58.
4. Богуславский Л.Д. Снижение расхода энергии при работе систем отопления и вентиляции. М.: Стройиздат, 1985.
5. Фихтенгольц Г.М. Основы математического анализа. СПб, 1999. 448 с.
6. Овсянникова Т.Ю. Экономика строительного комплекса. Экономическое обоснование и реализация инвестиционных проектов. Томск: ТГАСУ, 2004. 239 с.
7. Крушвиц Л. Инвестиционные расчеты. СПб., 2001. 410 с.
8. СНиП 23-01–99 «Строительная климатология». М., 2000.
9. Кудинов Ю., Кузовкин А. Соотношение российских и мировых цен на энергоносители // Экономист. 1997. № 6. С. 35–40.
10. Волконский В., Кузовкин А. Цены на энергоресурсы в России и зарубежных странах // Экономист. 2000. № 11. С. 11–40.
11. Дмитриев А.Н., Табунищев Ю.А., Ковалев И.Н., Шилкин Н.В. Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия. М.: АВОК-ПРЕСС, 2005.
12. Сокольский В.А. Принципы экономичности и их выражение в современном строительстве. СПб., 1910.

А.Н. ДАВИДЮК, канд. техн. наук, генеральный директор, ОАО «КТБ ЖБ» (Москва);
Г.В. НЕСВЕТАЕВ, д-р техн. наук, Ростовский государственный строительный университет
(Ростов-на-Дону)

Проектирование рациональной многослойной ограждающей конструкции по критерию защиты от влаги

Ранее [1] предложен метод проектирования многослойной ограждающей конструкции с использованием коэффициентов теплотехнического качества материала и критериев, определяющих обеспечение требуемого термического сопротивления многослойной ограждающей конструкции средней массивности с учетом влажности материалов:

$$0,278 \delta \sqrt{\frac{C_0 + 0,0419W}{(1 + KTK_W W) \cdot KTK}} > 4, \quad (1)$$

$$\frac{\delta}{(1 + KTK_W W) \cdot KTK \cdot \rho} > [R_0],$$

где $[R_0]$ – требуемое для данного климатического района термическое сопротивление ограждающей конструкции; C_0 – удельная теплоемкость материала, кДж/(кг·°С) (0,8–0,88); δ – толщина i -го слоя конструкции, м; W – влажность материала, %; KTK_W – коэффициент теплотехнического качества материала, учитывающий увеличение коэффициента теплопроводности при увеличении влажности материала на 1% с учетом средней плотности материала; KTK – интегральный коэффициент теплотехнического качества материала, определяющий зависимость коэффициента теплопроводности сухого материала от его плотности; ρ – средняя плотность материала, кг/м³.

В настоящей работе формулируются принципы способа выбора материалов для ограждающей конструкции на первых этапах реализации проектных решений по критерию защиты от влаги. Согласно СП 23-101–2004,

п. 13.8 «нормируемые сопротивления паропроонианию R_{pl}^{req} и R_{p2}^{req} (в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации) во всех случаях должны приниматься не более $5 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$ ». Если принять выполнение данного требования в первом приближении как критерий рациональной конструкции с точки зрения ее влажностного режима, то есть влагонакопления, тогда для многослойной конструкции критерий может быть представлен в виде:

$$\frac{\delta_B}{\mu_B} + \frac{\delta_Y}{\mu_Y} < 5, \quad (2)$$

где δ_B – толщина бетонного слоя; δ_Y – толщина слоя утеплителя от внутренней поверхности конструкции до плоскости возможной конденсации (поскольку согласно СНиП 23-02–2003, п. 9.1 «плоскость возможной конденсации в многослойной конструкции совпадает с наружной поверхностью утеплителя», за величину δ_B принимается толщина внутреннего бетонного слоя); μ_B, μ_Y – коэффициент паропроониаемости соответственно бетона и утеплителя.

Из (2) следует:

$$\mu_B > \delta_B / (5 - \delta_Y / \mu_Y). \quad (3)$$

Условие (3) определяет требование к минимальной паропроониаемости бетона, при которой будет выполняться условие п. 13.8 СП 23-101–2004. Наряду с (1) условие (2) можно рассматривать как критерий рациональной многослойной ограждающей конструкции с эффективным утеплителем. На рис. 1 показана зависимость минимального коэффициента паропроониаемости бетона от коэффициента паропроониаемости утеплителя при общей толщине конструкции 0,35 (0,4) м и толщине утеплителя 0,05; 0,08 и 0,11 м (сопротивление теплопередаче соответственно 2,44 (2,65); 3,03 (3,36) и 3,62 (4,08) м²·°С/Вт при $\lambda_Y = 0,042$ и $\lambda_B = 0,24$ Вт/(м·°С) без учета теплоотдачи поверхностей).

Очевидно, что в зависимости от требуемого термического сопротивления, геометрических параметров конструкции и используемых материалов ограничения по минимальному значению коэффициента паропроониаемости бетона могут существенно изменяться. При проектировании многослойных ограждающих конструкций возможны следующие ситуации.

Достаточно высокое требование по термическому сопротивлению определяет значительную толщину утеплителя. При этом если коэффициент паропроониаемости утеплителя низкий, то возможно невыполнение условия (2) ни при каких значениях параметра бетонного слоя. Например, при $R_0 = 3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$ в случае использования утеплителя Стиродур ($\lambda = 0,031$ Вт/(м·°С); $\mu = 0,013$ мг/(м·ч·Па)) толщиной 70 мм значение $\delta_Y / \mu_Y = 5,38$, то есть условие (2) невыполнимо при лю-

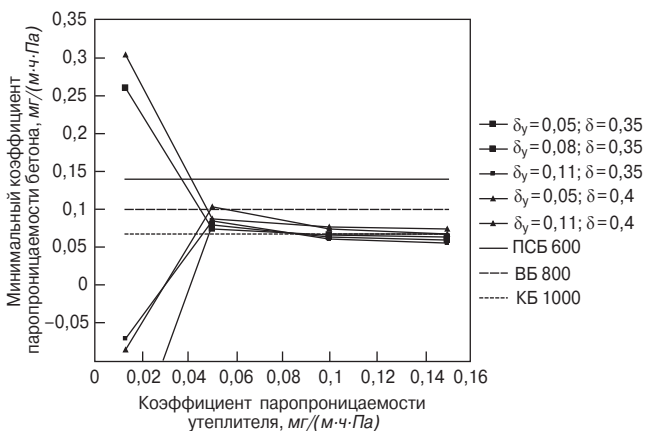


Рис. 1. Зависимость минимального требуемого коэффициента паропроониаемости бетона от толщины конструкции и толщины утеплителя: ПСБ-600 – полистиролбетон средней плотностью 600 кг/м³, $\mu_B = 0,068$ мг/(м·ч·Па); ВБ 800 – вермикулитобетон средней плотностью 800 кг/м³, $\mu_B = 0,1$ мг/(м·ч·Па); КБ 1000 – керамзитобетон средней плотностью 1000 кг/м³, $\mu_B = 0,14$ мг/(м·ч·Па)

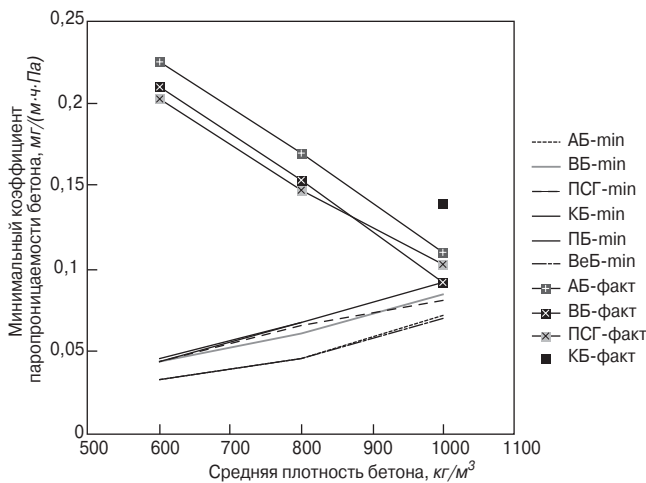


Рис. 2. Зависимость коэффициента паропроницаемости от средней плотности бетона: АБ-мин – минимально допустимое значение коэффициента паропроницаемости бетона (АБ – азеритобетон, ВБ – витрозитобетон, ПСГ – бетон на пеностеклогрануляте, КБ – керамзитобетон, ПБ – перлитобетон, ВеБ – вермикулитобетон), при котором выполняется условие (2) для конструкции при $R_0=3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, $D>4$, утеплитель – 100 мм ПХВ-1, $\mu=0,23 \text{ мг}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па})$, $\lambda_6=0,067 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{°C})$; АБ-факт – фактические значения коэффициентов паропроницаемости некоторых бетонов

бых параметрах бетона. При снижении толщины утеплителя возможно выполнение условия (2), но при этом может быть не обеспечено требуемое значение сопротивления теплопередаче R_0 . В связи с этим в случае применения утеплителя с низким значением коэффициента паропроницаемости возможна ситуация, когда применение утеплителя для данных температурных условий эксплуатации будет ограничено не его коэффициентом теплопроводности, а коэффициентом паропроницаемости, то есть применение подобных утеплителей окажется возможным только в южных регионах. Но в этом случае возможна ситуация, когда массивность ограждающей конструкции окажется меньше 4 и будет необходимо принимать решение о проектировании конструкции малой массивности.

Если коэффициент паропроницаемости утеплителя высокий, а бетона низкий, то придется принимать решение о снижении толщины бетона, в связи с чем массивность конструкции может оказаться меньше 4, и также необходимо принимать решение о проектировании ограждающей конструкции малой массивности. Возможна также ситуация, когда нельзя обеспечить требуемое термическое сопротивление, что вызовет ограничение по климатической зоне применения конструкции из бетона с низким коэффициентом паропроницаемости. Коэффициент паропроницаемости бетона, как и в случае с утеплителем, может быть определяющим фактором при выборе области его применения. Высказанные положения частично иллюстрирует рис. 2.

Из рис. 2 видно, что в случае применения бетонов с низким значением коэффициента паропроницаемости при высоком значении термического сопротивления многослойной ограждающей конструкции, то есть при одновременном выполнении условий (1) и (2) область применения бетона может быть ограничена и при этом ужесточаются требования по максимально допустимой средней плотности.

На рис. 3 представлена зависимость коэффициента паропроницаемости от средней плотности бетонов на различных заполнителях. Из представленных данных очевидно, что бетоны на стекловидных заполнителях (азерит, витрозит, ПСГ) по показателю паропроницаемости несколько уступают с точки зрения их применения в ограждающих конструкциях традиционным легким бетонам. Зависимость коэффициента паропрони-

цаемости от средней плотности бетона описывается функцией вида:

$$\mu = b\rho^X, \quad (4)$$

где $b=568$ для традиционных легких бетонов и $b=1921$ для легких бетонов на стекловидных заполнителях, а показатель X составляет соответственно $-1,21$ и $-1,43$. Корреляция зависимости коэффициента паропроницаемости – средняя плотность достаточно высокая: 0,8 для традиционных легких бетонов и 0,88 для легких бетонов на стекловидных заполнителях. При средней плотности бетона $600 \text{ кг}/\text{м}^3$ различие величин коэффициентов паропроницаемости для двух групп бетонов составляет примерно 20%, а при плотности $1200 \text{ кг}/\text{м}^3$ – 30%. Интересно отметить, что зависимость коэффициента паропроницаемости – средняя плотность для бетонов на стекловидных заполнителях приближается при плотности $2400 \text{ кг}/\text{м}^3$ к значению коэффициента паропроницаемости тяжелого бетона. Это можно интерпретировать следующим образом: паропроницаемость легких бетонов на стекловидных заполнителях в основном обусловлена паропроницаемостью их растворной составляющей, в связи с чем для возможного расширения области применения таких бетонов в ограждающих конструкциях можно обеспечить более высокие значения коэффициента их паропроницаемости, например поризацией растворной составляющей.

Таким образом, использование предложенных критериев (1), основанных на оценке коэффициентов теплотехнического качества материалов, в сочетании с условием (2) позволяет достаточно легко на первых этапах проектирования многослойной ограждающей конструкции принять рациональное конструктивное решение с учетом особенностей свойств материалов и условий эксплуатации.

Для сравнения эффективности материалов целесообразно ввести понятие коэффициента влагозащитной эффективности материала:

$$K_\phi = \frac{5\mu}{\lambda}, \quad (5)$$

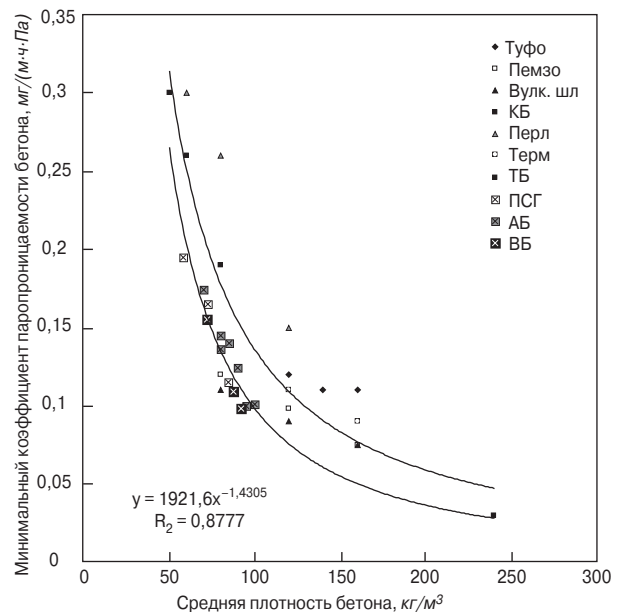


Рис. 3. Зависимость коэффициента паропроницаемости от средней плотности бетона: Туфо – туфобетон; Пемзо – пемзобетон; Вулк. шл – бетон на вулканическом шлаке; КБ – керамзитобетон; Перл – перлитобетон; Терм – термзитобетон; ТБ – тяжелый бетон по СП 23-101; АБ – азеритобетон; ВБ – витрозитобетон; ПСГ – бетон на пеностеклогрануляте (экспериментальные данные)

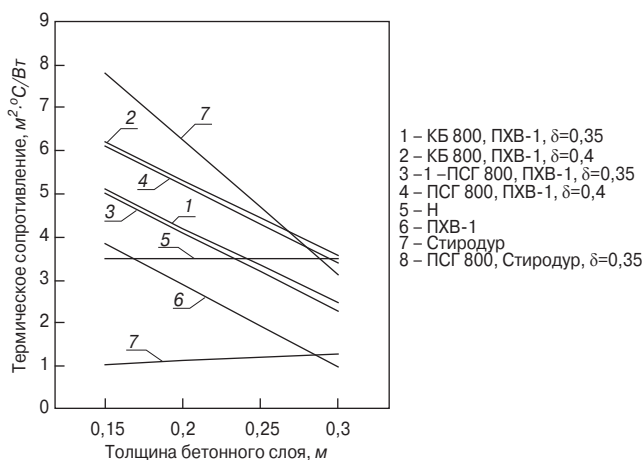


Рис. 4. Предельное термическое сопротивление многослойной конструкции в зависимости от вида бетона, вида утеплителя, толщины слоев: КБ 800, ПСГ 800 – соответственно керамзитобетон и бетон на стекловидном заполнителе плотностью 800 кг/м³; ПХВ-1, Стиродур – вид утеплителя, термическое сопротивление соответствует слою $\delta_y = \delta - \delta_b$; Н – нормируемое сопротивление $R_0 = 3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°С}/\text{Вт}$; $\delta = 0,35$ (0,4) – общая толщина конструкции, м

где μ – коэффициент паропроницаемости, мг/(м·ч·Па); λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С).

Поскольку термическое сопротивление однослойной конструкции (без учета теплоотдачи поверхностей) составляет $R_0 = \delta/\lambda_0$, а сопротивление паропроницанию $R = \delta/\mu$, то принимая условие СП 23-101–2004, п. 13.8 $R < 5$, получим в пределе $\delta = 5\mu$, откуда $R_0 = 5\mu/\lambda_0$, то есть значение коэффициента влагозащитной эффективности материала численно равно величине термического сопротивления слоя материала, при котором сопротив-

ление его паропроницанию не будет превышать 5. В таблице представлены значения коэффициента влагозащитной эффективности некоторых материалов. При выборе материалов для многослойных ограждающих конструкций целесообразно предварительно на первом этапе принимать $K_{\phi} > R_0$. При этом выбор рациональной многослойной ограждающей конструкции сводится к решению задачи вида:

$$R_0 = xK_{\phi y} + (\delta - x)K_{\phi b}, \quad (6)$$

где x – толщина утеплителя, м; δ – общая толщина многослойной ограждающей конструкции, задаваемая фактическим парком форм или опалубочной системой, м; $K_{\phi y}$, $K_{\phi b}$ – соответственно коэффициенты влагозащитной эффективности утеплителя и бетона.

Методы решения задачи хорошо известны, и при решении задачи возможна оптимизация по экономическим параметрам.

На рис. 4 представлен фрагмент решения задачи.

Обратный наклон зависимости термическое сопротивление – толщина бетонного слоя, то есть случай, когда изменение термического сопротивления конструкции противоположно изменению термического сопротивления слоя утеплителя толщиной $\delta_y = \delta - \delta_b$, свидетельствует, что для данного типа конструкции толщина утеплителя лимитируется требуемым сопротивлением паропроницанию, в связи с чем его применение для этой конструкции нецелесообразно.

Список литературы

1. *Несветаев Г.В., Давидюк А.Н.* Применение коэффициентов теплотехнического качества материалов для проектирования многослойной ограждающей конструкции // Строит. материалы. 2008. № 7. С. 32–34.

Материал	$\lambda_0, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°С})$	$\mu, \text{мг}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$	K_{ϕ}
Стиродур	0,029	0,013	2,24
ПХВ-1	0,052	0,23	22,1
Керамзитобетон, кг/м³			
1000	0,27	0,14	2,59
800	0,21	0,19	4,52
600	0,16	0,26	8,1
Перлитобетон, кг/м³			
1000	0,22	0,19	4,32
800	0,16	0,26	8,1
600	0,12	0,3	12,5
Вермикулитобетон, кг/м³			
800	0,21	0,1	2,38
600	0,14	0,15	5,36
Полистиролбетон, кг/м³			
600	0,145	0,068	2,34
500	0,125	0,075	3
Азеритобетон, кг/м³			
1000	0,22	0,11	2,5
800	0,16	0,17	5,31
600	0,12	0,225	9,38
Витрозитобетон, кг/м³			
1000	0,25	0,092	1,84
800	0,18	0,154	4,28
600	0,15	0,21	7
ПСГ, кг/м³			
1000	0,24	0,103	2,15
800	0,19	0,148	3,89
600	0,14	0,203	7,25

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Научно-технический семинар

Структурообразование, прочность и разрушение композиционных материалов и конструкций

16–17 октября 2008 г.
Одесса, Украина

Руководитель семинара:
 д-р техн. наук **В.Н. Выровой**
 Секретарь:
 канд. техн. наук **В.И. Мартынов**

65029, Украина, Одесса, ул. Дидрихсона, 4,
 ОГАСА, кафедра ПСК
 Телефон: +380 (48) 720-63-34,
 факс +380 (48) 723-34-44
 e-mail: ogasa_psk@ukr.net

УДК 536.2

А.И. БОГОЯВЛЕНСКИЙ, А.С. ПЛАТОНОВ, инженеры, С.И. ХАНКОВ, д-р техн. наук,
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Метод измерения удельного теплового сопротивления ограждающей конструкции в нестационарном тепловом режиме

В связи с повышением актуальности определения теплоизоляционных характеристик ограждающих конструкций (ОК) зданий возрастает потребность в разработке методов измерения удельных тепловых сопротивлений (УТС) разных типов ОК. Для многослойных ОК приходится использовать методы измерений, реализуемые при установлении стационарного теплового режима во всех слоях стены [1]. Однако в стенах со значительными УТС и большими объемными теплоемкостями на единицу площади поверхности стационарный тепловой режим может устанавливаться в течение нескольких суток. Поэтому возникает необходимость разработки ускоренных методов измерений, позволяющих определить величину УТС в нестационарном тепловом режиме.

Ранее установлено, что для однослойных стенок возможно весьма точное определение УТС контактными методами на начальной стадии нагрева до наступления стационарного теплового режима [2].

Ограничимся рассмотрением случая плоской стенки, выполненной в виде однородного и изотропного слоя. Это означает, что все теплофизические свойства материала такого слоя одинаковы по всем координатам.

Введем следующие допущения: температурное поле в исследуемой стенке одномерное, что достаточно строго реализуется в случае, когда размеры нагреваемой зоны на поверхности стенки больше толщины стенки; нагреватель – источник температурного напора вводится в соприкосновение с нагреваемой поверхностью стенки быстро и с обеспечением хорошего теплового контакта, что позволяет задать на этой поверхности стенки мгновенное установление температурного напора; начальное температурное поле в стенке равномерное, причем ее начальная температура равна температуре окружающей среды; теплофизические параметры материала стенки не зависят от температуры.

Метод определения УТС r в $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ действителен в рамках принятых допущений и основан на использовании соотношений:

$$r = L/\lambda = L/ac_0; \quad a = L^2 Fo_1/\tau_1, \quad (1)$$

где λ – коэффициент теплопроводности материала исследуемого слоя, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; a – коэффициент температуропроводности, $\text{м}^2/\text{с}$; c_0 – объемная теплоемкость, $\text{Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$; L – толщина слоя, м ; Fo_1 – характеристическое значение критерия Фурье, соответствующее времени τ_1 .

При измерениях осуществляется нагрев одной из поверхностей стенки (назовем ее внутренней) до температуры t_b , что соответствует температурному напору на нагреваемой внутренней поверхности:

$$\vartheta_0 = t_b - t_c, \quad (2)$$

где t_c – начальное значение температуры по всей толщине стенки, $^\circ\text{C}$.

Затем пластина постепенно прогревается, и через некоторое время τ_1 , фиксируемое в эксперименте, начинает расти температура на наружной поверхности стенки.

При этом перегрев на наружной поверхности стенки относительно начальной температуры (температуры окружающей среды), определяемый из соотношения:

$$\Delta t = t_n - t_c, \quad (3)$$

монотонно возрастает во времени.

Значение Fo_1 , характеризующее первую стадию прогрева, определяется величиной температурного напора ϑ_0 на нагреваемой внутренней и перегрева Δt на наружной поверхности, что можно описать зависимостью в безразмерных переменных:

$$Fo_1 = Fo_1(\theta_0, \Delta\theta); \quad \theta_0 = \frac{\vartheta_0}{\vartheta_m}; \quad \Delta\theta = \frac{\Delta t}{\vartheta_m}, \quad (4)$$

где ϑ_m – характеристическое значение температурного напора, принятое равным $\vartheta_m = 100 \text{ К}$.

Для определения вида зависимости (4) на основе аналитического решения [3] были проведены исследования температурного поля в переходном тепловом режиме на начальной стадии нагрева до момента сквозного прогрева стенки, но задолго до установления стационарного теплового режима. Оказалось, что в интервале изменения температурного напора $20 \text{ К} \leq \vartheta_0 \leq 80 \text{ К}$ и перегрева $0,5 \text{ К} \leq \Delta t \leq 2 \text{ К}$ удается получить универсальную обратную зависимость (4) в виде:

$$Fo_1 = k_1(1 + k_2\Delta\theta); \quad k_1 = 0,048\theta_0^{-0,18}, \quad k_2 = 28,4\theta_0^{-0,38}. \quad (5)$$

Технически данный способ реализуется с использованием проточного теплообменника, нагреваемого водой до заданной температуры, который после достижения стационарной температуры вводится в тепловой контакт с внутренней поверхностью исследуемого слоя. На поверхности слоя, противоположной нагреваемой, установлены датчики температуры, которые позволяют измерять зависимость $\Delta t(\tau)$. По этой зависимости из формул (1) и (5) определяется коэффициент температуропроводности.

Были проведены экспериментальные исследования. В модельном эксперименте вместо реальной ОК использовались слои пеноплекса-35 толщиной 3 и 5 см. В двух случаях набирались двухслойные образцы, в которых первый слой имел толщину 5 см, а второй слой – 5 или 3 см. Измеряемые образцы укладывали горизонтально на дополнительный лист пеноплекса.

Температурный напор на нагреваемой поверхности создавался с помощью предварительно прогретого проточного теплообменника – медного квадратного листа с напаянным на одну из его поверхностей изогнутым медным трубопроводом. Сторона листа равна 0,6 м, площадь совпадает с площадью измеряемых образцов. Среднее значение температурного напора составляло $\vartheta_0 = 28 \text{ К}$; колебания температуры теплообменника относительно среднего значения в эксперименте не превышали 1,5 К (см. рисунок). После достижения стационарного уровня температуры теплообменника он устанавливался горизонтально своей плоской поверхностью (противоположной той, на которую напаян трубопровод) на верхний слой исследуемого пеноплекса. На про-

типоволожных поверхностях исследуемых слоев пеноплекса значения перегревов относительно начальной температуры t_c измерялись проволочными медь-константановыми термопарами. При этом термопары оказывались размещенными между плотно уложенными слоями пеноплекса в центральной зоне (на пересечении диагоналей квадратных листов).

Результаты измерений представлены на рисунке. Данные рисунка соответствуют случаю двухслойного образца, собранного из пластин толщиной 5 и 3 см. Черными точками представлены данные по измеренным перегревам между двумя слоями, а кружками — по результатам измерений перегревов на нижней поверхности второго слоя.

По измеренной зависимости $\Delta t(\tau)$ по формулам (5) и (1) вычислялся коэффициент температуропроводности.

После обработки данных измерений получены следующие результаты. В первом эксперименте определенные значения коэффициента температуропроводности $a \cdot 10^7 \text{ м}^2/\text{с}$ составили для одного слоя толщиной 5 см — 5,7; для двухслойной системы общей толщиной 10 см — 6,2. Во втором эксперименте для одного пятисантиметрового слоя — 6,3; для двух слоев общей толщиной 8 см — 5,8.

Сравним полученные результаты со справочными данными. Теплофизические параметры пеноплекса-35 имеют следующие значения: $\lambda = 0,032 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; $c_0 = 5,44 \cdot 10^4 \text{ Дж}/(\text{м}^3\cdot\text{К})$ (удельная теплоемкость $c = 1650 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$), плотность $\rho = 33 \text{ кг}/\text{м}^3$. Вычисленное по этим данным значение коэффициента температуропроводности равно: $a = 5,9 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$. Среднее отклонение измеренных значений от номинального составляет ~4%, а максимальное отклонение не превышает ~7%.

Проведем оценку погрешностей измерений, обусловленных двумя основными факторами — колебаниями температуры теплообменника и погрешностями измерения перегрева Δt .

Погрешность определения значения коэффициента температуропроводности, обусловленная колебаниями температуры теплообменника, может быть определена с учетом следующего соотношения:

$$\Delta a = \frac{L^2}{\tau_1} \Delta F_{01}; \quad \delta a = \delta F_{01}; \quad \delta a = \frac{\Delta a}{a}; \quad \delta F_{01} = \frac{\Delta F_{01}}{F_{01}}, \quad (6)$$

где Δa и ΔF_{01} — абсолютные погрешности измерения соответствующих величин; δa и δF_{01} — относительные погрешности.

Из (6) видно, что для оценки относительной погрешности определения коэффициента температуропроводности достаточно исследовать относительную погрешность определения значения F_{01} .

Исследуем вначале абсолютные погрешности определения F_{01} , которые могут быть вычислены из соотношения:

$$\Delta F_{01} = f_1' \Delta \theta_0, \quad f_1' = \frac{dF_{01}}{\Delta \theta_0}, \quad (6)$$

где $\Delta \theta_0$ — погрешность поддержания относительного температурного напора на границе теплообменника-стенка на номинальном уровне θ_0 .

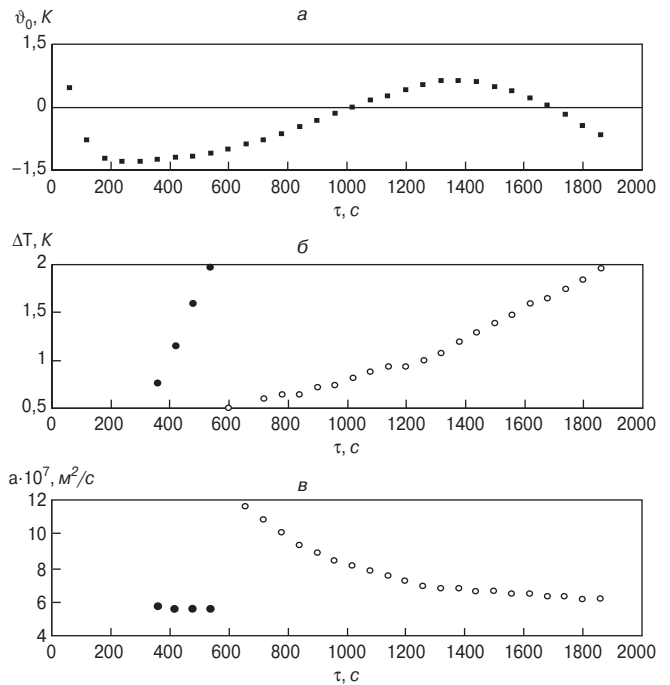
Соответствующие значения абсолютных погрешностей равны:

$$\Delta F_{01} = \begin{cases} 10^{-3} & \text{при } \Delta t = 0,5 \text{ К} \\ 2,25 \cdot 10^{-3} & \text{при } \Delta t = 2 \text{ К} \end{cases};$$

относительные погрешности:

$$\delta F_{01} = \begin{cases} 1,4\% & \text{при } \Delta t = 0,5 \text{ К} \\ 1,9\% & \text{при } \Delta t = 2 \text{ К} \end{cases}.$$

Таким образом, погрешность определения величины F_{01} и, соответственно, коэффициента температуропроводности материала за счет колебаний температурного напора в пределах $\Delta \theta_0 = \pm 1,5 \text{ К}$ не могут превышать ~2%.



Изменение во времени температурного напора на нагреваемой поверхности верхней пластины (а); перегревов на противоположной поверхности верхней и нижней пластины (б), а также определенных значений температуропроводности по данным измерений для верхней и нижней пластин (в). Данные для верхней пластины выделены черным цветом

Относительная погрешность определения значения F_{01} и соответственно коэффициента температуропроводности, обусловленная погрешностью измерения перегрева Δt , может быть определена из соотношения:

$$\delta F_{01} = f_2' \frac{\Delta \theta}{F_{01}}, \quad f_2' = \frac{dF_{01}}{d(\Delta \theta_0)}.$$

В результате оказывается, что при определении перегрева в диапазоне его изменения от 0,5 до 2 К с погрешностью $\pm 0,2 \text{ К}$ относительные погрешности определения величины F_{01} имеют приемлемые значения. Следует отметить, что это оценка погрешностей по максимуму, поскольку в эксперименте использовались дифференциальные термопары, измеряющие перепад температур с погрешностью в среднем $\pm 0,1 \text{ К}$.

На основании произведенных оценок можно сделать вывод, что суммарные случайные погрешности, реализуемые в предложенном методе, не превышают 10%.

По измеренным значениям коэффициента температуропроводности можно из соотношения (1) определить УТС исследованных слоев. При толщинах слоев 5, 8 и 10 см соответствующие значения УТС в $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ равны: 0,15; 0,25 и 0,3.

Результаты проведенных исследований показали эффективность предложенного скоростного метода измерений, что позволяет рекомендовать его для практических измерений удельных тепловых сопротивлений ограждающих конструкций.

Список литературы

1. Богоявленский А.И., Исаков П.Г., Платонов А.С., Ханков С.И. Методы измерения удельного теплового сопротивления ограждающих конструкций // Строит. материалы. 2007. № 6. С. 45—47.
2. Абрамова Е.В., Богоявленский А.И., Исаков П.Г. и др. Устройство для измерения теплофизических характеристик (варианты) / Патент РФ №54193 на полезную модель // Опубл. 10.06.2006.
3. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967. 600 с.

Строительная теплотехника: актуальные вопросы нормирования

26–27 июня 2008 г. в Санкт-Петербурге состоялась I Всероссийская научно-техническая конференция «Строительная теплотехника: актуальные вопросы нормирования». Организаторами конференции выступили СПбЗНИИПИ (бывший ЛенЗНИИЭП) и научно-технический центр «Технологии XXI века». В ее работе приняли участие более 60 ведущих специалистов государственных научных институтов и учреждений, коммерческих научно-технических организаций — НИИСФ РААСН, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, СПбЗНИИПИ, МАРХИ, СПбГАСУ, СПбГУ, СПбГПУ (Политехнический университет), СПбГУПС, Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского, ВИТУ, НТЦ «Технологии XXI века», НП «АВОК», Российского общества инженеров строительства (РОИС), Санкт-Петербургского отделения Центра качества строительства, НИПТИС им. Атаева С.С. (Республика Беларусь) и ряда других проектных институтов и испытательных центров, занимающихся разработкой экспериментальных, теоретических и методических основ в области строительной теплотехники и теплофизики.

Прошло около 12 лет с введения Изменений № 3, а затем и Изменений № 4 к СНиП II-3–79* «Строительная теплотехника», которые круто изменили сложившиеся подходы к проектированию, структуру промышленности строительных материалов, технологию строительства. Ужесточение норм термического сопротивления ограждающих конструкций зданий согласно декларативным заявлениям руководителей различных уровней должно было обеспечить существенное сокращение расхода энергоресурсов на эксплуатацию жилого и промышленного фонда и, как следствие, сокращение бюджетных расходов на эти цели.

В процессе подготовки указанных изменений и сразу после их введения в действие специалисты в области строительной теплотехники и материаловедения, руководители промышленных предприятий и строительных организаций выступали с аргументированной критикой резкого изменения теплотехнических норм, предупреждая о возможных негативных последствиях. Результаты директивного изменения теплотехнических норм теперь можно оценить не умозрительно.

В жилищном строительстве стали массово применяться трехслойные конструкции с теплоизоляционным слоем из так называемых эффективных утеплителей — волокнистых минеральных и полимерных. При этом у проектных организаций не было опыта проектирования зданий с такими ограждающими конструкциями,

а у строительных организаций не было опыта возведения таких зданий. Промышленность строительных материалов также не была готова соответствовать резкому повышению спроса на эффективную теплоизоляцию. К чему это привело в настоящее время, известно.

Традиционные, проверенные временем и климатическими условиями нашей страны материалы, такие как керамзитобетон, керамический и силикатный кирпич, массивная древесина (брус, бревно) и другие, стали менее востребованными в жилищном строительстве. Стремительно стала развиваться промышленность теплоизоляционных материалов на основе базальтового и стеклянного волокна. Характерно, что в основном за счет строительства новых заводов иностранными фирмами, а также скупки ими существующих предприятий с последующей модернизацией. Так или иначе в настоящее время значительная доля данной промышленности принадлежит зарубежным компаниям.

Широкое развитие получило монолитное строительство с высокой степенью армирования, что создает внутри помещений дополнительное электрическое и магнитное поле. Их влияние на здоровье человека изучено недостаточно полно.

В кризисную ситуацию попало большинство домостроительных комбинатов.

Но главная задача, ради которой были существенно ужесточены теплотехнические нормы, — снижение рас-



В зале конференции, как известные специалисты старшего поколения, так и молодые ученые



Участников конференции приветствует зам. генерального директора ОАО «СПбЗНИИПИ» канд. физ.-мат. наук М.В. Кнатько



Зав. кафедрой «Технология, организация и экономика строительства» СПбГПУ д-р техн. наук Н.И. Ватин



Зам. начальника отдела стандартизации и нормирования ОАО «ЦНС» В.Н. Бовбель



Зав. лабораторией теплофизических характеристик и долговечности строительных материалов НИИСФ РААСН д-р техн. наук В.Г. Гагарин



Ведущий специалист НИУПЦ «Межрегиональный институт окна» канд. физ.-мат. наук В.Л. Миков



О стойкости штукатурных фасадных систем рассказывает канд. техн. наук И.В. Бессонов (НИИСФ РААСН)



Декан факультета инженерно-экологических систем СПбГАСУ д-р техн. наук Т.А. Дацок

хода энергоносителей на эксплуатацию зданий так и не решена.

Целью конференции было поднять существующую проблему, обсудить возможные пути ее решения на уровне специалистов в данном научном направлении и донести их консолидированное мнение до руководителей федерального уровня.

В докладе заведующего лабораторией теплофизических характеристик и долговечности строительных материалов НИИСФ РААСН д-ра техн. наук **В.Г. Гагарина** проанализирована экономическая эффективность повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий и убедительно доказано, что их дополнительное утепление с целью снижения эксплуатационных затрат на отопление при текущем уровне ставки рефинансирования и цен на эффективные утеплители, установившихся в настоящее время в Российской Федерации, экономически неоправданно и нецелесообразно. Экономические расчеты показали, что при долговечности материалов менее 50 лет затраты на ремонт многослойных стеновых конструкций (демонтаж, замена и утилизация утеплителя, повторный монтаж крепежных и фасадных элементов) превышают ожидаемую экономию средств от снижения расходов на отопление при эксплуатации.

Директор научного центра РОИС д-р техн. наук **А.И. Апаньев** обратил внимание коллег на результаты исследований долговечности и надежности многослойных ограждающих конструкций, проведенных в последние годы. В настоящее время научно доказано и обосновано, что многослойные конструкции со слоями мягких утеплителей не могут обладать такой же долговечностью, как однослойные или слоистые массивные конструкции. В связи с изменением теплотехнической однородности все слои конструкции начинают разрушаться интенсивнее. Необходимо учитывать, что деградация свойств любого из составных элементов многослойных конструкций (наружное ограждение, ветрозащита, утеплитель, пароизоляция, внутренняя отделка, деревянный

или металлический каркас) приводит к нарушению нормальной эксплуатации всей конструкции, к сокращению межремонтного эксплуатационного периода.

В докладе заведующей лабораторией теплофизики ОАО «СПбЗНИИПИ» **С.А. Байковой** отмечено, что в законе «О техническом регулировании» теплотехнические характеристики не входят в число обязательных. Поэтому сопротивление теплопередаче наружных стен должно определяться как экономически целесообразное для каждого конкретного конструктивного решения и каждого региона. При этом следует помнить, что потери тепла зданием складываются из трансмиссионных теплопотерь (через наружные ограждения) и потерь теплоты на нагревание инфильтрующегося через ограждающие конструкции наружного воздуха.

Расчеты показали, что в общем объеме теплопотерь в зависимости от высоты здания теплопотери через оболочку составляют в среднем 8–10%. Следовательно, утепление наружных стен может принести лишь незначительную экономию и к вопросу повышения энергоэффективности жилых зданий следует подходить комплексно.

Например, при рациональном выборе объемно-планировочных решений (увеличении ширины здания, применении тамбуров и двойных дверей, выбора наименьшей изрезанности фасада) возможно снижение теплопотерь на 10–15%.

Применение системы принудительной вентиляции позволяет обеспечить требуемый воздухообмен и стабилизировать подвижность воздуха в жилых помещениях, что положительно влияет как на микроклимат, так и на влажностный режим наружных ограждений. Подогрев наружного воздуха позволяет уменьшить тепловую нагрузку на систему отопления, значительно сокращает количество секций в отопительных приборах и металлоемкость всей системы в целом.

Применение в кирпичной кладке сверхпоризованного керамического кирпича с коэффициентом теплопроводности 0,22 Вт/(м·°С) позволяет создать однородную стену толщиной 510 мм.



Выступает директор научного центра РОИС д-р техн. наук А.И. Ананьев



Одна из сессий конференции состоялась на борту теплохода

В докладе ведущего специалиста ЗАО «ТММ» *Д.Ю. Лездина* была представлена практика тепловизионного контроля новых и реконструированных зданий. В Санкт-Петербурге эта процедура необходима для заполнения энергетического паспорта зданий, без которого невозможно получение от Ростехнадзора допусков на тепло- и электроснабжение законченных строительных объектов недвижимости. Тепловизионная съемка наглядно показывает наличие скрытых конструктивных, технологических, строительных или эксплуатационных дефектов теплозащиты — это эффективный инструмент в работе проектировщика, позволяющий выявить неэффективные проектные решения.

Например, характерными дефектами стен панельных зданий является низкая теплозащита по периметру панелей и плохая теплоизоляция межпанельных стыков. К типичным видам брака относятся отсутствие внутреннего слоя теплозащиты над оконными проемами и в боковых частях панелей, несоответствие качества и толщины теплоизоляции проекту. Для ограждающих конструкций из кирпичной кладки с утеплителем характерны дефектные зоны в угловых стыках наружных стен, а также в местах расположения балконных плит.

В то же время здания с навесными вентилируемыми фасадными системами имеют наименьшее количество дефектов теплозащиты стен.

В общей сложности участники конференции обсудили около 20 докладов, в которых были затронуты практически все важные вопросы строительной теплотехники.

Специалисты пришли к выводу, что введенный в действие СНиП 23-02—2003 «Тепловая защита зданий» взамен СНиП II-3—79* «Строительная теплотехника» также не отвечает современным требованиям. В нем необходимо заменить предписывающий подход к оценке теплозащитных свойств ограждающих конструкций на потребительский. Величина приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций должна быть выбрана исходя из обеспечения требуемых нормами санитарно-гигиенических условий и согласована с нормируемым удельным показателем расхода тепловой энергии на отопление. Данный подход позволит варьировать величины теплозащитных свойств ограждающих конструкций и тем самым расширит перечень строительных материалов, применяемых в ограждающих конструкциях.

Анализ расчетных и экспериментальных данных по теплоустойчивости ограждающих конструкций зданий вскрыл недостатки существующих методов при расчетах нестационарной (динамической) теплопередачи. Значения коэффициентов тепло- и температуропроводности строительных материалов, приведенные в нормативных и справочных документах, требуют корректировки

с учетом нестационарной теплопередачи. На основании современных представлений о распространении тепловой энергии требуется разработать единую для всех строительных материалов и конструкций методику определения их теплотехнических характеристик при нестационарной передаче тепла через ограждение. Затем необходимо провести контрольные теплотехнические испытания всех строительных материалов, используемых в ограждающих конструкциях, с внесением полученных значений в нормативные документы по строительной теплотехнике и тепловой защите зданий.

Также следует в кратчайшие сроки разработать и внедрить общероссийские методики определения долговечности строительных материалов и конструкций с их применением, позволяющие всем участникам рынка строительных материалов и строительства работать в единых условиях определения качества и назначения продукции.

Участники конференции отмечали, что нужны нормативные документы, обязывающие производителей информировать потребителей о долговечности применяемых строительных материалов и конструкций, а в паспортах зданий указывать безремонтный срок эксплуатации.

После длительных обсуждений было решено, что для регулирования и нормирования тепловых потерь необходимо разработать Свод правил «Тепловая защита зданий», который должен объединить все стандарты, нормирующие теплопоступления, в том числе вентиляцию и отопление.

Мероприятия по энергосбережению необходимо предусматривать на стадии проектирования, комплексно применяя новые технические решения и разработки (рекуперация тепловой энергии вентиляционных потоков воздуха, автоматизация систем отопления и кондиционирования воздуха в зданиях, снижение трансмиссионных потерь тепла, повышение компактности зданий эффективными подходами к архитектурно-строительным решениям, использование теплонакопителей и т. д.).

В обсуждениях, иногда весьма острых, неоднократно высказывалось мнение, что радикальным путем повышения качества теплоизоляции при снижении стоимости ограждающих конструкций является возврат к однослойным массивным стенам и отказ от всех видов полимерных изоляционных материалов.

Оргкомитету конференции поручено довести ее итоги и решения до сведения Правительства России, Министерства регионального развития, Центра методологии нормирования и стандартизации в строительстве, учебных вузов, проектных и специализированных научных организаций.

А.Б. Юмашев, Т.А. Пец

18 – 20 ноября 2008

РОССИЙСКАЯ НЕДЕЛЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

190068, Россия, Санкт-Петербург, а/я 597
Москва: +7 (495) 580 54 36
СПб: +7 (812) 380 65 72
703 71 85, 335 09 92
e-mail: info@dry-mix.ru

EXPO*Mix*

9-ая Международная специализированная выставка
Сухие смеси, бетоны и растворы

*Mix***BUILD**

10-ая Международная научно-техническая конференция
Современные технологии сухих смесей в строительстве

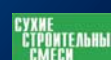
ТЕХНО
строй

4-й Московский международный фестиваль
Строительные материалы и технологии

Генеральный спонсор:

EURO
CEMENT
ЕВРОЦЕМЕНТ груп

Организаторы: Академический научно-технический центр «Алит», Международное аналитическое обозрение «ALIT inform». При поддержке: Государственной думы РФ, Министерства регионального развития РФ, Федерального агентства по строительству и ЖКХ РФ, Правительства Москвы, Правительства Московской области. Информационная поддержка: журнал «Строительные Материалы», журнал «Сухие строительные смеси»





Пензенский государственный университет архитектуры и строительства



Инженерно-строительный институт

230201 – Информационные системы и технологии
270102 – Промышленное и гражданское строительство
270105 – Городское строительство и хозяйство
270114 – Проектирование зданий
270115 – Экспертиза и управление недвижимостью

Институт инженерной экологии

270104 – Гидротехническое строительство
270109 – Теплогазоснабжение и вентиляция
270112 – Водоснабжение и водоотведение
280202 – Инженерная защита окружающей среды

Автомобильно-дорожный институт

190601 – Автомобили и автомобильное хозяйство
190603 – Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (автомобильный транспорт) – Автосервис и фирменное обслуживание
190702 – Организация и безопасность движения
270205 – Автомобильные дороги и аэродромы

Институт экономики и менеджмента

080111 – Маркетинг
080502 – Экономика и управление на предприятии (в строительстве)
080502 – Экономика и управление на предприятии (на транспорте)
080507 – Менеджмент организации

Архитектурный факультет

070601 – Дизайн костюма
070601 – Дизайн среды
070603 – Искусство интерьера
270301 – Архитектура

Технологический факультет

200503 – Стандартизация и сертификация
250403 – Технология деревообработки
270106 – Производство строительных материалов, изделий и конструкций

Факультет управления территориями

120301 – Землеустройство
120302 – Земельный кадастр
120303 – Городской кадастр

Обучение в ПГУАС проводится по всем специальностям очного и заочного обучения как за счет средств федерального бюджета, так и на основе полного возмещения затрат.

В ПГУАС ведется подготовка специалистов по программам высшего профессионального образования заочной формы обучения с применением дистанционных технологий. В университете применяется комплексная методика, включающая аудиторную составляющую и работу со специализированными учебно-методическими комплексами.

440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.
Приемная комиссия ПГУАС
Тел.: (8412) 48-74-75
postmaster@pgasa.penza.com.ru, www.pguas.ru

А.И. ЕРЕМКИН, д-р техн. наук, советник РААСН, ректор,
Т.И. БАРАНОВА, д-р техн. наук, член-корр. РААСН,
проректор по научной работе и инновациям,
В.А. ХУДЯКОВ, канд. техн. наук, проректор по учебной работе,
Пензенский государственный университет архитектуры
и строительства

Наука строить — наука созидать!

В 2008 г. исполняется 50 лет со дня основания Пензенского государственного университета архитектуры и строительства (ПГУАС). За этот период вуз стал одним из ведущих научных, образовательных, культурных и спортивных центров Приволжского федерального округа.

С учетом потребностей рынка труда в университете осуществляется трехуровневая подготовка конкурентоспособных, с высоким уровнем профессиональной компетенции специалистов, бакалавров и магистров в области строительства и архитектуры, дизайна, строительства автомобильных дорог, мостов и аэродромов, гидротехнических сооружений, эксплуатации и сервиса транспортной техники, организации движения на транспорте, менеджмента, маркетинга, экономики и управления на транспорте и в строительстве, землеустройства, информационных систем и технологий, производства строительных материалов и изделий, деревообработки и других сфер промышленности и экономики.

Много возможностей для получения знаний предоставляет вуз.

В университете обучается около 7 тыс. студентов по дневной и заочной формам и в форме экстерната. Ведется подготовка аспирантов по 18 специальностям и докторантов по двум направлениям. На курсах повышения квалификации ежегодно совершенствуют профессиональное мастерство более двух тысяч работников различных отраслей производства Пензы и Пензенской области. Результаты такой работы неоднократно были высоко оценены в Рособразовании и Госстрое России.

Университет сотрудничает в области науки и образования с 16 ведущими университетами ряда стран Центральной и Восточной Европы, Азии, Африки, Ближнего Востока, Америки и Австралии, а также со многими предприятиями, организациями, НИИ как в нашей стране, так и за рубежом.

В настоящее время университет располагает 11 современно оснащенными учебными и лабораторными корпусами, благоустроенными общежитиями, собственным санаторием-профилакторием, комплексом



спортивных сооружений, спортивно-оздоровительным загородным лагерем и базой на Черном море.

Структура вуза включает в себя 4 института и 4 факультета. На 44 кафедрах научно-педагогическую деятельность ведут 65 докторов наук и профессоров, более 300 доцентов и кандидатов наук, высококвалифицированные специалисты, среди которых более 50 членов государственных и общественных академий, заслуженные деятели науки, заслуженные и почетные работники высшей школы и других отраслей.

Ученые и педагоги университета награждены орденами и медалями, являются лауреатами премий и грантов Президента и Правительства Российской Федерации. Среди технических вузов страны по показателю преподавателей с учеными степенями и званиями университет входит в число лучших, и мы уверены, что с годами этот показатель будет неуклонно расти.

Деятельность университета осуществляется с учетом реализации внутривузовской системы менеджмента качества, которая отвечает мировым стандартам и имеет международный сертификат качества в рамках стандарта ИСО 9001—2000.

За свою пятидесятилетнюю историю Пензенский государственный университет архитектуры и строительства стал одним из авторитетных строительных вузов России и уверенно занимает почетную третью позицию в рейтинге Минобрнауки среди строительных вузов.

С каждой защитой диссертации растут научные школы, создаются новые научные направления, накапливаются научные труды, которые внедряются в практику проектирования и строительства.

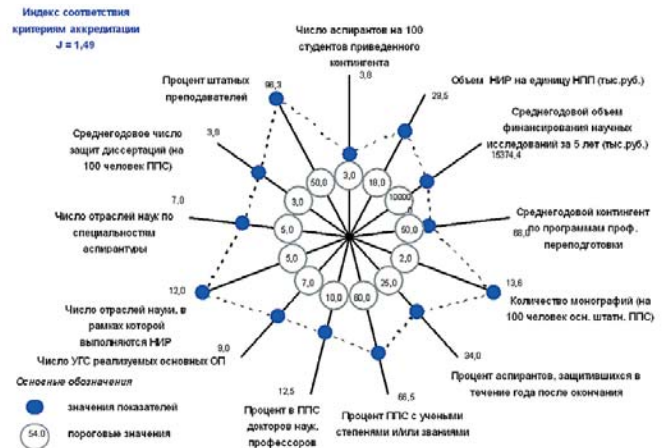
Одна из ведущих научных школ ПГУАС — «**Строительные материалы специального назначения**». Основоположник научной школы — д-р техн. наук, член-корр. РААСН, заслуженный деятель науки и техники РФ, почетный строитель России, почетный работник высшего профессионального образования



Проект авторской мастерской «Диалог»: «Федеральный центр высоких медицинских технологий», возведенный в Пензе



У стенда научно-технических достижений ПГУАС (слева направо): ректор А.И. Еремкин, губернатор Пензенской области В.К. Бочкарев, мэр Пензы А.С. Калашников и министр образования РФ В.М. Филиппов



Лепестковая диаграмма университета по данным Росакредагента за 2007 г.

РФ Анатолий Петрович Прошин. В настоящее время руководителем указанной школы является молодой доктор технических наук Е.В. Королев, ученик А.П. Прошина.

- Основными направлениями деятельности научной школы являются:
- создание долговечных специальных строительных материалов для защиты персонала и оборудования от воздействия химически активных сред и радиоактивного излучения;
 - разработка технологии производства эффективных теплоизоляционных и жаростойких материалов на основе местного сырья и отходов промышленности;
 - развитие нанотехнологий в материаловедении.

В научной школе подготовлено 4 доктора и 34 кандидата наук. Ведущие ученые школы — д-р техн. наук, заведующий кафедрой строительных материалов Е.В. Королев; д-р хим. наук В.Н. Вернигорова; канд. техн. наук В.А. Худяков; канд. техн. наук С.М. Саденко; канд. техн. наук заведующий кафедрой технологии

деревообработки В.А. Береговой (докторант).

Научные направления школы признаны и отмечены президентским грантом поддержки ведущих научных школ в области технических и инженерных наук (решение Совета по грантам Президента Российской Федерации №1 от 23.02.2000 г.), грантами Российской академии архитектуры и строительных наук; Министерства образования и науки РФ; Роснауки РФ и др.

Разработанные радиационно-защитные и теплоизоляционные композиционные материалы удостоены дипломов различных международных и всероссийских выставок, награждены бронзовой медалью ВДНХ СССР, золотыми, серебряной и бронзовой медалями ВВЦ. Работа «Создание высокоэффективных неавтоклавных теплоизоляционных стеновых материалов» удостоена диплома РААСН. Цикл исследований «Сверхтяжелые бетоны для защиты от радиации» удостоен диплома и малой медали РААСН.

Создание сверхтяжелых бетонов для защиты от радиации признано наиболее значимым научным и научно-техническим достижением Российской академии архитектуры и строительных наук.

Разработки этой научной школы внедрены на многих российских предприятиях. За разработку новых строительных материалов специального назначения получено более 100 авторских свидетельств и патентов. Результаты научных исследований опубликованы в многочисленных монографиях, зарубежных и отечественных журналах, трудах конференций, конгрессов и симпозиумов, в том числе в Турции, США, Германии, Египте, Испании, Таиланде, Израиле, Великобритании, Китае, Болгарии и других странах.

Научная школа «Разработка энергосберегающих технических решений в области создания искусственного микроклимата в зданиях различного назначения», возглавляемая д-ром техн. наук А.И. Еремкиным, занимается вопросами разра-



Магистры кафедры строительных конструкций с заведующей кафедрой д-ром техн. наук Т.И. Барановой (вторая слева)



Рабочий визит в Пензу в начале 2008 г. Президента РФ В.В. Путина и первого вице-премьера Правительства РФ Д.А. Медведева



Г.И. Грейсух и заместитель директора Института систем обработки изображений РАН Н.Л. Казанский (справа) после получения дипломов IV Международного форума «ГОЛОЭКСПО – 2007»



С.А. Степанов в научной оптической лаборатории кафедры физики ведет экспериментальные исследования вместе с молодыми учеными



Учеба и практика – основа прочных знаний и навыков будущих бакалавров, специалистов и магистров

ботки и внедрения в практику строительства энергосберегающих технических решений в области создания микроклимата в промышленных и гражданских зданиях.

Важным направлением развития и реализации инновационных технологий в системе климатизации зданий различного назначения является энерго- и ресурсосбережение. Данной проблемой занимаются д-р техн. наук В.А. Майоров, канд. экон. наук Т.И. Королева, кандидаты техн. наук А.Г. Аверкин, С.Г. Прохоров и др.

Канд. экон. наук Т.И. Королева широко использует энергосберегающие технологии при проектировании гражданских зданий в Пензенской, Московской и других областях Российской Федерации. Она на протяжении десятка лет является руководителем Международного научно-технического семинара по проблеме энергосбережения и экологии в промышленном и жилищно-коммунальном комплексах, где выступает с докладами о научных разработках.

Экологическими проблемами защиты населения от аварийно-опасных веществ при их уничтожении, природой запахов, дезодорацией газовых, в том числе вентиляционных, выбросов занимается д-р техн. наук В.А. Майоров.

Канд. техн. наук А.Г. Аверкин в рамках научной школы занимается разработкой и совершенствованием процессов и оборудования по тепловлажностной обработке воздуха, а также способов утилизации низкопотенциальной теплоты удаляемого воздуха в системах вентиляции и кондиционирования для зданий различного назначения.

Решением проблемы утилизации теплоты дымовых газов технологических печей и котельных, усовершенствованием технологических процессов сжигания жидкого топлива в жаротрубных котлах занимается группа

сотрудников под руководством канд. техн. наук С.Г. Прохорова.

Проблема развития и реализации инновационных технологий в системе климатизации производственных зданий, которая обеспечивает энергосбережение, качество продукции, оздоровление воздушного бассейна производственных помещений, является актуальной во всем мире. Именно этим и определяется важность научных исследований, проводимых в рамках научной школы.

Инновационная деятельность школы признана среди научно-педагогической общественности и подтверждена дипломами, медалями различного уровня, ее результаты опубликованы в научно-методических трудах, подготовленных коллективом научно-педагогической школы.

Результаты научной работы школы публикуются в журналах: «Известия высших учебных заведений», «ACADEMIA / Архитектура и строительство» Российской академии архитектуры и строительных наук, «Строительные материалы», «Текстильная промышленность», «Известия Тульского государственного университета», «Инженерные системы». АВОК – Северо-Запад», «Высшее образование в России», «Высшее образование сегодня», «Интеграция образования», а также в сборниках научных трудов РАН и РААСН и международных конференций.

К основным из более чем 300 научных, научно-методических и учебных работ, опубликованных в последние годы, относится 7 монографий, 30 авторских свидетельств и патентов, 17 учебных пособий с грифом Минобразования РФ и Учебно-методического объединения по строительным специальностям, которые широко используются в вузах России.

Огромный вклад в науку внесла **школа кафедры «Строительные конструкции, здания и сооружения»**, возглавляемая д-ром техн. наук,

член-корр. РААСН, заслуженным деятелем науки и техники РФ, почетным строителем России, почетным работником высшего профессионального образования РФ Т.И. Барановой. Школой подготовлено 40 кандидатов и 7 докторов технических наук, написано более 300 научных трудов, книг и монографий.

Основные направления научной деятельности – создание нормативных методов расчета железобетонных конструкций, совершенствование и разработка новых видов железобетонных конструкций, реконструкция зданий и сооружений.

Т.И. Барановой создан Научный центр системного исследования железобетонных и строительных конструкций, который является филиалом лаборатории теории бетона и железобетона НИИЖБ. Разработаны новые методы расчета железобетонных конструкций, которые включены в нормы проектирования СНиП 2.03.01–84, а также в другие действующие нормы. Результаты научных исследований – новые методы расчета и конструктивные решения коротких железобетонных конструкций использованы при разработке типовых серий изделий и имеют массовое применение в промышленном и гражданском строительстве.

Выиграно 27 грантов государственного уровня. Выполнено около 120 научно-исследовательских работ по исследованию основных несущих конструкций монолитных и каркасных многоэтажных зданий. Разработана экспериментальная теория сопротивления железобетонных ростверков свайных фундаментов, стен, балок-ригелей, безригельных перекрытий, узлов сопряжения несущих конструкций и многих др.

В настоящее время ведется активная работа по разработке сводов правил, СНиП.

Большой вклад в развитие пензенского регионального строитель-

ства вносит д-р техн. наук Т.И. Баранова в области реконструкции и восстановления зданий и сооружений, в сохранении памятников архитектуры. Примером являются: историческое здание Аптеки № 1, здание Военного госпиталя, историческое здание бывшего Законодательного собрания и др. Совместно с ведущими специалистами кафедры кандидатами техн. наук И.С. Гучкиным, Д.В. Аргушиным, Д.В. Поповым и др. выполнено более 100 проектов по реконструкции и усилению различных зданий. Ведущими профессорами научной школы являются д-р техн. наук К.К. Нежданов, кандидаты техн. наук И.С. Гучкин, Ю.П. Скачков, Н.Н. Ласьков, В.М. Вдовин, В.С. Абрашитов, В.А. Туманов.

Научная школа «Компьютерная оптика», руководимая докторами техн. наук Г.И. Грейсухом и С.А. Степановым, выполняет исследования, направленные на развитие теории и принципов построения и методов расчета оптических систем с асферическими, дифракционными и градиентными элементами. В практическом плане работы направлены на совершенствование оптических и оптико-электронных приборов благодаря использованию новой элементной базы и непрерывно совершенствуемого программного обеспечения расчета и проектирования.

Ориентация на всестороннее использование компьютерных технологий при решении оптических задач позволяет привлекать к научной работе студентов, обучающихся по специальности «Информационные системы и технологии». Через курсовое и дипломное проектирование, практику на кафедре физики ведется их подготовка к поступлению в аспирантуру по специальности 01.04.01 «Приборы и методы экспериментальной физики».

Гордость университета – выпускники, востребованные на рынке труда не только в Пензенской области, но и за ее пределами. Пожалуй, нет такого региона на территории России и стран СНГ, где бы не работали наши специалисты в различных отраслях промышленности.

Как показывает практика их трудовой деятельности, хорошая фундаментальная и практическая подготовка создает условия для формирования высокообразованной, нравственной, творчески мыслящей личности, умеющей ориентироваться в сложной социально-экономической обстановке, оценивать общественные явления и, главное, способной постоянно об-

новлять профессиональные знания и умения, а также готовой к профессиональной переориентации и адаптации к различным смежным областям инженерной, научной, административно-управленческой и предпринимательской деятельности. Среди выпускников университета есть министры, руководители регионов, крупных фирм и концернов, генералы. Вуз по праву гордится своими выпускниками и результатами их труда.

Специалисты Центра маркетинга и трудоустройства университета осуществляют мониторинг регионального рынка труда и на его основе строят прогнозы ожидаемой потребности в специалистах на ближайшие годы. Ежегодная потребность в специалистах вуза значительно превышает количество выпускников. Такая ситуация ставит перед коллективом вуза серьезные задачи по подготовке высококвалифицированных кадров на основе долгосрочных договоров с предприятиями различных форм собственности.

Руководство университета и профессорско-преподавательский состав радуется, что ни один из выпускников нашего вуза не остался без работы. Такие результаты достигнуты благодаря реализации программы комплексной поэтапной системы непрерывной практической подготовки и трудоустройства выпускников. В рамках реализации этой программы все старшекурсники закрепляются за соответствующими предприятиями, где проходят производственную и преддипломную практику. Благодаря этому они могут в условиях производства установить контакт с работодателем, заинтересовать его, и главное, получить базу для трудоустройства. В дальнейшем места работы выпускников, как правило, совпадают с местами предварительного распределения. Положительный опыт работы вуза был неоднократно отмечен со стороны Рособразования грантами и медалями различных конкурсов и выставок.

Студенты успешно совмещают учебу с активной научно-исследовательской работой в научных кружках (их насчитывается более 200), участвуют во всероссийских и международных конференциях, семинарах, конкурсах, смотрах, выставках и других научных мероприятиях.

Под руководством опытных преподавателей, многие из которых имеют собственный бизнес, студенты не только приобщаются к трудовой деятельности, но и зарабатывают деньги. Традицией стала работа

студенческих конструкторских бюро и научно-производственных отрядов на кафедрах экономики, организации и инвестиций; менеджмента; маркетинга и экономической теории; строительных конструкций; технологии бетонов, керамики и вяжущих; основ архитектурного проектирования; дизайна; градостроительства; оснований и фундаментов; теплогазоснабжения и вентиляции и др. На кафедрах иностранных языков свыше 20 лет успешно работают студенческие бюро переводов. Многие студенты в процессе обучения работают по своим специальностям, имеют собственный бизнес.

В свободное от занятий время студенты успешно занимаются творчеством. Неоднократными победителями областных, региональных и всероссийских студенческих конкурсов были такие популярные коллективы, как ансамбль народного танца «Россияне», команды КВН «Вторая пара» и «210 см», фольклорный ансамбль, театр-студия «Мастер», танцевальные коллективы «Малахит» и «Аделис», вокальный ансамбль, школа художников-оформителей, ансамбль бального танца и др.

В университете созданы прекрасные условия для занятий физкультурой и спортом. В спортивном клубе работает более 20 секций: баскетбол, волейбол, футбол, легкая атлетика, лыжи, бокс, настольный теннис, шахматы, аэробика, плавание, силовое троеборье. С полной уверенностью можно сказать, что тренеры и преподаватели, укрепляя здоровье студентов, готовят мастеров спорта, спортсменов-разрядников самого высокого уровня. Среди выпускников есть чемпионы и призеры всероссийского и европейского уровня, победители студенческих олимпиад и чемпионатов.

В связи с вхождением России во Всемирную торговую организацию и Болонский процесс перед коллективом вуза стоят новые задачи, решить которые можно только используя современный отечественный и мировой опыт во всех отраслях науки и производственной сферы, применяя инновационные технологии и методы.

2008 год – юбилейный год для университета. Полувековой опыт работы позволяет говорить, что мы занимаемся благородным делом: готовим специалистов самого высокого уровня для разных отраслей экономики России. Созидательный труд наших выпускников способствует процветанию Родины и создает прочный фундамент для благополучной жизни последующих поколений.

Е.Н. ЛЕОНТЬЕВ, канд. техн. наук, главный технолог,
ООО «АВИС» (п. Красково Московской обл.)

Возможности снижения зависимости производства автоклавных материалов от дефицита цемента

В последние годы во всех регионах Российской Федерации заметен рост промышленного, гражданского и жилищного строительства. Этому, очевидно, способствует национальный проект «Доступное и комфортное жилье — гражданам России».

Вместе с тем уже выявился дефицит различных строительных материалов, в том числе цемента, что может отрицательно сказаться на выполнении нацпроекта.

Известно, что до сих пор цементная промышленность, насчитывающая 54 цементных завода, еще не восстановила объемов выпуска цемента бывшей РСФСР. Сейчас цементная промышленность выпускает немногим больше 55 млн т цемента при годовой потребности не менее 80–90 млн т. В ближайшие годы значительного роста производства цемента ожидать не приходится. Действующие цементные заводы устарели, их реконструкция требует значительных капиталовложений. По мнению специалистов, реконструкция только одного цементного завода может стоить более 2,5 млрд р. при сроке окупаемости капложений не менее 5 лет. На строительство нового завода на каждый 1 млн т цемента объем инвестиций составляет 2,5–6 млрд р.

Основными потребителями цемента в строительстве являются каркасно-монолитные технологии возведения объектов, предприятия по выпуску сборных бетонных и железобетонных изделий и дорожное строительство. При производстве стеновых строительных материалов цементоемкими являются многочисленные предприятия (как правило, малые) по выпуску эффективных стеновых материалов из неавтоклавных ячеистых бетонов с общим объемом производства 5,5–6 млн м³ в год.

Кажущееся ранее отсутствие дефицита цемента способствовало быстрому росту многочисленных предприятий различной мощности по выпуску цементоемких стеновых и теплоизоляционных изделий из пенобетона, газобетона, полистиролбетона. Дефицит цемента и рост цен на него ставят эти предприятия в сложное положение. Поэтому предприятия стройиндустрии покупают цемент в других странах по рыночным ценам, действующим в России. Стоимость цемента на внутреннем рынке катастрофически и неуправляемо растет. Если, например, на московском рынке в 2004 г. цемент стоил 900–950 р./т, в 2006 г. — 1800–2100 р./т, то в 2007 г. — 5200–6000 р./т.

По расчетам экспертов Департамента ценообразования и экспортно-аналитической работы Ассоциации строителей России только в 2007 г. средневзвешенные цены 1 т цемента (без НДС и стоимости доставки) составили: в июне 3071,78 р./т, в июле 3714,37 р./т, в августе 4394 р./т [1].

Рынок быстро реагирует повышением цен на растущий спрос цемента при его дефиците. Поэтому в сложившихся условиях эффективно снижение использования цемента за счет увеличения использования бесцементных вяжущих веществ в производстве строитель-

ных материалов и бетонов. Дефицит цемента может быть уменьшен при освоении альтернативных технологий. Это прежде всего использование различного рода добавок, отходов промышленности, а также применение эффективных технологических приемов.

Наиболее проверенной технологией, позволяющей отказаться от цемента или существенно сократить его расход, является производство изделий и конструкций из ячеистого и плотного бесцементных (силикатных) бетонов автоклавного твердения [2, 3]. Известно, что в процессе тепловлажностной обработки в автоклавах при температуре 175–200°C из оксидов CaO и SiO₂ синтезируются гидросиликаты, по своим свойствам не уступающие гидросиликатам цемента, клинкерные минералы которого образуются в основном из этих же оксидов в жидком расплаве при температуре 1450°C [4].

Значительно и более быстро увеличению объемов производства изделий и конструкций из бесцементных автоклавных бетонов без крупных капиталовложений может способствовать организация выпуска изделий и конструкций из ячеистого и плотного автоклавных бетонов на заводах КПД и силикатного кирпича. На заводах КПД в силу изменившихся условий строительства необходимо менять объем и номенклатуру выпускаемой продукции. Здесь целесообразно организовать производство сборных бетонных и железобетонных изделий с использованием бесцементных вяжущих автоклавного синтеза. Большая часть основного оборудования для этого уже имеется: приемные отделения сырьевых материалов, дозировочное и смесительное оборудование, оборудование арматурных цехов, бетоноукладчики, внутрицеховое подъемно-транспортное оборудование, склады готовой продукции, котельные и электроподстанции.

Дополнительно необходимо создать помольное отделение, кассетные установки заменить на автоклавы, автоматизировать тепловлажностную обработку изделий в автоклавах и создать современную АСУ ТП.

На реконструируемых площадях можно производить сборные железобетонные изделия, используемые в строительстве, — многпустотные плиты перекрытий с обычной или предварительно напряженной арматурой. По конструкции эти плиты из силикатного железобетона не отличаются от аналогичных из цементного железобетона. Представляет интерес организация производства силикатобетонных пустотелых элементов для каркасных зданий, например однопустотных колонн сечением 300×300 и 270×220 мм и двухпустотных ригелей сечением 500×220 мм с круглыми пустотами [3]. Такие изделия можно изготавливать на формовочном оборудовании для производства многпустотных плит перекрытий. Нормативная база для этого имеется. Технологические принципы производства изделий из бесцементного силикатного бетона изложены в Инструкции СН 529–80 [5], а расчет конструкций в СНиП 2.03.02–86 [6].

Около 100 предприятий домостроительного комплекса ввели в эксплуатацию мощности по производству мелких блоков из ячеистого бетона автоклавного и неавтоклавного твердения. Как правило, при производстве изделий из неавтоклавного ячеистого бетона в качестве вяжущего используют цемент, а при производстве автоклавного ячеистого бетона в сырьевой смеси цемента содержится 50–90%. Часть этих производств создана на существующих площадях ДСК. В составе некоторых ДСК создаются заводы годовой производительностью 200, 400 и даже 600 тыс. м³ изделий из автоклавных ячеистых бетонов с использованием в сырьевой смеси преимущественно цемента с небольшой добавкой извести. Такие заводы строятся, как правило, на дорогостоящем немецком оборудовании. К сожалению, снизить расход цемента на этих заводах, видимо, не удастся, так как качество выпускаемой продукции поставщики оборудования жестко связывают с предлагаемой ими технологией и высокими требованиями к сырьевым материалам.

Более интенсивного снижения расхода цемента и увеличения объема выпуска эффективного строительного материала можно добиться при организации производства изделий из бесцементных автоклавных бетонов на действующих заводах силикатного кирпича. К аналогичному мнению пришли участники секции материалов и изделий научно-технического совета Госстроя России еще в 2003 г. Этому будет способствовать наличие сырьевой базы, использование отделений приема и переработки сырья, включая помольные отделения, использование или частичная замена существующих автоклавов, а главное, наличие квалифицированных специалистов. К тому же на заводах силикатного кирпича уже имеются производственные площади, системы тепловых, энергетических и транспортных коммуникаций.

В промышленности строительных материалов в конце XX в. только в России работало более 100 заводов силикатного кирпича, сейчас их осталось около 90. На части заводов снизились объемы производства, поменялся профиль деятельности. Часть заводов требует реконструкции с заменой изношенного и устаревшего технологического оборудования. На большинстве предприятий уже организовано производство изделий из ячеистого автоклавного бетона, монтируется необходимое технологическое оборудование или ведутся проектные работы. Всего в РФ в 2007 г. объем производства изделий из ячеистого автоклавного бетона составил немногим более 6,6 млн м³.

В качестве вяжущего здесь все же предусмотрено использование портландцемента, так как считается, что портландцемент обеспечивает автоклавному ячеистому бетону повышенные прочностные показатели. Однако это утверждение в принципе неверно.

Многими исследователями доказано, что портландцемент в производстве изделий из автоклавных бетонов не выполняет роль вяжущего и никак не способствует повышению их прочностных показателей. В действительности он выполняет только роль компонента вяжущего автоклавного синтеза.

При нормальном твердении цемента (при температуре до 100°C) основная прочность цементных бетонов обеспечивается в результате гидратации клинкерного минерала алита (C₃S). Поэтому содержание его в цементах поддерживается в пределах 50–65%. Напротив, автоклавная обработка цемента с повышенным содержанием C₃S для повышения прочности малоэффективна, а наличие C₃A приводит, как правило, к отрицательным результатам.

По мнению П.И. Боженова, фазовый состав затвердевшего цемента в нормальных условиях (ниже 100°C)

значительно отличается от гидросиликата, синтезированного из того же цемента в автоклаве при температуре 174,5–200°C. Портландцемент, несмотря на его высокие прочностные свойства при нормальном твердении, нельзя считать хорошим сырьем для производства автоклавных материалов [4].

Введение портландцемента в сырьевую смесь при производстве изделий из автоклавных бетонов, по мнению Б.Н. Виноградова, целесообразно только в качестве добавки при использовании некондиционного природного сырья [7]. Тем более что при помолке клинкера в цемент добавляют до 4% гипса, который регулирует сроки схватывания как цемента, так и извести.

В заводской практике производства ячеистого бетона при использовании быстрогидратирующейся и высокоэкзотермичной извести-кипелки, которая при автоклавной обработке также не является вяжущим веществом, введением цемента регулируют только сроки схватывания и уровень экзотермии при гидратации CaO. В этом случае скорость нарастания пластической прочности и качество сырья перед разрезкой массива полностью зависят от условий гидратации CaO с образованием кристаллической структуры гидроксида кальция. Вместо цемента с этой же целью, как правило, используют двуводный гипс или триэтаноламин.

До автоклавной обработки гидратация клинкерного минерала C₃S (алита) идет по обычной реакции с образованием C₂S (белита) и Ca(OH)₂. В естественных условиях, как известно, C₂S твердеет очень медленно. Сроки схватывания цемента – начало 2–4 ч, конец 3–5 ч, несопоставимы со сроками схватывания при гидратации оксида кальция.

Ориентировочная продолжительность вызревания отформованных массивов до их разрезки зависит от количества цемента для бетона марок D400 и D600 равна соответственно 5–7 ч и 4–6 ч; со средним количеством цемента 2–3 ч и 1,5–2,5 ч, а без цемента 1,5–2 ч и 1–1,5 ч (ориентировочные составы приведены в таблице).

Использование цемента в качестве основного сырья приводит даже к усложнению технологии. При разрезке затвердевших массивов клинкерная составляющая смеси после гидратации еще не успевает полностью закристаллизоваться и сохраняет способность тиксотропности. После разрезки в массивах (до 100°C) возобновляются процессы кристаллизации и твердения клинкерных гидросиликатов. Изделия в ряде случаев сцепляются, и после автоклавной обработки необходим передел технологии со специальным оборудованием для разборки массивов.

В процессе автоклавной обработки из продуктов гидратации цемента синтезируются высокоосновные гидросиликаты и гидроалюминаты кальция, которые характеризуются невысокой прочностью.

Вторым после извести основным компонентом вяжущего автоклавного синтеза, как известно, является оксид кремния SiO₂. Как показала практика производства изделий из автоклавных бетонов, сырьевые смеси, содержащие известь и кварцевый песок необходимой дисперсности, при соотношении CaO:SiO₂=1 в процессе автоклавной обработки создают высокопрочные материалы за счет образования низкоосновных гидросиликатов.

Бесцементные вяжущие автоклавного синтеза характеризуются марками 300, 400, 500, 600. При этом получить бесцементное вяжущее марок 600 и 700 значительно проще, чем цемент таких же марок [3].

Известно, что оксид кремния при нормальной температуре остается практически инертным и только при повышенной температуре и во влажной среде увеличивается его растворимость, которая зависит от тонины измельчения зерен кварца. Также в процессе помола

поверхность зерен кварца аморфизуется и растворимость его повышается. В присутствии оксида кальция она еще увеличивается. Практически с поверхности зерна кварца растворяются до 4 мкм.

Решая проблему экономии цемента при изготовлении эффективных строительных материалов, необходимо обратить внимание на использование различных промышленных отходов. Большая часть этих отходов в обычных условиях инертна или малоактивна. Автоклавный способ производства делает эти отходы ценнейшим сырьем [1, 4, 8, 9, 10]. Например, в случае использования в составе сырьевой смеси золы уноса повышенной основности, полученной от сжигания каменного угля, стало возможным частично или полностью отказаться от цемента (Сланцевские заводы, Ахтмесский, Нарвский заводы).

При использовании кислых зол в состав сырьевой смеси целесообразно вводить оксид кальция, как это делают на Ангарском заводе и в Рефтинском объединении «Теплит» [11].

Успех от использования зол, шлаков и других отходов промышленности в значительной мере зависит от стабильности их свойств. Так, золы от сжигания каменного угля различных месторождений характеризуются непостоянством по химическому и минералогическому составу, что отрицательно сказывается на стабильности технологии и качестве изделий. По этой причине на Ступинском ЗЯБ в свое время отказались от использования золы уноса, а на Новомичуринской ГРЭС (Рязанская обл.) не смогли запустить новую технологическую линию по производству мелких блоков из ячеистого бетона, используя автоклавы для обычного пропаривания цементного бетона.

Более чем 50-летний опыт промышленного производства изделий из ячеистого бетона позволил определить основные требования к качеству сырья, в частности к извести. Однако не всегда эти требования удовлетворялись и приходилось приспосабливаться к качеству извести, используемой в металлургической, сахарной, химической промышленности и др. В последнее время с увеличением производства изделий из ячеистого бетона производители извести все больше стали стремиться к удовлетворению требований нашей промышленности. В связи с этим потребность в цементе как в добавке, корректирующей технологические свойства извести, по существу отпадает.

Однако до сих пор почти все предприятия, выпускающие изделия из автоклавного ячеистого бетона, в составе сырьевой смеси используют цемент. Расход его на 1 м^3 изделий очень сильно колеблется и зависит не только от качества сырья, но и от принятой номенклатуры изделий. Так, при изготовлении стеновых панелей для промышленного строительства расход цемента достигает более 350 кг при небольшой добавке извести (зачастую превышает расход извести в 2,5 раза); при изготовлении мелких стеновых блоков расход цемента и извести приблизительно одинаков (в среднем 137 кг цемента и 135 кг извести), а при изготовлении теплоизоляционных изделий расход цемента превышает расход извести на 25%.

Из анализа работы предприятий следует, что на 1 м^3 продукции расход цемента в среднем по отрасли составляет 210 кг, а извести 136 кг. Таким образом, при общем объеме производства ячеистого бетона 6,6 млн м^3 потребность в цементе ориентировочно составляет 1,4 млн т, а в извести 0,9 млн т. Для полной замены цемента известью потребуется дополнительно немногим больше 0,5 млн т извести. Такая возможность у нас в стране есть. По данным ООО «Информбюро», в настоящее время в России производится 10 млн т извести, в том числе на технологические нужды расходуется около 7 млн т.

При этом следует учитывать, что для организации производства изделий из ячеистого бетона на заводах силикатного кирпича нет необходимости в увеличении объема выпуска извести. При современном объеме производства 9 млрд шт. условного кирпича на каждые 1000 шт. условного кирпича расходуется 0,446 т извести, то есть на каждый 1 м^3 изделий из ячеистого бетона на заводах силикатного кирпича уже есть 0,223 т извести (при средней потребности 0,21 т на 1 м^3). Поэтому существует потенциальная возможность увеличения годового объема производства эффективного стенового материала на 18 млн м^3 , при этом 24–25 млн м^3 будет производиться без цемента. В действительности увеличение объема производства изделий из ячеистого бетона будет меньше, так как во многих регионах страны спрос на силикатный кирпич не падает.

Вместе с тем даже при частичном переходе производства с силикатного кирпича на изделия из ячеистого бетона необходимо повышение качества извести. Сейчас на многих заводах силикатного кирпича зачастую используют известь II и III сорта. В общем объеме потребляемой извести на ЗСК к третьему сорту относятся более 50%, а ко второму более 25% извести. Как известно, в технологии силикатного кирпича не регламентируется время и температура гидратации оксида кальция, которые в технологии ячеистого бетона существенно влияют на температуру, время схватывания и твердения извести, необходимые для созревания массивов перед их разрезкой.

Исключение цемента из сырьевой смеси автоклавного ячеистого бетона обеспечивает:

- снижение зависимости заводов от монополистов – поставщиков цемента;
- возможность увеличения объемов производства;
- существенное снижение затрат на сырьевые материалы.

Экономическая выгода такого решения очевидна. Она будет более наглядна при сопоставлении расходов на сырье для цементных и бесцементных бетонов наиболее распространенных плотностей D400 и D600. Ориентировочные составы бетонных смесей выбраны в соответствии с нормами технологического проектирования и приведены в таблице.

Цены на компоненты сырьевой смеси соответствуют установившимся в Московской области на конец 2007 г. и начало 2008 г. В прилегающих к Москве областях стоимость цемента может оказаться и выше.

В таблице приведены составы сырьевых смесей с различным расходом цемента – максимальным, средним и без него, а также сумма затрат в себестоимости продукции для каждого из составов.

При использовании в качестве компонента вяжущего автоклавного синтеза гранулированных шлаков, белитовых шламов – отхода алюминиевого производства, высококальциевых зол и топливных шлаков затраты на производство 1 м^3 бетона снизятся пропорционально выводу из состава цемента и извести.

В некоторых публикациях утверждается, что на автоклавную обработку расходуется значительно больше тепловой энергии, чем на тепловлажностную обработку в камерах пропаривания. При этом совсем не учитывают, что автоклав в отличие от камер пропаривания – это герметично закрывающийся сосуд с совершенной теплоизоляционной защитой. Пар расходуется всего в течение 1,5 ч до начала изотермической выдержки. Во время изотермической выдержки продолжительностью 6 ч пар практически не расходуется.

Расход пара на нагрев образующегося конденсата исключен, так как он своевременно удаляется при помощи автоматической системы, а тепло конденсата утилизируется для подогрева воды в котельной, для технологических и других нужд.

Компоненты смеси	Цена с НДС, р./т	D400		D600	
		Расход на 1 м ³ , кг	Стоимость, р.	Расход на 1 м ³ , кг	Стоимость, р.
Цемент	6000	190	1140	285	1710
Известь	1500	13	20	19	29
Песок	240	180	43	270	65
			1203		1804
Цемент	6000	80	480	120	720
Известь	1500	95	143	135	203
Песок	240	210	50	320	77
			673		1000
Цемент	–	–	–	–	–
Известь	1500	150	225	210	315
Песок	240	225	54	355	85
Гипс	500	6	3	8	4
			282		404

Большая часть тепла, как известно, расходуется на нагрев металлических форм и отформованного бетона. В ямных камерах пропаривания, например, при массе форм 1000 кг на их нагрев и на нагрев 1 м³ бетона расходуется 170–274 кг пара, при массе форм 2000 кг – 190–304 кг, при массе 3000 кг – 210–336 кг пара.

В технологии изделий из автоклавного ячеистого бетона расход пара для бетонов различной плотности, запаренных в формах и без них (по резательной технологии), также различен. Так, расход пара на 1 м³ изделий для D400 в формах – 260 кг, без форм – 160 кг; для D600 соответственно 280 и 190 кг; для D800 – 300 и 210 кг.

При изготовлении изделий из автоклавных ячеистых бетонов следует учитывать и использовать специфическую особенность этого производства. Во время схватывания и твердения свежотформованного бетона за счет экзотермического эффекта гидратации извести металлические формы и бетон нагреваются до температуры 60–70°С. Если перед загрузкой в автоклав сохранить это тепло в термосных камерах, то расход пара существенно снижается. Вместе с тем на многих предприятиях этому вопросу не уделяют должного внимания. Как правило, после разрезки отформованные массивы в течение нескольких часов на постах выдерживания остывают. Наиболее эффективно располагать термосные камеры между автоклавами.

Таким образом, существует реальная возможность исключить из состава сырьевой смеси автоклавных бетонов плотной и ячеистой структуры (без снижения качественных показателей продукции) дефицитный портландцемент, используя в качестве компонента вяжущего автоклавного синтеза известь-кипелку, металлургические шлаки, топливные золы и другие промышленные отходы, из которых при тепловлажностной обработке в автоклавах синтезируются высокопрочные гидросиликаты.

По данным официальной статистики, в Российской Федерации действует более 70 предприятий по производству изделий из автоклавного ячеистого бетона. Многие из них построены в середине прошлого века и требуют реконструкции или существенного совершенствования технологии. Это прежде всего касается автоматизации процесса приготовления бетонной смеси, применения вибрационной технологии формирования, установки или реконструкции резательных комплексов, освоения автоматической системы управления всем технологическим процессом на современном уровне.

Список литературы

1. Доступное жилье не построить из недоступного цемента // Строит. материалы. 2007. № 9. С. 38.
2. Хавкин Л.М., Крыжановский Б.Б. Силикатобетонные панели для сборного домостроения. М.: Издательство литературы по строительству, 1964. 244 с.
3. Леонтьев Е.Н. Производство несущих конструкций и изделий из бесцементного плотного силикатного бетона // Научно-технические достижения и передовой опыт в производстве строительных материалов: Информ. сборник ВНИИЭСМ. Вып. 2. 1990. С. 16–30.
4. Боженов П.И. Технология автоклавных материалов. Л.: Стройиздат, 1978. 368 с.
5. Инструкция по технологии изготовления конструкций и изделий из плотного силикатного бетона. СН 529–80 М., 1981. 28 с.
6. СНиП 2.03.02–86. Бетонные и железобетонные конструкции из плотного силикатного бетона.
7. Виноградов Б.Н. Сырье для производства автоклавных силикатных бетонов. М.: Издательство литературы по строительству, 1966. 163 с.
8. Леонтьев Е.Н. Производство изделий из автоклавных бетонов на основе вторичного сырья и отходов промышленности // Семинар ООН по малоотходной технологии ENV/SEN. Ташкент, 1984. 12 с.
9. Драйчик Ю.И., Леонтьев Е.Н., Хвостенков С.И. Использование отходов в производстве автоклавных материалов и местных вяжущих // Промышленность автоклавных материалов и местных вяжущих. ВНИИЭСМ, 1986. Вып. 2. 46 с.
10. Гладких К.В. Изделия из ячеистых бетонов на основе шлаков и зол. М.: Стройиздат, 1976. 256 с.
11. Рефтинское объединение «Теплит»: традиции, инновации, социальная ответственность бизнеса // Строит. материалы. 2005. № 12. С. 20–22.

Компания ООО "АВИС" создает предприятия по производству

1. Изделий из газобетона и пенобетона автоклавного и безавтоклавного твердения.
2. Цементно-песчаного, силикатного и керамического кирпича полусухого прессования и др.

Механическая база изготавливает

1. Склады цемента и других сыпучих материалов;
2. Склады инертных материалов;
3. Весовые дозаторы;
4. Смесители;
5. Резательные комплексы;
6. Формы;
7. Шнеки и транспортеры различного назначения.



Мы решаем следующие задачи

1. Испытание сырьевых материалов.
2. Разработка технологического регламента.
3. Разработка технологической части проекта.
4. Разработка технических условий.
5. Разработка системы автоматизации.
6. Изготовление, комплектация и поставка основного технологического оборудования.
7. Разработка и изготовление нестандартного оборудования, в том числе единичного, изготовление форм.
8. Шефмонтажные и пусконаладочные работы.
9. Оказание научно-технической помощи в выборе рациональных решений вновь создаваемых или реконструируемых заводов.
10. Освоение производства.

www.avis-ltd.ru
avis-ltd@avis-ltd.ru
140050, МО, Люберецкий район, пос. Красково, ул. К. Маркса, д. 117
Тел./факс: (495) 768-90-29

Реклама

С.В. МОШКОВСКАЯ, канд. техн. наук, Т.А. ЮМАШЕВА, Ю.В. ХРИПАКОВА,
Н.С. ЗИМИНА, инженеры, ГУП «НИИМосстрой» (Москва)

Новая лаборатория физико-химических испытаний цементов по ГОСТ 31 108–2003

Как и 50–70 лет назад, цемент является основой строительной индустрии нашей страны. Значительное увеличение объемов потребления цемента за последние годы вызвало дефицит цемента отечественного производства и соответственно появление на российском рынке цементов иностранного производства. Однако различие в нормативно-технической документации и технических требованиях, а также методик испытаний затрудняет сопоставление качества цементов, выпускаемых по стандартам, действующим в России, европейских и других зарубежных странах. Стандарты, действующие на территории разных стран, существенно различаются методами определения основных физико-механических свойств цемента – прочности, водопотребности, сроков схватывания, равномерности изменения объема, что обуславливает получение разных результатов при испытаниях одних и тех же цементов.

Для получения адекватной оценки качества цементов, выпускаемых в странах СНГ и странах ЕС, в России был разработан и утвержден новый межгосударственный стандарт ГОСТ 31108–2003 «Цементы общестроительные. Технические условия», требования которого соответствуют требованиям EN 196-1:2007 «Методы испытаний цемента. Часть 1. Определение прочности». Методы физико-механических испытаний цемента в соответствии с утвержденным стандартом проводятся с использованием полифракционного песка и специального оборудования.

Научно-исследовательский институт московского строительства (ГУП «НИИМосстрой») представляет новую лабораторию, оснащенную современным оборудованием, соответствующим российским и европейским стандартам. Работа лаборатории направлена как на сертификационные испытания цементов и строи-

тельных материалов на его основе, так и на проведение научно-исследовательских работ, связанных с повышением качества выпускаемых строительных материалов на основе вяжущих веществ. Оборудование для новой лаборатории закуплено в фирме «Testing», (Германия), капитальные вложения составили более 9 млн р.

В странах СНГ вся нормативная база строительства основана на характеристиках цемента, получаемых из более жестких растворов при водоцементном отношении 0,4 с использованием монофракционного песка; уплотнение растворов в соответствии с ГОСТ 310.1–76 (СТ СЭВ 3920–82) «Цементы. Методы испытаний. Общие положения» осуществляется на вибростоле. Для проведения испытаний в лаборатории установлено оборудование, позволяющее сертифицировать цементы по ГОСТ 10178–85 «Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия», который действует в настоящее время на территории большинства стран СНГ, и новому стандарту ГОСТ 31108–2003. Новый стандарт предусматривает испытания цемента по ГОСТ 30744–2001 «Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка», в соответствии с которым уплотнение стандартных цементных растворов идет при увеличенном В/Ц отношении (0,5) и осуществляется на встряхивающем столе.

Для приготовления цементного раствора используется лабораторный растворосмеситель с электромеханическим устройством для подачи полифракционного песка и автоматической системой дозирования воды.

Водяная баня для хранения образцов-балочек после распалубки оснащена терморегулятором, позволяющим постоянно поддерживать температуру воды при хранении образцов $20 \pm 1^\circ\text{C}$.



Рис. 1. Лабораторный растворосмеситель с электромеханическим устройством для подачи полифракционного песка и автоматической системой дозирования воды

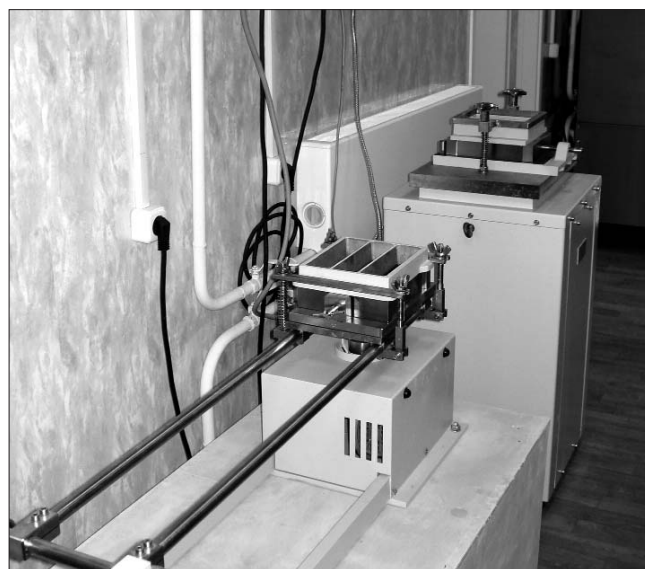


Рис. 2. Устройства для уплотнения стандартных цементных растворов. На первом плане – встряхивающий стол для испытаний по ГОСТ 30744–2001; на втором плане – вибростол для испытаний по ГОСТ 310.1–76



Рис. 3. Климатическая камера для выдержки образцов в первые сутки твердения и двухуровневая водяная баня для хранения образцов после распалубки



Рис. 4. Комбинированная машина для испытания образцов на прочность



Рис. 5. Прибор Блэйна для определения удельной поверхности цемента



Рис. 6. Общий вид лаборатории физико-химических исследований химических добавок, вяжущих и бетонов НИИМосстрой

Сертификационные испытания цемента по новому стандарту ГОСТ 31108–2003 позволяют разделить цементы по скорости твердения на нормальноотвердевающие и быстротвердевающие, что позволит потребителям минимизировать расход цемента в технологии приготовления строительных материалов за счет его оптимального подбора по скорости твердения.

Основные свойства цемента, оказывающие влияние на формирование свойств строительных материалов:

- *минералогический состав* цемента оказывает существенное влияние на кинетику нарастания прочности. Интенсивный набор прочности в ранние сроки зависит от содержания C_3A и алита (C_3S), содержание которых в клинкерах выпускаемых цементов изменяется от 3–9% до 54–67% соответственно [1];
- *вещественный состав цемента* главным образом влияет на интенсивность набора прочности в ранние сроки твердения и зависит от химико-минералогического состава, дисперсности и количества вводимых добавок;
- *вид и количество сульфата кальция* не только регулирует сроки схватывания цемента, но и способствует увеличению как начальной, так и конечной прочности. Оптимальное количество сульфата кальция в цементе определяется содержанием C_3A и щелочей в клинкере;
- *содержание щелочей* в цементе способствует повышению ранней прочности, но снижает, как правило, прочность в поздние сроки твердения;
- *тонина помола цемента, его гранулометрический состав* оказывают существенное влияние на его гидратацию. Увеличение тонины помола до 400–450 m^2/kg приводит к ускорению набора прочности и используется в технологии изготовления быстротвердеющих цементов. Однако при увеличении тонины помола возрастает водопотребность, поэтому на

кривой активности цемента как функции его удельной поверхности имеется максимум. Повышение водопотребности, снижение времени хранения, в течение которого гарантируется способность к быстрому набору прочности, определяет оптимальную величину удельной поверхности 350–420 m^2/kg . Гидратационная активность цемента связана не только с его тонкостью, но и с его гранулометрическим составом. Цемент полидисперсного гранулометрического состава позволяет получить более плотный цементный камень [2].

Перечисленные факторы необходимо учитывать при проектировании свойств строительных материалов, так как характеристики цементов влияют как на свойства растворных и бетонных смесей, так и на свойства готовых изделий.

Новая лаборатория ГУП «НИИМосстрой» осуществляет разработку составов бетонов, сухих строительных смесей, проводит исследование эффективности современных химических добавок для бетонов и растворов, без которых невозможно добиться всего спектра заданных свойств как для растворов, так и для готовых строительных материалов.

На базе созданной лаборатории проводятся обучающие семинары для повышения квалификации работников лабораторий по физико-механическим испытаниям строительных материалов, в том числе в соответствии с новыми межгосударственными стандартами.

Список литературы

1. Сулименко Л.М. Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе. М.: Высшая школа, 2005. 334 с.
2. Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов. М.: Высшая школа, 1980. 472 с.



Директор фирмы КЕЛЛЕР ХЦВ г-н Лоренц Авербек

Путешествие роботов в «Срединную империю»

Фирма КЕЛЛЕР ХЦВ создает завод для производства изоляционных керамических блоков в северо-западной части Китая.



Укладка блоков высокоскоростными роботами

Иббенбюрен-Ксиниан: тысячи километров предстоит преодолеть инженерам и оборудованию, которые в скором времени покинут стены завода фирмы КЕЛЛЕР ХЦВ в г. Иббенбюрен-Лаггенбек (Германия). Они начинают свое путешествие в г. Ксиниан, расположенный в северо-западной части Китая. Совместно со строительной фирмой «Ксиниан Урбан Констракшенс» и местным институтом Кси'ан, фирма КЕЛЛЕР ХЦВ оснастила оборудованием первый завод в Китае по производству изоляционных керамических блоков прямо в сердце Азии.

Основной деятельностью компании «Ксиниан Урбан Констракшенс», главный офис которой находится в г. Урумги, является муниципальное строительство, торговля недвижимостью, а также поставки родниковой воды и новых строительных материалов. Строительная фирма из «Срединной империи» подписала контракт с немецкими производителями станков и оборудования в сентябре 2007 г. при участии немецкого партнера «Рикерманн Пекин».



Роботизированная установка для укладки блоков

Фирма КЕЛЛЕР ХЦВ поставляет технологические линии и контролирует наладку поставляемого оборудования. Семь высокоскоростных роботов от завода фирмы КЕЛЛЕР ХЦВ должны обеспечить в будущем бесперебойный производственный процесс. С помощью сушилок и печей, которые были спроектированы и изготовлены на базе фирмы КЕЛЛЕР ХЦВ, производственная мощность завода по окончании работ по его оснащению вырастет до 1200 т условного кирпича в день. Это составляет более 22 млн блоков в год.

По заявлению специалистов компании «Ксиниан Урбан Констракшенс», после установки данного оборудования компания будет являться владельцем самого современного и крупного завода такого типа в Китае, а также крупнейшей строительной фирмой на западе Китайской Народной Республики.



Обработка блоков после сушки

Как сообщил директор фирмы КЕЛЛЕР ХЦВ Лоренц Авербек, данный проект может рассматриваться как фундамент деловых отношений с Китаем, в том числе и в плане поддержки местных организаций и предприятий.

KELLER HCW GmbH

Абонентский почтовый ящик 2064
49470 г. Иббенбюрен-Лаггенбек, Германия

Представительство в России/СНГ:

Г-н Готфрид Ристль 121170, г. Москва, ул. Кульнева, д. 3

Тел. +7 495 258 39 35 факс: +7 495 258 39 49

Моб. телефон: +7 495 10 64 749

Эл. почта: ristl@keller-hcw.ru www.keller-hcw.ru



УДК 621.929

Е.А. БАРАНЦЕВА, канд. техн. наук,
Ивановский государственный энергетический университет

Кинетика перемешивания сыпучих материалов в лопастном смесителе непрерывного действия

Лопастные смесители непрерывного действия широко используются в строительной и смежных отраслях промышленности для получения строительных и других смесей сыпучих материалов. Наличие вращающихся лопастей позволяет достигать высокой единичной производительности смесительных аппаратов, разрушать образующиеся агломераты и эффективно перемешивать материалы, склонные к агрегированию. Вместе с тем лопасти осуществляют дискретные во времени воздействия на локальные области рабочего объема смесителя, что по-разному сказывается на движении отдельных компонентов смеси и может приводить к нестационарному содержанию компонентов в готовой смеси на выходе из смесителя.

Целью настоящей статьи является построение математической модели непрерывного лопастного перемешивания, которая учитывала бы все существенные эффекты, возникающие при лопастном перемешивании. Частично эти эффекты учтены в модели, описанной в работе [1], где рассмотрен одномерный случай периодического лопастного перемешивания. Считается, что движущиеся лопасти позволяют преодолеть порог внутреннего трения между частицами компонентов, чем обеспечивают их подвижность в смеси и постепенное проникновение в различные зоны рабочего объема смесителя (диффузионное перемешивание), и переносить значительные количества материала из одной зоны рабочего объема в другую (собственно лопастное перемешивание). Настоящая статья обобщает предложенную в [1] модель на двухмерный случай, когда поперечное перемешивание сопровождается продольным движением компонентов, допускающим возможность одновременного продольного как диффузионного, так и лопастного перемешивания.

Предлагаемое описание основывается на двухмерной ячейечной модели процесса и связанном с ней математическом аппарате теории цепей Маркова [1, 2]. Расчетная схема процесса и его ячейечная модель показаны на рис. 1, а. Рабочий объем смесителя, заполненный материалом и пересекаемый расположенными в шахматном порядке вращающимися на валу лопастями, разбит на n слоев высотой Δu в вертикальном направлении и m секций толщиной Δx в горизонтальном направлении, то есть представлен двухмерной сеткой $n \times m$ ячеек. Высота ячейки равна высоте лопасти, а ее длина — длине лопасти. Средний уровень материала занимает $(n-1)$ нижних слоев. На рис. 1, а показано состояние процесса, когда с материалом взаимодействуют лопасти с нечетными номерами.

Текущее состояние процесса может быть охарактеризовано распределением по ячейкам содержания (массы) какого-то компонента в виде вектора-столбца:

$$S = [S_{11} \ S_{21} \ S_{31} \ S_{41} \ S_{12} \ S_{22} \ \dots \ S_{13} \ \dots]^T, \quad (1)$$

где S_{ij} — масса компонента в ячейке с номером ij , индекс T означает транспонирование вектора.

Будем рассматривать состояние процесса через малые конечные промежутки времени Δt . В этом случае текущее время может быть описано последовательностью $t_k = (k-1)\Delta t$, где $k = 1, 2, \dots$ — номер временного перехода, являющийся целочисленным аналогом времени. При моделировании лопастного перемешивания величина Δt связана со скоростью вращения лопастей ω и опреде-

ляется соотношением $\Delta t = \pi/\omega$. Характеризуемое вектором S распределение компонента изменяется от перехода к переходу. Это изменение может быть описано последовательностью рекуррентных матричных равенств:

$$S^{k+1} = P_D P_{BO} (S^k + S_f^k), \quad (2)$$

$$S^{k+2} = P_D P_{BE} (S^{k+1} + S_f^{k+1}), \quad (3)$$

где P — матрицы переходных вероятностей, соответствующие разным этапам циклического процесса; S_f — вектор подачи компонента в систему от внешних источников (питателя).

Матрица P_{BO} описывает переходы массы между ячейками, вызванные воздействием на материал лопастей с нечетными номерами. Структура этих переходов показана на рис. 1, а стрелками. Поскольку лопасти имеют наклон по отношению к оси вращения, при ее прохождении через слой доля материала β из нижней ячейки вытесняется в следующую по ходу нижнюю ячейку, а доля α транспортируется вверх и сыпается в верхнюю ячейку следующего по ходу столбца. Так как из нижних ячеек нечетных столбцов выводится доля $(\alpha + \beta)$ материала, то во всех верхних ячейках материал опускается на такую же долю вниз, а в четных столбцах из-за поступления в нижние ячейки доли β материал перемещается на столько же вверх. Матрица переходных вероятностей этой стадии процесса есть блочная матрица:

$$P_B = \begin{bmatrix} P_{B11} & Z & Z & Z & \dots \\ P_{B21} & P_{B22} & Z & Z & \dots \\ Z & Z & P_{B33} & Z & \dots \\ Z & Z & P_{B43} & P_{B44} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}, \quad (4)$$

в которой на главной диагонали расположены матрицы, описывающие переходы внутри столбцов (по вертикали), под ней — матрицы переходов между столбцами (по горизонтали), Z — нулевые матрицы. В частности, матрицы P_{B11} , P_{B21} и P_{B22} в соответствии с описанной выше системой переходов имеют вид

$$P_{B11} = \begin{bmatrix} p_{11} & 0 & 0 & 0 \\ \alpha + \beta & p_{21} & 0 & 0 \\ 0 & \alpha + \beta & p_{31} & 0 \\ 0 & 0 & \alpha + \beta & p_{41} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

$$P_{B21} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \alpha \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \beta \end{bmatrix}, \quad (6)$$

$$P_{B22} = \begin{bmatrix} p_{12} & \beta & 0 & 0 \\ 0 & p_{22} & \beta & 0 \\ 0 & 0 & p_{32} & \beta \\ 0 & 0 & 0 & p_{42} \end{bmatrix}, \quad (7)$$

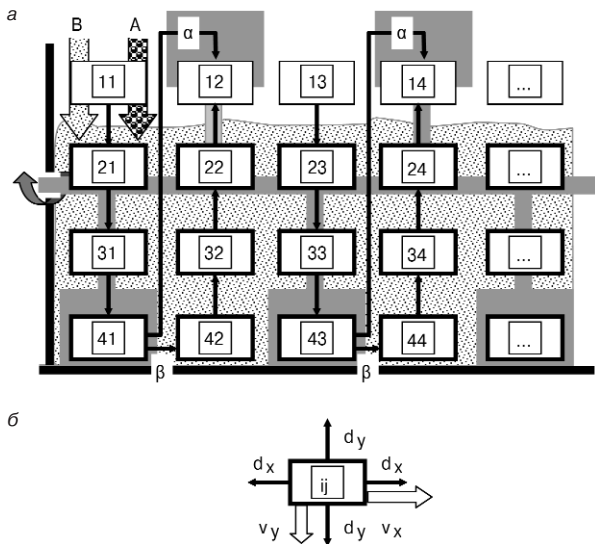


Рис. 1. Расчетная схема и ячеечная модель процесса при лопастном перемешивании (а) и схема диффузионных потоков из ячейки (б)

где размещаемые на главных диагоналях матриц $P_{ВЛ}$ вероятности остаться в ячейках в течение перехода p рассчитываются как разность между единицей и суммой всех остальных элементов этого столбца матрицы (4).

Соотношения (4)–(7) записаны для матрицы воздействия нечетных лопастей $P_{ВО}$. Очевидно, что матрица воздействия четных лопастей $P_{ВЕ}$ строится по такой же схеме, но внутренние матрицы в блочной матрице (4) меняются местами.

Матрица диффузионного перемешивания P_D считается не меняющейся от перехода к переходу. Направления возможных переходов из ячейки и доли переносимого в них материала показаны на рис. 1, б. Здесь $d_x = D_x \Delta t / \Delta x^2$ и $d_y = D_y \Delta t / \Delta y^2$ – вероятности чисто диффузионных симметричных переходов (D_x и D_y – коэффициенты макродиффузии по соответствующим направлениям); $v_x = V_x \Delta t / \Delta x$ и $v_y = V_y \Delta t / \Delta y$ – вероятности конвективных переходов, где V_x – скорость транспорта слоев материала, в общем случае различная от слоя к слою; V_y – скорость сегрегации компонента относительно смеси, являющаяся одной из основных причин возникновения ее неоднородности. Блочная матрица диффузионных переходов имеет вид:

$$P_D = \begin{bmatrix} P_{D11} & P_{D12} & Z & Z & \dots \\ P_{D21} & P_{D22} & P_{D23} & Z & \dots \\ Z & P_{D32} & P_{D33} & P_{D34} & \dots \\ Z & Z & P_{D43} & P_{D44} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}, \quad (8)$$

где смысл внутренних матриц такой же, как и в блочной матрице лопастного перемешивания (4).

Вектор источников S_f имеет такой же размер, что и S , и описывает подачу компонентов в систему. Если предположить, что компонент подается с постоянной производительностью в первую ячейку, то он выглядит следующим образом:

$$S_f = [B \Delta t \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ \dots \ 0]^T, \quad (9)$$

где B – производительность подачи.

Несмотря на некоторую кажущуюся громоздкость записи матриц, алгоритм их построения прост и легко формализуем для компьютерных операций. При построенных матрицах вся модель состоит из матричных равенств (2), (3), которые позволяют описать всю эволюцию процесса и определить локальные и интеграль-

ные состояния смеси на выходе из смесителя. Пусть на вход смесителя подается два компонента А и В, как это показано на рис. 1, а, различающиеся по своим физико-механическим свойствам. В основном это различие проявляется в наличии сегрегации одного компонента относительно другого, характеризуемой конвективной вероятностью v_y , что и определяет различие переходных матриц P_{DA} и P_{DB} и всю кинетику процесса. В первом приближении нет оснований считать, что остальные переходные вероятности компонентов будут различными. Локальное содержание компонентов и относительная концентрация компонента А на выходе из последнего m -го столбца рассчитывается по формулам:

$$q_{A,Bi}^k = S_{A,Bim}^k v_{A,Bxi}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (10)$$

$$C_{Ai}^k = q_{Ai}^k / (q_{Ai}^k + q_{Bi}^k), \quad (11)$$

а относительное отклонение концентрации компонента А от его среднего значения как:

$$\delta_{Ai}^k = \frac{C_{Ai}^k - \langle C_{Ai}^k \rangle}{\langle C_{Ai}^k \rangle}, \quad (12)$$

где $\langle C_{Ai}^k \rangle$ – средняя по сечению концентрация компонента А в смеси на выходе.

Соотношение (12) описывает изменение поперечной неоднородности потока во времени. Если же поперечная неоднородность смеси не является предметом технологического контроля, то эта средняя концентрация описывает изменение неоднородности потока во времени. Очевидно, что частота временной неоднородности в установившемся режиме совпадает с частотой вращения лопастей.

Рассмотрим некоторые результаты моделирования непрерывного лопастного перемешивания по описанной выше схеме. Объектом моделирования является лопастной смеситель непрерывного действия GCM500 рабочим объемом 50 л. Его корпус выполнен в виде прямоугольного параллелепипеда длиной 500 мм с цилиндрической нижней частью радиусом 100 мм, в которой размещена вращающаяся рамка с семью лопастями высотой 25 мм с каждой стороны, расположенными в шахматном порядке и наклоненными по отношению к оси вращения на 45°. В качестве модельных материалов использовалась манная крупа (средний размер фракции – 0,45 мм) и кускус (средний размер – 1,3 мм). При исследовании процесса с отсутствием сегрегации в качестве трассера использовался кускус, окрашенный йодом, содержание которого в пробах на выходе определялось с помощью специально разработанной программы по распознаванию образов в цифровых фотографиях проб.

На рис. 2 показаны пульсации содержания манной крупы (компонент А) в смеси при различных скоростях вращения лопастей и одинаковом времени отбора проб в кюветы на движущемся ленточном конвейере под выходным патрубком при одинаковой подаче компонентов в смеситель. При скорости вращения 30 об/мин период переключения действия четных и нечетных лопастей совпадает с периодом отбора проб 1 с, и в пробах наблюдается значительная пульсация содержания компонента А, по величине удовлетворительно совпадающая с расчетной. При удвоении скорости вращения (60 об/мин) за то же время отбора проб действие четных и нечетных лопастей усредняется по времени, и расчетные пульсации должны вообще отсутствовать. Эксперимент фиксирует их значительное снижение по сравнению с предыдущим случаем.

В описанном выше примере рассматривалась неоднородность смеси во времени во всем ее потоке без

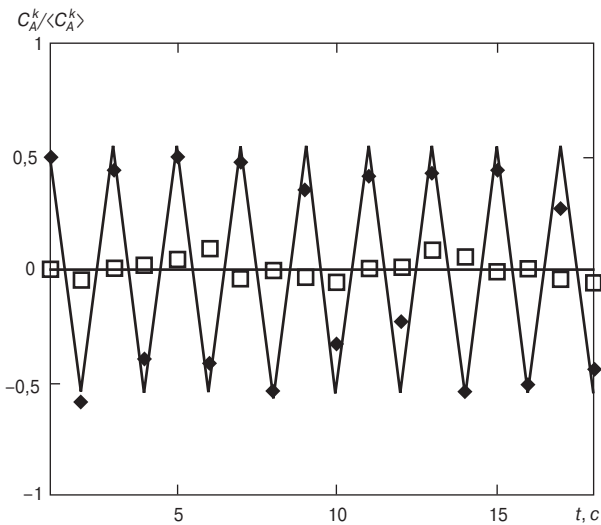


Рис. 2. Относительные пульсации содержания ключевого компонента при различных скоростях вращения лопастей и одинаковом времени отбора проб 1с: ● – 30; □ – 60 об/мин

учета поперечной неоднородности. Рис. 3 иллюстрирует уже поперечную неоднородность, усредненную по времени, и показывает один из путей ее возможного снижения. На рис. 3 показано среднее квадратическое отклонение σ_A величины δ_{Ai} , рассчитанной по (12) и усредненной по нескольким временным переходам в установившемся режиме в зависимости от безразмерной продольной скорости v_x движения смеси при различной степени захвата материала лопастями. Из графиков следует, что наименьшая поперечная неоднородность достигается при высоких степенях захвата и относительной скорости продольного движения, не превышающей 0,6. Конструкция промышленного смесителя не позволила получить экспериментальные данные по поперечной неоднородности, но интересным является факт, что при движении материала в режиме полного идеального вытеснения (поршневого потока) при $v_x \rightarrow 1$ появляется экстремум по степени захвата при $\alpha = 0,5-0,6$, что совпадает с данными [1], полученными для периодического смешения, формально совпадающего с режимом поршневого потока при непрерывном смешении. Заметим, что параметр α может рассматриваться как управляющий, так как на него можно воздействовать, меняя конструкцию лопасти.

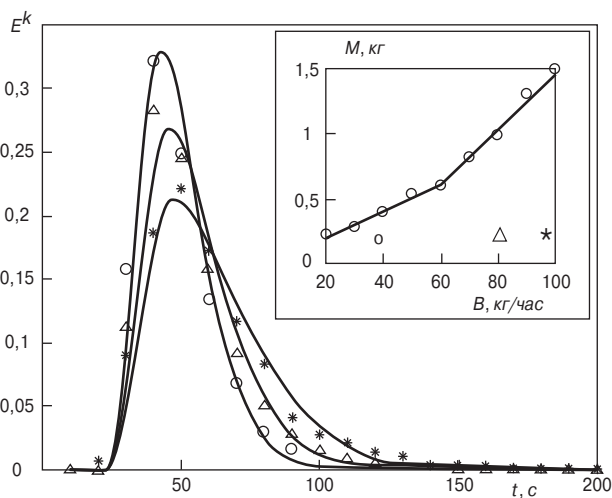


Рис. 4. Кривые распределения времени пребывания ключевого компонента в смесителе при различной производительности (вверху справа – зависимость массы материала в смесителе от производительности)

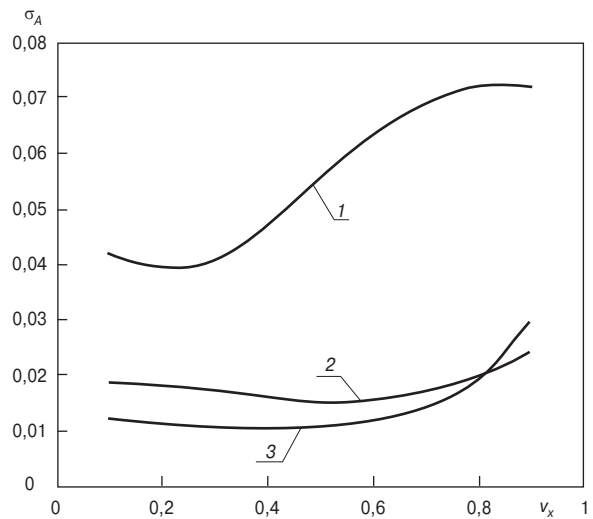


Рис. 3. Влияние продольной скорости движения материала на поперечную неоднородность содержания ключевого компонента на выходе при различных долях материала α , отправляемых лопастью вверх: 1 – 0,2; 2 – 0,5; 3 – 0,8

На рис. 4 показаны расчетные и опытные кривые распределения времени пребывания компонента в смесителе, являющиеся одними из важнейших характеристик процесса. Поток ключевого компонента из смесителя E^k при его импульсной подаче на вход рассчитывается как сумма потоков q_{Ai}^k (10) по всем строкам цепи. Здесь в расчетах действие четных и нечетных лопастей заранее усреднено по времени, и поток материала может рассматриваться как стационарный, но неравномерный по поперечному сечению. Эта разница скоростей приводит к излому на разгрузочной характеристике смесителя – зависимости массы материала в нем M от производительности подачи B , что подтверждается экспериментальными данными, показанными в правом верхнем углу графика. Наличие экспериментальной зависимости $M=f(B)$ позволяет путем обратных расчетов восстановить распределение скоростей движения смеси поперек потока в смесителе и использовать эту информацию в модели. На рис. 4 показаны расчетные и опытные кривые распределения времени пребывания при различной производительности. Расчетные и экспериментальные кривые находятся в хорошем соответствии. Заметим, что поперечная неоднородность потока в смесителе может приводить к весьма сложному характеру кривых распределения времени пребывания частиц (включая их бимодальность). Такие кривые достаточно часто фиксируются в экспериментах, но не описываются другими моделями процесса.

Таким образом, предложенная модель процесса непрерывного лопастного перемешивания позволяет учитывать и анализировать гораздо большее число конструктивных и режимных факторов процесса, чем известные модели, а ее успешная экспериментальная проверка в отношении ряда параметров процесса позволяет надеяться на хорошую адекватность его описания в целом и использовать ее как основу компьютерного метода расчета этого процесса.

Список литературы

1. Баранцева Е.А., Мизонов В.Е., Федосов С.В., Хохлова Ю.В. Математическая модель кинетики лопастного перемешивания сыпучих материалов // Строит. материалы. 2008. № 2. С. 12–13.
2. Berthiaux H., Mizonov V., Zhukov V. Application of the theory of Markov chains to model different processes in particle technology // Powder Technology. 2005. 157. Pp. 128–137.

В.А. ОГУРЦОВ, канд. техн. наук,
Ивановский государственный архитектурно-строительный университет

Моделирование движения частиц над поверхностью сита виброгрохота

Процессы разделения сыпучих материалов на виброгрохотах широко распространены в строительной, химической и других отраслях промышленности. В большинстве случаев они используются на стадии подготовки сырья, вследствие чего их производительность и эффективность оказывают заметное влияние на показатели всех последующих технологических процессов и производства в целом. Физическим содержанием виброгрохочения является движение полидисперсного ансамбля частиц по вибрирующей перфорированной поверхности, периодические контакты частиц с этой поверхностью и прохождение или непрохождение частиц сквозь ее отверстия в зависимости от их размера и условий контакта [1]. Количество проходных частиц (размер которых меньше размера отверстий), переносимых через перфорированную поверхность в единицу времени, определяет эффективность грохочения. Его величина зависит от параметров движения частиц по поверхности сита. Целью настоящей статьи является установление некоторых закономерностей этого движения.

Модель процесса построена на описании движения одиночной частицы. Расчетная схема процесса показана на рис. 1. Считается, что поверхность сита грохота совершает одномерные вертикальные колебания по закону:

$$\xi = A_s \sin(\omega t + \varphi), \quad (1)$$

где A_s , ω , φ – амплитуда, круговая частота и начальная фаза этих колебаний.

Дифференциальные уравнения движения частицы в системе координат, связанной с вибрирующей поверхностью, имеют вид:

$$\dot{v} = -g + A_s \omega^2 \sin(\omega t + \varphi), \quad (2)$$

$$\dot{x} = v, \quad (3)$$

где g – ускорение силы тяжести, а второе слагаемое в правой части соответствует силе инерции. Поскольку предварительные расчеты показали, что для частиц крупнее 0,5 мм сила сопротивления воздуха составляет не более 3% остальных сил, она не включена в уравне-

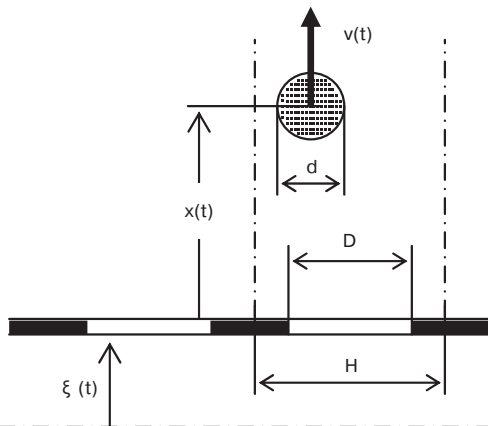


Рис. 1. Расчетная схема движения частицы над поверхностью сита виброгрохота

ния движения. Движение частицы по уравнениям (2), (3) начинается при $A_s \omega^2 \sin(\omega t + \varphi) > g$; в остальные периоды времени в относительном движении она лежит на поверхности ($x=0$), а в абсолютном следует колебаниям по уравнению (1).

При достижении частицей поверхности грохота ($x=0$) ее скорость изменяется в соответствии с соотношениями неупругого удара [2]:

$$v(0)^+ = -k v(0)^-, \quad (4)$$

где k – коэффициент восстановления скорости при ударе, индексы «-» и «+» соответствуют состоянию частицы непосредственно до и после удара.

Численные эксперименты с описанной выше моделью позволяют определить все характеристики движения частицы над вибрирующей поверхностью. Из этих характеристик наиболее интересными являются амплитуда A_p достаточно сложного движения частицы над поверхностью, определяющая степень разбухания виброожиженного слоя и порозность частиц в нем, и частота ν контактов частиц с поверхностью, определяющая среднюю скорость их прохождения сквозь ее отверстия. Наблюдения за поведением частиц в подобных условиях показали, что при наличии слоя частиц на поверхности удар чаще всего носит абсолютно неупругий характер, то есть $k=0$.

Расчеты показывают, что независимо от начальной фазы достаточно быстро формируется установившийся цикл движения частицы, из которого легко определить амплитуду ее подпрыгиваний над поверхностью и период контактов с ней. На рис. 2 показано влияние круговой частоты и амплитуды колебаний поверхности на амплитуду движения частицы. При амплитуде 0,5 см подпрыгивания начинаются при круговой частоте 43 с^{-1} , а при амплитуде 0,25 см – при 65 с^{-1} .

На рис. 3 показано влияние круговой частоты и амплитуды поверхности на частоту контактов частицы с поверхностью. Здесь для каждой амплитуды имеется своя частота вращения, соответствующая максимальной частоте контактов, то есть наиболее быстрому прохождению частиц сквозь отверстия. Вместе с тем при типовой частоте 50 с^{-1} влияние амплитуды колебания поверхности на частоту контактов оказывается не очень большим.

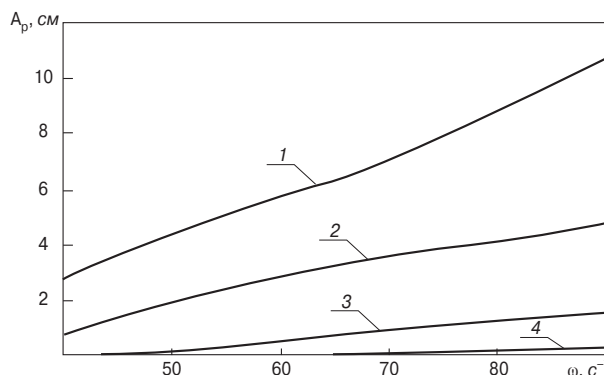


Рис. 2. Влияние частоты колебаний грохота на амплитуду движения частиц над поверхностью сита при различных амплитудах колебаний грохота: 1 – $A_s = 1,5$; 2 – $A_s = 1$; 3 – $A_s = 0,5$; 4 – $A_s = 0,25$ см

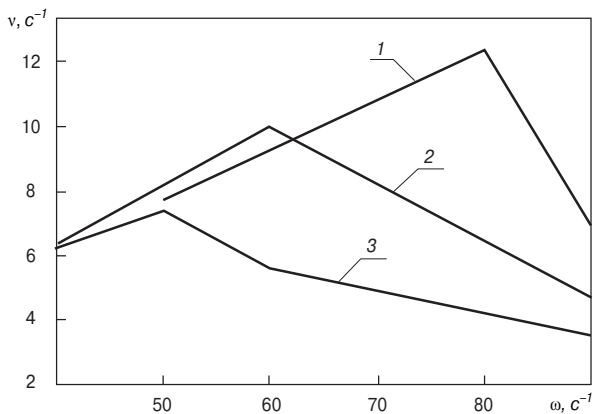


Рис. 3. Влияние частоты колебаний грохота на частоту контактов частиц с просеивающей поверхностью при различных амплитудах колебаний сита: 1 - $A_s = 0,5$; 2 - $A_s = 1$; 3 - $A_s = 1,5$ см

Считая, что частицы равномерно распределены по длине поверхности, можно приближенно оценить число извлеченных под поверхность частиц из их общего числа N при однократном контакте как $N(D-d)/H$. Тогда число частиц, проходящих сквозь отверстия в единицу времени при многократном контакте, равно $vN(D-d)/H$, при этом надо учитывать, что величина N убывает с течением времени по мере извлечения проходных частиц.

Список литературы

1. Машиностроение. Энциклопедия. Машины и аппараты химических и нефтехимических производств. Т. IV—12 / Под общ. ред. М.Б. Генералова. М.: Машиностроение. 2004. 832 с.
2. Мизонов В.Е., Ушаков С.Г. Аэродинамическая классификация порошков. М.: Химия, 1989. 160 с.

ОАО Горно-обогатительная компания



МУРАЕВНЯ
предлагает

- Песок кварцевый для строительных работ и производства сухих строительных смесей
- Песок фракционированный 0,5-1,0; 0,63-1,6; 1,0-3,0 мм
- Песок формовочный для литейной промышленности

ДОСТАВКА: ж.-д. транспортом со ст. Милославское Рязанской обл. вагонами «хopper» и полувагонами; автотранспортом со склада фабрики самовывозом
ОТГРУЗКА насыпью или в мягких контейнерах МКР-10С

АДРЕС ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА В РЯЗАНИ
390044 г. Рязань, Московское ш., д. 16
Тел.: (4912) 38-88-37, 38-88-35
Факс: (4912) 30-66-06, 34-31-47
igorkup@yandex.ru www.muraevnya.ru

РЕКЛАМА



www.MVK.ru

(495) 995-05-95



www.stroytekh.ru



17-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ НЕДЕЛЯ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА «СТРОЙТЕХ»

ВЫСТАВКИ:

- СТРОЙТЕХ**
Салон ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
Салон СТРОИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНАЯ ТЕХНИКА
Салон ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
Салон СЕЙСМОБЕЗОПАСНЫЕ, БЫСТРОВЗВОДИМЫЕ И МОБИЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ
Салон ИНЖЕНЕРНЫЕ КОММУНИКАЦИИ
Салон МАЛОЭТАЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО
www.stroytekh.ru
E-mail: stroy@mvk.ru
- RFI (Кровля и изоляция)**
Салон ФАСАДНЫЕ И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
www.roofexpo.ru
E-mail: stroy@mvk.ru
- BETONEX (Цементы, бетоны)**
Салон АВТОКЛАВНЫЙ ГАЗОБЕТОН
www.betonexpo.ru
E-mail: stroy@mvk.ru
- WALLDECO (Отделочные материалы)**
www.walldeco.ru
E-mail: stroy@mvk.ru

ДИРЕКЦИЯ ВЫСТАВКИ:
Тел./факс: (495) 925-34-97
E-mail: stroy@mvk.ru

ГЕНЕРАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ:



Организатор:
ЗАО «Международная Выставочная Компания»

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:
НА производителей стальных гнутых профилей, Ассоциации производителей трубопроводов с ППУ-изоляцией, Национальной Ассоциации автоклавного газобетона, Ассоциации «Рособон», Союза производителей цемента «Союзцемент», Союза дизайнеров Москвы, Союза дизайнеров России

ПОД ПАТРОНАЖЕМ:
Торгово-промышленной палаты РФ, Торгово-промышленной палаты Москвы, Правительства Москвы

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА ЗАО «МВК»: МВК СЕВЕРО-ЗАПАД: +7 (812) 332-15-24, +7 (812) 332-14-89, МВК УРАЛ: +7 (343) 371-24-76, МВК ВОЛГА: +7 (843) 291-75-89, МВК СИБИРЬ: +7 (383) 201-13-68, МВК ЮГ: +7 (863) 250-19-06

С.Ф. СМЕРНОВ, канд. техн. наук, В.П. ЖУКОВ, д-р техн. наук,
С.В. ФЕДОСОВ, член-корр. РААСН, д-р техн. наук, В.Е. МИЗОНОВ, д-р техн. наук,
Ивановский государственный архитектурно-строительный университет

Обобщенная ячеечная модель совмещенного процесса измельчения-классификации в технологических системах измельчения

Традиционно при моделировании технологических систем измельчения (ТСИ) [1] измельчение и классификация материала рассматриваются раздельно. Однако в целом ряде случаев эти процессы могут протекать одновременно в одном аппарате или его части, например в струйных мельницах кипящего слоя [2], барабанных грохот-дробилках [3] и др. Одним из перспективных направлений математического моделирования процессов в ТСИ является использование ячеечных моделей и связанного с ним математического аппарата теории цепей Маркова. Теоретические основы этого направления описаны в работах [4, 5]. Однако в них ячейка ТСИ являлась или только мелушей, или только классифицирующей. Вместе с тем достаточно часто в секции мельницы одновременно протекают измельчение и классификация, причем классификация может быть многопродуктовой. Целью исследования является разработка универсальной модели, каждый элемент которой описывает измельчение и классификацию как при совместном, так и при их раздельном протекании.

Для описания разрушения материала предлагается использовать модель [1] измельчения в матричном виде. Матрица измельчения \mathbf{B} при этом записывается через распределительную и селективную функции измельчения. Селективная функция измельчения представляется степенной зависимостью от размера разрушаемых зерен [4] $S(x) = ax^n$, где a, n – опытные параметры.

Для описания многопродуктовой классификации при разделении исходного материала на k готовых продуктов предлагается использовать понятие кривой разделения [5] в матричном виде для каждого продукта \mathbf{C}_j , $j = 1, 2, \dots, k$, где k – число продуктов классификации, j – номер продукта.

Для указания связей рассматриваемой ячейки с остальными ячейками ТСИ и описания в каждой ячейке совмещенного измельчения-классификации используется матрица коммутации \mathbf{K}_{ij} , где первый индекс указывает ячейку, в которую подается материал, а второй – в ячейку, из которой осуществляется подача.

При разработке обобщенной модели ячейки основной задачей является установление связи между пересеченными матрицами. Фракционный состав исходного для ячейки продукта записывается в виде вектора-столбца, каждый элемент которого указывает массовую долю фракции в этом продукте $\mathbf{F}^0 = [f_1, f_2, \dots, f_m]^T$, где m – число наблюдаемых фракций. Произведение входного вектора на матрицу измельчения в j -й ячейке определяет вектор фракционного состава после измельчения $\mathbf{V}_j \times \mathbf{F}_j^0$. Произведение полученного вектора фракционного состава на матрицу разделения для продукта, который направляется в i -й элемент (ячейку) системы, определяет вектор фракционного состава продукта, который из j -го элемента подается в i -ю ячейку: $\mathbf{C}_i \times \mathbf{V}_j \times \mathbf{F}_j^0$. Произведение матриц измельчения в j -й ячейке на матрицу

разделения для того продукта, который подается в i -ю ячейку, предлагается записать как обобщенную матрицу коммутации:

$$\mathbf{K}_{ij} = \mathbf{C}_i \times \mathbf{V}_j. \quad (1)$$

Следует еще раз подчеркнуть, что индекс матрицы разделения показывает не номер продукта разделения, как это традиционно делается [6], а номер ячейки, в которую этот продукт направляется.

С учетом выражения (1) гранулометрический состав потока материала из j -й в i -ю ячейку может быть представлен матричным произведением $\mathbf{K}_{ij} \times \mathbf{F}_j^0$.

Очевидно, что в i -ю ячейку могут направляться потоки из всех остальных элементов ТСИ, что позволяет записать входной вектор фракционных потоков в этот элемент через сумму фракционных массопотоков:

$$\mathbf{F}_i^0 = \mathbf{F}_i^{inp} + \sum_{j=1}^n \mathbf{K}_{ij} \times \mathbf{F}_j^0, \quad (2)$$

где верхний индекс «inp» указывает на внешние для ТСИ потоки, которые подаются в рассматриваемый элемент. Уравнение (2) может быть записано для каждой из n ячеек в виде системы n уравнений в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{K}_{11} - \mathbf{I} & \mathbf{K}_{12} & \dots & \mathbf{K}_{1n} \\ \mathbf{K}_{21} & \mathbf{K}_{22} - \mathbf{I} & \dots & \mathbf{K}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mathbf{K}_{n1} & \mathbf{K}_{n2} & \dots & \mathbf{K}_{nn} - \mathbf{I} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{F}_1^0 \\ \mathbf{F}_2^0 \\ \dots \\ \mathbf{F}_n^0 \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} \mathbf{F}_1^{inp} \\ \mathbf{F}_2^{inp} \\ \dots \\ \mathbf{F}_n^{inp} \end{pmatrix},$$

или

$$\mathbf{K} \times \mathbf{F}^0 = -\mathbf{F}^{inp}, \quad (3)$$

решение которой дает искомый вектор фракционных составов материала во всех ячейках ТСИ:

$$\mathbf{F}^0 = -\mathbf{K}^{-1} \times \mathbf{F}^{inp}. \quad (4)$$

Для замыкания описания используются известные способы вычисления матриц измельчения и разделения. Матрица измельчения в ячейке 1 есть нижняя треугольная матрица \mathbf{B} , где в каждом столбце стоит распределение по фракциям продуктов измельчения исходной фракции. Сумма всех элементов матрицы в каждом столбце равна единице.

Для описания кривых разделения двухпродуктовой классификации предложено довольно много зависимостей [1, 6], в том числе в матричном виде. Если диагональная матрица \mathbf{C} описывает выходы фракции в мелкий продукт, то их выходы в крупный продукт определяются матрицей $(\mathbf{I} - \mathbf{C})$, где \mathbf{I} – единичная матрица такого же размера. При многопродуктовой классификации используется столько матриц разделения, сколько имеется продуктов, причем сумма всех этих матриц

должна быть равна единичной матрице. Матрица разделения для каждого продукта представляется как диагональная матрица, каждое ненулевое значение которой соответствует вероятности попадания фракции из исходного материала в выбранный продукт разделения:

$$C_i = \begin{bmatrix} C_{i1} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C_{i2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C_{i3} & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & C_{im} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Отличие предложенного матричного описания (3) от известного [4, 5] заключается в существенном (примерно в два раза) уменьшении числа уравнений системы при описании схем с чередующимися ячейками измельчения и классификации. Кроме того, разработанный метод позволяет легко описывать новый класс машин и аппаратов с совмещенными процессами измельчения и классификации в рабочем объеме машины.

Для демонстрации порядка составления модели процесса и заявленных преимуществ разработанного подхода рассмотрим несколько примеров моделирования конкретных ТСИ.

Замкнутый цикл измельчения, изображенный на рис. 1, а, включает два элемента – мельницу и классификатор. Исходный материал подается на вход мельницы, где происходит его измельчение. Размолотый материал направляется в классификатор, где осуществляется его разделение на крупный и мелкий продукты. Крупный продукт направляется для повторного измельчения в мельницу, а мелкий продукт выводится из цикла.

Для проверки точности предложенного описания составляются две расчетные модели согласно известному [4, 5] и предложенному методам. При традиционном методе число элементов в расчетной схеме равно двум (рис. 1, б). Процесс в первом элементе (мельнице) описывается матрицей измельчения B_1 , а классификация – матрицей разделения C , элементы которой показывают вероятность выхода мелкого продукта. Такая матричная модель записывается в виде:

$$\begin{pmatrix} -I & I-C \\ B & -I \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F_1^0 \\ F_2^0 \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} F_1^{inp} \\ 0 \end{pmatrix}. \quad (6)$$

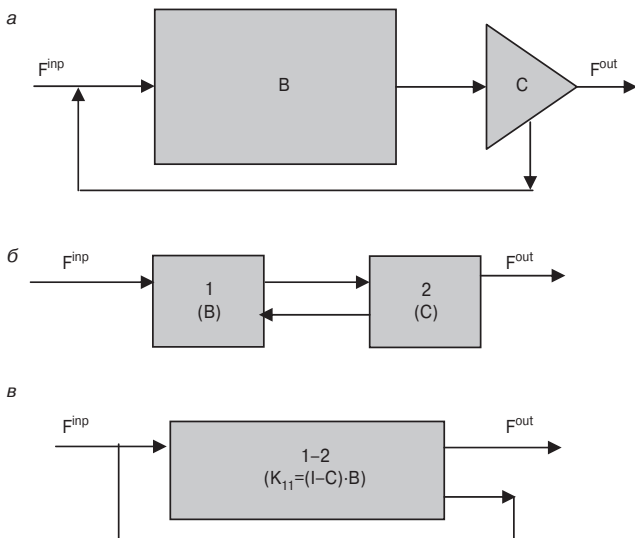


Рис. 1. Схема ТСИ замкнутого цикла (а), ее известная (б) и обобщенная (в) расчетные схемы (В – мельница, С – классификатор)

Обобщенный подход, при котором измельчение и классификация описываются совместно, позволяет согласно (3) ограничиться одной ячейкой и представить модель в виде

$$(K_{11} - I) \times F_1^0 = -F_1^{inp},$$

или с учетом (1)

$$((I - C) \times B - I) \times F_1^0 = -F_1^{inp}. \quad (7)$$

Анализ моделей (6) и (7) показывает, что предложенное совместное описание измельчения и классификации позволяет сократить число уравнений в два раза без потери качества моделирования. Например, при расчетном числе фракций $m = 1000$ соответственно получается для нового и традиционного методов 1000 и 2000 уравнений в системе моделирования, что является для предельной модели более чем существенной экономией вычислительных ресурсов даже с использованием современных компьютеров. Сохранение качества предложенного описания подтверждается проведенными тестовыми расчетами, которые показали совпадение результатов расчета по моделям (6) и (7).

Если исходный продукт содержит большую долю мелких частиц, то иногда его сначала подают в классификатор для их отделения, а потом уже на размол. Схема такого цикла показана на рис. 2. Расчетные модели цикла, построенные согласно [4, 5] и предложенному подходу, имеют соответственно вид:

$$\begin{pmatrix} -I & I-C \\ B & -I \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F_1^0 \\ F_2^0 \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} 0 \\ F_2^{inp} \end{pmatrix}, \quad (8)$$

$$(B \times (I - C) - I) \times F_1^0 = -F_1^{inp}. \quad (9)$$

В традиционной модели (8) подача исходного материала во второй элемент моделируется размещением

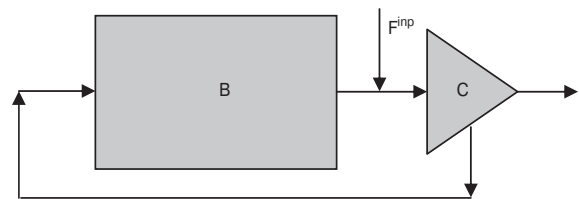


Рис. 2. Схема ТСИ замкнутого цикла с подачей исходного материала на вход классификатора

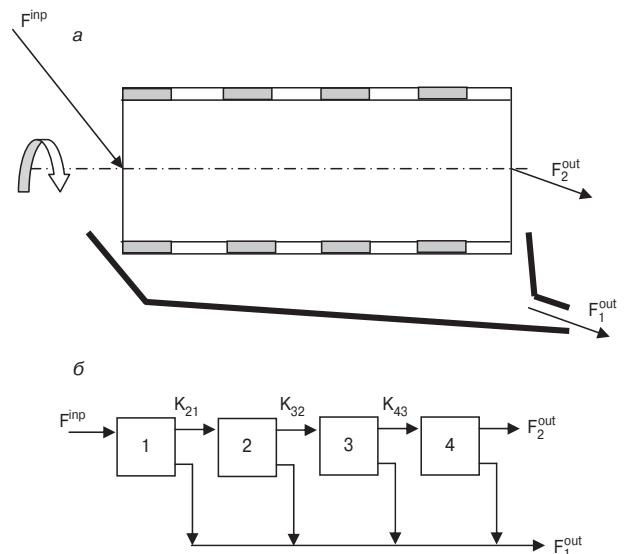


Рис. 3. Эскиз барабанной грохот-дробилки (а) и ее расчетная схема (б)

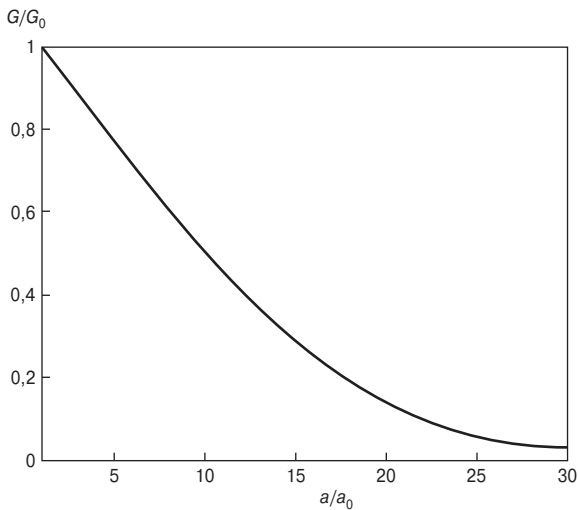


Рис. 4. Зависимость изменения относительной производительности разнопрочных компонентов на выходе барабанной дробилки от их относительной прочности

вектора питания во второй строке матрицы внешних потоков. Для изменения места подачи материала во второй модели достаточно поменять местами матрицы **B** и **(I - C)** в уравнении (9).

В рассмотренных примерах для достижения поставленной цели число уравнений системы уменьшилось в два раза. Это уменьшение резко возрастает при увеличении числа агрегатов ТСИ и может экономить компьютерные ресурсы, что особенно важно при решении оптимизационных задач.

Рассмотрим измельчение материала в барабанной грохот-дробилке (БГД) (рис. 3, [3]), которые широко используются в строительстве и энергетике. Исходный материал загружается в перфорированный вращающийся барабан. Материал захватывается лифтерами и поднимается. Разрушение происходит за счет удара падающего материала на перфорированную стенку барабана. Образовавшаяся при этом мелочь проваливается через перфорацию барабана, а крупные куски подвергаются повторному измельчению.

При построении модели барабан по длине делится на *n* ячеек, в каждой из которых одновременно протекает измельчение и классификация материала. Это позволяет использовать разработанную обобщенную модель. При разбиении барабана по длине на четыре ячейки математическая модель процесса имеет вид:

$$\begin{pmatrix} -I & 0 & 0 & 0 \\ C_2 B_1 & -I & 0 & 0 \\ 0 & C_3 B_2 & -I & 0 \\ 0 & 0 & C_4 B_3 & -I \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F_1^0 \\ F_2^0 \\ F_3^0 \\ F_4^0 \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} F_1^{inp} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix},$$

где C_2, C_3, C_4 – матрицы разделения первой, второй и третьей ступеней, записанные для продуктов, которые подаются во вторую, третью и четвертую ячейки, соответственно B_1, B_2, B_3 – матрицы измельчения для первой, второй и третьей ячеек.

Расчетный анализ выполнен для случая совместного измельчения разнопрочных компонентов в барабанной грохот-дробилке. Материал разной прочности измельчается по-разному, и соответственно в мелком и крупном продуктах содержание разных компонентов будет разное. Таким образом, можно реализовать селективное измельчение и обогащение продуктов разной прочности. Например, для предотвращения загрязнения окружающей среды выбросами серы в энергетике

актуальна задача выделения серного колчедана из каменного угля при их совместном дроблении. На рис. 4 приведена зависимость относительной производительности разнопрочных компонентов на выходе из барабана БГД от их относительной прочности. Для характеристики прочности используется параметр *a* селективной функции: чем больше значение этого параметра, тем материал менее прочный и легче разрушается. Индекс «0» относится к более прочному компоненту. График показывает, каким образом изменяется доля более мягкого компонента на выходе из барабана БГД. Данный график позволяет на стадии проектирования выбрать характеристики оборудования, необходимые для обеспечения заданного технологией содержания компонентов в смеси.

Список литературы

1. Mizonov V., Zhukov V., Bernotat S. Simulation of grinding: new approaches. Ivanovo: ISPEU Press, 1997.
2. Огурцов А.В. и др. Метод расчета струйной мельницы кипящего слоя // Изв. вузов. Химия и химическая технология. 2004. № 10. С. 122–1245.
3. Справочник по обогащению углей / Под ред. И.С. Благова, А.М. Коткина, Л.С. Зарубина. М.: Недра, 1984. 614 с.
4. Mizonov V.E. et al. Application of multi-dimensional Markov chains to model kinetics of grinding with internal classification // J. Miner. Process. 2004. V. 74, Is. 1001. Pp. 307–315.
5. Мизонов В.Е. и др. Применение теории цепей Маркова к моделированию кинетики измельчения в трубных мельницах замкнутого цикла // Строит. материалы. 2007. № 10. С. 41–45.
6. Мизонов В.Е., Ушаков С.Г. Аэродинамическая классификация порошков. М.: Химия, 1989. 160 с.

Министерство строительства РК, Торгово-промышленная палата РК и выставочное агентство «Еврофорум» приглашают Вас принять участие в XXVI специализированной выставке

СТРОЙЭКСПО 2008

г. ПЕТРОЗАВОДСК

8–10 октября

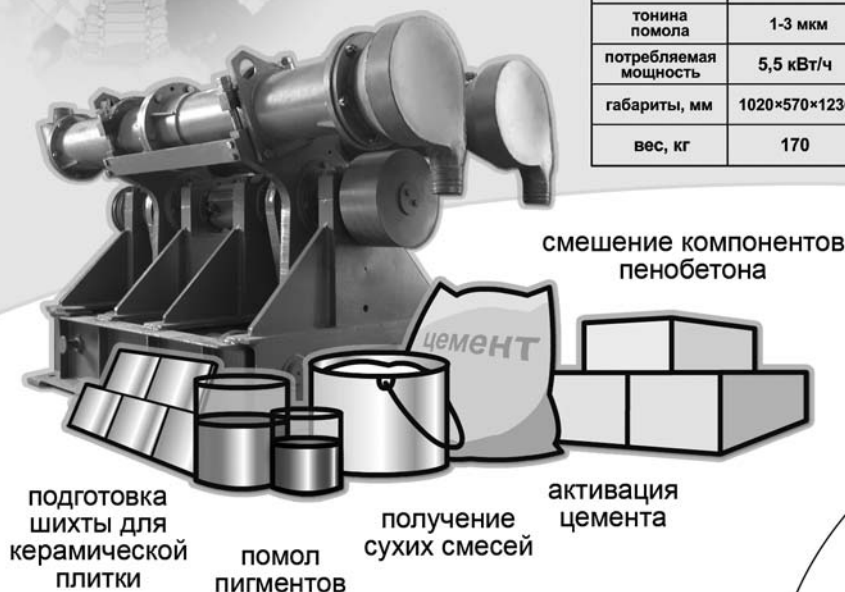
- Современные конструктивные, теплоизоляционные и отделочные материалы.
- Оборудование систем отопления, вентиляции, водоснабжения и канализации.
- Средства малой механизации, инструмент.
- Полы и потолки.
- Окна и двери.
- Кровельные материалы.
- Энергосберегающие технологии и оборудование.
- Деревянные дома.

Заявки принимаются по адресу:
 Выставочное агентство «Еврофорум»
 185000, Карелия, г. Петрозаводск, ул. Анохина, 45
 тел/факс: (8142) 76-83-00, 76-87-96, 78-30-23
 e-mail: euroforum@karelia.ru, www.euroforum.karelia.ru


Активатор
 измельчение активация синтез

Российские промышленные эллиптические шаровые мельницы "Активатор" интенсивного помола.

	Activator-C100	Activator-C500	Activator-C1000	Activator-C5000
произв-сть	100 кг/ч	500 кг/ч	1000 кг/ч	5000 кг/ч
тонина помола	1-3 мкм	4-7 мкм	20-50 мкм	50-70 мкм
потребляемая мощность	5,5 кВт/ч	11 кВт/ч	22 кВт/ч	55 кВт/ч
габариты, мм	1020×570×1230	1122×750×1500	1710×925×1815	2850×1700×2950
вес, кг	170	650	1300	5100



СМЕШЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ
пенобетона

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

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

www.activator.ru >>

Новосибирск, Софийская, 18, оф. 107
 630056, Новосибирск, 56, а/я 141
 Факс: 8 (383) 345-15-30 (доп. 210)
 Тел: 8 913 942 94 81
 e-mail: eugene@activator.ru

Реклама



ООО «МГБ Фильтр» разрабатывает и производит

Новый вид общепромышленных фильтров для очистки запыленных газов – панельные фильтры

Особенности этих фильтров по сравнению с другими типами фильтров:

- компактность (габариты меньше в 1,5–2 раза);
- автоматическая регенерация вибровстряхиванием (без использования сжатого воздуха);
- эффективность улавливания пыли – более 99%;
- срок службы рукавов без замены – не менее 5 лет;
- возможность эксплуатации на открытом воздухе в условиях низкой температуры и атмосферных осадков.

Теплообменники «газ–газ»

Поставляет запасные части к фильтрам:

- фильтровальные элементы и рукава;
- шиберы;
- пылевые затворы-мигалки;
- контейнеры для сбора пыли.

ООО «МГБ Фильтр»

Россия, 119330, г. Москва,
ул. Мосфильмовская, 17-Б.

Телефон: (495) **796-44-06**,
796-07-04

Факс: (495) **734-35-91**

E-mail: mgbfilter@mail.ru

Изготовленные нами фильтры эксплуатируются с 2002 года на ряде предприятий различных отраслей промышленности, в основном в промышленности строительных материалов.

Мы готовы подобрать для вашего предприятия серийные фильтры или изготовить нестандартные для ваших условий

Реклама

Выбор кремнеземсодержащего компонента композиционных вяжущих веществ

Современный этап развития строительного материаловедения и технологий производства строительных материалов предусматривает переход на использование сырьевых материалов, основные свойства которых определяются на наноразмерном уровне. В связи с этим актуально использование информации о сырьевых минеральных ресурсах в наноминералогическом аспекте [1]. Такой принцип при создании новых и совершенствовании существующих композиционных материалов может в значительной степени повысить их эксплуатационные характеристики.

Получение высокоэффективных вяжущих веществ нового поколения сопровождается использованием сложных составов компонентов с целью получения высококачественных бетонов разного функционального назначения с улучшенными или новыми свойствами и определенной, заранее заданной структурой. В основу создания таких вяжущих положен принцип целенаправленного управления технологией на всех этапах: использование активных компонентов, разработка оптимальных составов, применение химических модификаторов, использование механохимической активации компонентов и некоторых других приемов.

Композиционные вяжущие (КВ) обычно представляют собой смесь портландцемента, активного минерального компонента и специальных добавок, усиливающих те или иные строительные свойства.

Идея получения композиционных вяжущих не нова. Ранее были получены тонкомолотые цементы (ТМЦ) и вяжущие низкой водопотребности (ВНВ). ТМЦ получают дополнительным измельчением портландцемента совместно с кремнеземистым компонентом. В составе ВНВ помимо портландцемента и активных наполнителей присутствует суперпластификатор. Данные вяжущие были детально изучены и доказана их принципиальная эффективность. Однако в качестве кремнеземистого компонента ТМЦ и ВНВ использовали природные пески, содержащие кварца в которых

составляет около 95%. При этом колебание свойств композиционных вяжущих при равных количественных соотношениях компонентов, влияние генетического типа кремнеземистого компонента не рассматривалось. Острый дефицит традиционных вяжущих и необходимость повышения активности композиционных придает особую актуальность изучению влияния типоморфных особенностей кварца¹, пород различных генетических типов на физико-химические особенности гидратации в системе кремнезем — клинкерные минералы — гипс — суперпластификатор — вода.

Композиционные материалы нового поколения отличаются гетерофазностью. Повышение эффективности искусственных композитов зависит от прочности и количества контактов между гидратными новообразованиями и минеральной составляющей. Характер зоны контакта определяется особенностями гидратационного твердения вяжущих и структурой цементного камня у поверхности кремнеземистого компонента с различными кристалло-химическими, структурными и размерными особенностями и состоянием поверхности. Прочность, долговечность и чувствительность механических свойств к изменению внешних условий для искусственных композитов в значительной степени зависят от свойств зоны контакта между заполнителями и цементным тестом (впоследствии цементным камнем). Ограничивающим фактором на формирование прочности цементного камня из композиционного вяжущего является степень взаимодействия продуктов гидратации клинкерных минералов с кварцевым компонентом системы.

В связи с необходимостью оценки пригодности того или иного генетического типа кварца и их ранжирования по эффективности была предложена методика определения качества кремнеземистой составляющей как компонента КВ [3]. Для упрощения методики с целью устранения влияния большого количества факторов предложено использовать ТМЦ. Методика заключается в

определении активности ТМЦ, приготовленного из различных генетических типов кварца, и сопоставлении ее с активностью контрольного ТМЦ на основе кварца Вольского месторождения, применяемого для определения активности портландцемента. Для испытаний готовили ТМЦ-50 с удельной поверхностью 500 м²/кг. В ТМЦ использовали цемент ЦЕМ I 42,5Н.

Коэффициент качества кремнеземистого компонента (K_k) рассчитывали по следующей формуле:

$$K_k = \frac{R_A^{\Pi}}{R_A^{В.П.}}$$

где R_A^{Π} — активность ТМЦ с изучаемым типом кварца, МПа; $R_A^{В.П.}$ — активность ТМЦ с кварцем песка Вольского месторождения, МПа.

Активность ТМЦ определяли согласно ГОСТ 310.1–76. Результаты испытаний приведены в таблице.

Анализ изменения свойств композиционных вяжущих веществ на основе различных генетических видов кварцевого сырья показал, что причину существенного различия реакционной активности кварца необходимо искать в его фазовой гетерогенности, которая может проявляться в присутствии различных полиморфных модификаций кристаллического кремнезема. Так, учитывая осажденно-метаморфогенный генезис песчаников, можно предположить присутствие в их составе низко- и высокотемпературной модификации кварца, или в соответствии с минералогической номенклатурой минералов группы кремнезема α - и β -кварца. Присутствие в его составе более высокотемпературных низкобарических модификаций — тридимита и кристобалита не соответствует термодинамическим условиям проис-

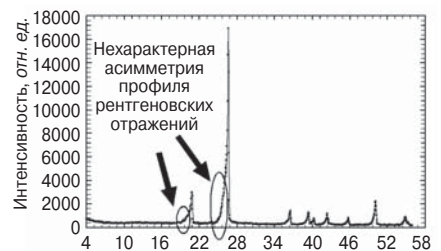


Рис. 1. Рентгенограмма кварцевого песка

¹ Типоморфизмом материалов называются их способность отражать генетическую природу в своей конструкции и свойствах [2].

Наименование кремнеземистого компонента ТМЦ	Коэффициент качества, Кк	Минеральный состав и микро-структурные характеристики кварца			
		α-кварц		β-кварц	
		Содержание, %	ОКР, нм	Содержание, %	ОКР, нм
Отсев дробления кварцитопесчаника Лебединского месторождения	1,29	65	60	35	20
Отходы мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов (ММС)	1,02	74		26	
Песок Вольского месторождения	1	75		25	
Песок Нижне-Ольшанского месторождения	0,95	78		22	
Песок Вяземского месторождения	0,84	87		13	

хождения и эволюции рассматриваемых горных пород.

Для установления минеральной неоднородности мелкодисперсных неконсолидированных минеральных систем наиболее целесообразно применять структурно-чувствительные дифракционные методы, в частности рентгенофазовый анализ.

Относительные интенсивности рентгеновских отражений и угловые положения максимумов во всех исследованных образцах (см. таблицу) соответствовали α-кварцу. Отличительной особенностью полученных рентгенограмм является асимметрия профилей рентгеновских отражений в их малоугловой области (рис. 1). Для минимизации эффектов аппаратной асимметрии профилей отражений съемку проводили с применением щелей Соллера с углом расхождением 1,5°.

Этот факт может быть интерпретирован как следствие наложения двух весьма близких по угловым положениям систем отражений от α- и β-кварца, что следует из близости их структурно-геометрических параметров.

Для определения количественно содержания и размеров кристаллитов (под кристаллитами понимаются области когерентного рассеяния (ОКР) рентгеновских лучей — минимальные бездефектные области

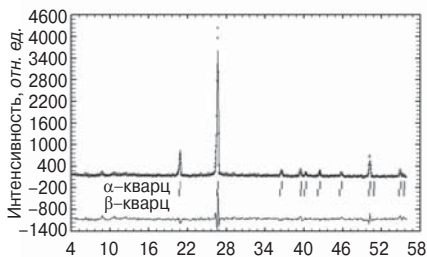


Рис. 2. Ритвельдовская диаграмма кварцевого песка. Точками обозначена экспериментальная кривая дифракционного спектра, сплошная линия — расчетная кривая рассеяния рентгеновских лучей. Внизу — брэгговские маркеры отражений α- и β-кварца и разностная кривая экспериментального и расчетного дифракционного спектра

мозаики, слагающие зерно минерала) α- и β-кварца при наложении отражений от разных фаз под одним дифракционным профилем применен рентгенофазовый анализ на основе метода Ритвельда [4, 5]. В основе метода Ритвельда, называемого также полнопрофильным, лежит процедура минимизации разницы между экспериментальным и расчетным дифракционными спектрами. Причем последний рассчитывается из моделей кристаллических структур веществ, составляющих поликомпонентный материал.

Расчеты проводили с использованием программы Fullprof [6] с применением стандартной стратегии ритвельдовского уточнения аппаратных и структурных параметров. В качестве исходных данных использовали кристаллоструктурные параметры α- и β-кварца, взятые из работ [7, 8]. Микроструктурный анализ включал в себя определение размеров ОКР в изотропном приближении. Подробные описания процедур количественного микроструктурного анализа при помощи программ, реализующих полнопрофильные методы, изложены в [9].

Типичная ритвельдовская диаграмма кварцевого песка приведена на рис. 2. Результаты полнопрофильного количественного фазового и микроструктурного анализа кварца различного генезиса приведены в таблице.

Таким образом, кварцевая составляющая песков различного генезиса представляет собой гетерогенную фазовую и размерную композицию, представленную α- и β-кварцем. Установлена зависимость качества кварцевого компонента композиционного вяжущего от типа и количества полиморфных модификаций кремнезема в составе исходной породы. С увеличением содержания высокотемпературной наноразмерной полиморфной модификации β-кварца возрастает ак-

тивность кремнезема по отношению к Са(ОН)₂ в системе кремнезем — клинкерные минералы — гипс — вода, следствием чего является повышение активности композиционных вяжущих. Использование данной методики позволяет производить комплексную оценку мелкозернистых природных и техногенных полезных ископаемых как сырья для получения композиционных вяжущих.

Данная работа выполнялась при финансовой поддержке в форме гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых МК-3123.2008.8 «Разработка теоретических принципов повышения эффективности мелкозернистого бетона с использованием техногенных песков для жилищного строительства».

Список литературы

1. Наноминералогия. Ультра- и микродисперсное состояние минерального вещества / Под ред. Н.П. Юшкина, А.М. Асхабова, В.И. Ракина. СПб.: Наука, 2005. 214 с.
2. Юшкин Н.П. Теория и методы минералогии (избранные главы). Л.: Наука, 1977. 291 с.
3. Лесовик Р.В. и др. Влияние кремнеземистых компонентов на свойства композиционных вяжущих // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии: Сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Белгород, 2007. Ч. 2. С. 157—160.
4. Rietveld H.M. Line profiles of neutron powder-diffraction peaks for structure refinement // Acta Crystallographica A. 1967. V. 22. Pp. 151—152.
5. Rietveld H.M. A Profile Refinement Method for Nuclear and Magnetic Structures // Journal of Applied Crystallography. 1968. V. 2. Pp. 67—70.
6. Rodriguez-Carvajal J. An Introduction to the Program FullProf 2000 // Laboratoire Leon Brillouin (CEA-CNRS) CEA. Saclay, 91191 Cif sur Yvette Cedex, France. 2000. 139 p.
7. Gualtieri A.F. Accuracy of XRPD QPA using the combined Rietveld-RIR method // Journal of Applied Crystallography. 2000. V. 33. Pp. 267—278.
8. Levien L., Prewitt C.T., Weidner D.J. Structure and elastic properties of quartz at pressure // American Mineralogist. 1980. V. 65. Pp. 920—930.
9. Le Bail A. Advances in microstructure analysis by the Rietveld-method // Sixth International School and Workshop of Crystallography. Structural Characterization: Amorphous and Nano-Crystalline Materials 22—27 January. 2000. Egypt.

Л.А. СЕРЕБРЯКОВА, канд. техн. наук,
Тихоокеанский государственный экономический университет (Владивосток)

Оптимизация структуры нетканых материалов для линолеума

Одним из перспективных покрытий для полов, отвечающих требованиям современной строительной технологии, является линолеум.

Линолеум на нетканой подоснове является отделочным строительным материалом и позволяет укладывать его непосредственно на перекрытие или стяжку без дополнительных звуко- и теплоизоляционных слоев.

Учитывая потребности рынка Дальневосточного региона по выпуску качественного и дешевого линолеума, была проведена работа по исследованию иглопробивных нетканых материалов из вторичного сырья для их использования в качестве подосновы теплозащитного линолеума.

Для проведения испытаний на ЗАО «Радуга» (Владивосток) из отходов рыболовецкой промышленности – вышедших из эксплуатации капроновых канатов и сетной части орудий лова (полиамидное вторичное сырье, группа 2.2. ТУ 63-473-32-90) и отходов местных швейных фабрик – лоскута, обрезков (восстановленные шерсть и хлопок) были изготовлены три варианта опытных образцов иглопробивных нетканых материалов различного волокнистого состава (I вариант – 100% капрон; II вариант – капрон и хлопок в соотношении 50:50 и III вариант – капрон, хлопок и шерсть в соотношении 40:30:30).

Проведено комплексное исследование основных свойств исследуемых нетканых материалов с учетом требований, предъявляемых к линолеуму на основе нетканых материалов (ГОСТ 30548-97), а также исследование опытных образцов линолеума, в качестве основы которых использованы все три варианта иглопробивных нетканых материалов. Для верхнего слоя использован однослойный линолеум из поливинилхлорида толщиной 2 мм с защитным слоем $0,2 \pm 0,005$ мм.

Полученные в работе [1] результаты позволяют рекомендовать опытные иглопробивные нетканые материалы в качестве основы полимерных покрытий для жилых, общественных и производственных помещений. Линолеум с разработанной основой значительно улучшает изоляционные свойства покрытий: позволяет

лучить теплые полы без применения теплоизоляционных прокладочных материалов, обеспечивает звукоизоляцию и стабильность линейных размеров.

Анализ результатов эксплуатационных свойств экспериментальных образцов позволил сделать вывод, что требованиям для основы линолеума наиболее полно отвечает иглопробивной нетканый материал, изготовленный из 100% капрона (I вариант). Этот материал характеризуется высокой износостойкостью, водостойкостью, хорошими электростатическими свойствами, наименьшими показателями теплоусвоения, стабильностью размеров, а также устойчивостью к гниению и развитию микроорганизмов по сравнению с другими исследуемыми вариантами иглопробивных нетканых материалов [1].

В соответствии с ГОСТ 18108-80 «Линолеум поливинилхлоридный на теплозвукоизолирующей подоснове» общая толщина линолеума на нетканой основе должна быть не менее 3,6 мм; поливинилхлоридного слоя – 1,2 мм, в том числе прозрачной лицевой поливинилхлоридной пленки – 0,2 мм. Однако толщина основы не должна превышать 5 мм. Увеличение толщины волокнистой подосновы приведет к повышению поверхностной плотности (массы 1 м^2) и, следовательно, к удорожанию линолеума.

В связи с этим была поставлена задача определения оптимальной структуры, в частности толщины иглопробивного нетканого материала, используемого в качестве подосновы.

Оптимальная толщина должна обеспечить наиболее важные при эксплуатации прочностные, тепло- и звукоизоляционные свойства, стабильность размеров при наименьших затратах сырья. От качества тепло- и звукоизолирующей тканевой подосновы во многом зависит качество линолеума, поэтому она должна также обладать высокой эластичностью, упругостью, малой остаточной деформацией, не слеживаться и не истираться в течение длительного времени, не подвергаться гниению и разрушению микроорганизмами. Многие из перечисленных эксплуатационных свойств обеспечиваются волокнистой структурой и находятся на достаточном высоком уровне [1].

Возможность использования иглопробивного нетканого материала предлагаемых толщин для использования в качестве утеплителя при производстве линолеума подтверждается также протоколами испытаний Центра Госсанэпиднадзора Приморского края о проведении химических и токсикологических исследований.

Для выявления оптимальной толщины на ЗАО «Радуга» по производству строительных материалов было изготовлено четыре варианта композиционных иглопробивных нетканых материалов толщиной 3,1–5,1 мм из полиамидного вторичного сырья (капрон).

Структурные и основные эксплуатационные свойства композиционных иглопробивных нетканых материалов, полученные в результате испытаний, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Варианты	Толщина, мм	Поверхностная плотность, $\text{г}/\text{м}^2$	Плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$	Водопоглощение, %	Влагоотдача, %	Стойкость к истиранию, циклы
I	3,1	249	80	46,21	75,12	1030
II	4	322	81	34,8	65,24	1680
III	4,5	395	88	29,97	57,23	2133
IV	5,1	448	90	25,06	50,81	2688

Таблица 2

Градация качества	Критерии оценок размерных показателей			
	Суммарное тепловое сопротивление, °С·м ² /Вт	Остаточная деформация сжатия, %	Коэффициент звукопоглощения	Поверхностная плотность, г/м ²
Отлично	≥ 0,32	≤ 38	≥ 0,4	≤ 350
Хорошо	≥ 0,315	≤ 40	≥ 0,25	≤ 400
Удовлетворительно	≥ 0,3	≤ 42	≥ 0,2	≤ 450
Плохо	< 0,3	> 42	< 0,2	> 500

Для установления оптимальной толщины были изучены суммарное тепловое сопротивление, изменения остаточной деформации при сжатии, а также определены коэффициент звукопоглощения и поверхностная плотность опытных образцов.

На основании полученных результатов по разработанной методике была проведена оптимизация толщины иглопробивных нетканых материалов, предназначенных в качестве теплозвукоизолирующей подосновы линолеума [2, 3].

Оптимизация проведена на основании разработанных критериев оценок показателей свойств иглопробивных нетканых материалов для теплозащитного линолеума, полученных экспериментальным путем, и на основе математического моделирования зависимости показателей оцениваемых свойств от толщины образцов.

Зависимости между показателями эксплуатационных свойств от толщины образцов устанавливали на основании уравнений регрессии, рассчитанных с использованием метода наименьших квадратов.

Полученные уравнения довольно точно отражают связь между толщиной и показателями эксплуатационных свойств композиционных иглопробивных нетканых материалов для теплозащитного линолеума, поскольку коэффициенты детерминации (R) имеют значения, близкие к единице.

Оптимальную толщину композиционных иглопробивных нетканых материалов для изготовления линолеума устанавливали путем решения системы линейных неравенств в соответствии с выбранными параметрами ограничения и их наиболее оптимальными значениями.

Выбор критериев оценок проводили с учетом имеющихся в литературе данных, стандартов для оцениваемых показателей, нормативов, определенных техническими условиями на выпуск данной продукции, а также полученных экспериментальных результатов.

В ходе решения задачи оптимизации толщины иглопробивного нетканого материала для подосновы линолеума были исследованы и выбраны в качестве критериев оценок показатели суммарного теплового сопротивления, остаточной деформации сжатия, а также коэффициент звукопоглощения и поверхностная плотность.

Критерии оценок показателей свойств композиционных иглопробивных нетканых материалов, применяемых в качестве подосновы для линолеума, приведены в табл. 2.

Выбор этих показателей определяется тем, что волокнистые материалы, используемые для основы, в процессе эксплуатации линолеума подвергаются сжатию. Повторяющиеся сжимающие воздействия при

эксплуатации приводят к накоплению остаточной деформации, расшатыванию структуры нетканого материала, что, в свою очередь, вызывает изменение толщины, объема и приводит к снижению тепло- и звукоизоляционных свойств, а следовательно, к снижению качества линолеума. Выбор поверхностной плотности обусловлен тем, что увеличение массы 1 м² материала приведет к нерациональному использованию сырья для изготовления иглопробивных нетканых материалов, их уродожанию, что является нежелательным.

В качестве параметра оптимизации был принят показатель суммарного теплового сопротивления ($R_{\text{сум}}$). Параметрами ограничения выбраны остаточная деформация сжатия ($E_{\text{ост}}$), коэффициент звукопоглощения (λ) и поверхностная плотность (Π).

На основании разработанных критериев оценок показателей свойств исследуемых волокнистых иглопробивных нетканых материалов, установленных экспериментальным путем, и на основе математического моделирования зависимостей показателей оцениваемых свойств от их толщины, а также из их оптимальных значений:

$$y_1 \geq 0,315; \quad y_2 \leq 40; \quad y_3 \geq 0,25; \quad y_4 \leq 400$$

получена система неравенств:

$$\begin{cases} 0,029x + 0,1921 \geq 0,315 & R^2 = 0,9953 \\ -11,71x + 84,915 \leq 40 & R^2 = 0,9568 \\ 0,0533x + 0,0224 \geq 0,25 & R^2 = 0,8848 \\ 101,86x - 71,776 \leq 400 & R^2 = 0,9875 \end{cases} \quad (1)$$

где x — толщина нетканого материала, мм; y_1 — функция, характеризующая теплофизические свойства (суммарное тепловое сопротивление, °С·м²/Вт); y_2 — функция, характеризующая остаточную деформацию сжатия, %; y_3 — функция, характеризующая акустические свойства (коэффициент звукопоглощения); y_4 — функция, характеризующая поверхностную плотность, г/м².

Решение этой системы неравенств позволяет установить:

$$4,3 \leq x \leq 4,6.$$

Следовательно, полученные в работе данные позволяют выявить оптимальную толщину композиционных иглопробивных нетканых материалов, используемых в качестве звуко- и теплоизолирующей подосновы поливинилхлоридного линолеума, в пределах 4,3–4,6 мм.

Таким образом, приведенные результаты экспериментальных исследований эксплуатационных свойств нетканых материалов из вторичного полиамидного сырья оптимальной толщины (4,3–4,6 мм) позволяют рекомендовать вариант III нетканого материала в качестве основы при изготовлении линолеума. Это позволит расширить область применения, увеличить объемы выпуска нетканых материалов, изготавливаемых местной промышленностью при одновременном решении экологических проблем региона и рациональном использовании сырьевых ресурсов.

Список литературы

1. Серебрякова Л.А., Чадова Т.В. Иглопробивные нетканые материалы из вторичного сырья в качестве основы для линолеума // Строит. материалы. 2006. № 4. С. 68–69.
2. Серебрякова Л.А. Оптимизация структуры композиционных нетканых материалов // Строит. материалы. 2008. № 7. С. 66–67.
3. Смолейчук И.М., Серебрякова Л.А. Оптимизация волокнистого состава иглопробивных нетканых материалов в зависимости от назначения // Швейная промышленность. 1998. № 1. С. 32–33.

Т.Л. ИВАНОВА, инженер, В.С. ПРОКОПЕЦ, д-р техн. наук,
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (Омск)

Механоактивированный резиновый порошок для асфальтобетонов

Исследования методов воздействия на органическое вяжущее для дорожных асфальтобетонов с целью формирования в нем заданных свойств показали перспективность применения резиновой крошки. При измельчении резины (до 1 мм) получаемая крошка не растворяется в битуме, а находится в нем в виде частично набухшей дисперсии, образующей центры эластичности, слабо влияющие на упругость и эластичность вяжущего [1]. Более полного проявления свойств резины можно достичь путем ее деструкции, то есть разрыва связей вулканизационной сетки с получением развернутых, не связанных друг с другом цепей молекул каучука. Затем после их распределения в среде горячего вяжущего в объеме асфальтобетона происходит образование пространственно сшитых цепей. Инициирование описанных процессов и их активация возможны при наличии механически диспергированных резиновых порошков [2].

Активация деструкции приводит к генерированию свободных радикалов при механическом обрыве макромолекул. Источником необходимой энергии может быть механическое воздействие [2].

Одним из экономичных и эффективных методов тонкого измельчения является метод использования скоростных ударных силовых нагрузок, реализуемых в дезинтеграторных установках (ДУ). Отличительной особенностью метода является повышение активационного воздействия на измельчаемый материал при одновременном снижении степени износа рабочих элементов.

Резиновый порошок можно использовать как добавку для модификации нефтяного битума в асфальтобетонных смесях или вводить непосредственно в минеральную смесь. Оба способа имеют свои недостатки, так как резина нуждается в доизмельчении по сравнению с резиновой крошкой, поставляемой заводами. Рядом работ доказывается улучшение свойств асфальтобетона при сухом способе введения резиновой крошки [3]. Многие виды резин не поддаются эффективному измельчению без охлаждения при использовании штатного комплекта пальцевых и лопастных роторов [4].

В работе [5] для ДУ был предложен критерий интенсивности измельчения материала (KI), который рассчитывается по формуле:

$$KI = k \frac{v \cdot \sqrt{E \cdot \rho}}{\sigma_{\text{дин}}}, \quad (1)$$

где v – линейная скорость била; E – модуль Юнга; ρ – плотность измельчаемого материала; $\sigma_{\text{дин}}$ – динамические разрушающие напряжения для данного материала; k – коэффициент, зависящий от конструкции (конфигурации бил, их количества, скорости вращения роторов относительно друг друга, среднего угла удара частиц о била). Если принять $k=1$ для ДУ с цилиндрическими билами, то для ДУ с билами, имеющими на рабочей стороне срез $k=1,2$, а для ДУ, имеющей била с ножевыми рассекателями, $k=1,5$. В табл. 1 приведены значения KI для резины, песка и цемента, измельченных в ДУ марки УИС-2У с пятью рядами цилиндрических бил.

Критерий интенсивности измельчения для песка $KI_{\text{сум}}$ в 7–10 раз больше, чем $KI_{\text{сум}}$ для резины. После измельчения песка процент прохождения порошка через сито с размером ячейки 0,08 мм составляет 45%, а резина практически не измельчается.

Выразим из формулы (1) линейную скорость v через угловую скорость вращения ротора ω и его радиус R и получим, что KI и дисперсность получаемого материала являются функцией конструктивных параметров ДУ (ω, R, k), параметров измельчаемого материала ($E, \sigma_{\text{дин}}, \rho$), технологических особенностей (количество проходов измельчения). Критерий KI позволяет устанавливать необходимый режим измельчения для получения материала с заданными характеристиками.

Путем преобразований (1) можно получить зависимость кинетической энергии T от KI :

$$KI = k \frac{4 \cdot \sqrt{ET/V}}{\sigma_{\text{дин}}}, \quad \text{тогда } T = \mu \cdot KI^2, \quad (2)$$

где V – объем частицы, μ – постоянная для данной ДУ и данного материала величина [5].

При измельчении материала происходит его активация, которая существенно изменяет его активность при взаимодействии с другими материалами [6]. Это свойство широко используется при приготовлении асфальтобетонов. Эффективная энергия активации:

$$U_{\phi} = U_0(1 - Dk), \quad (3)$$

где U_0 – энергия активации разрушения материала; Dk – декремент активации материала, то есть величина,

Таблица 1

Материал	Номер ряда бил					Суммарное значение $KI_{\text{сум}}$
	1	2	3	4	50	
Цемент	0,887	1,131	1,305	1,635	1,879	6,837
Резина	0,196 0,294*	0,25 0,375*	0,289 0,434*	0,366 0,549*	0,416 0,624*	1,517 2,276*
Песок	2,108	2,687	3,1	3,927	4,465	16,29

Примечание: * била с ножевыми рассекателями.

Таблица 2

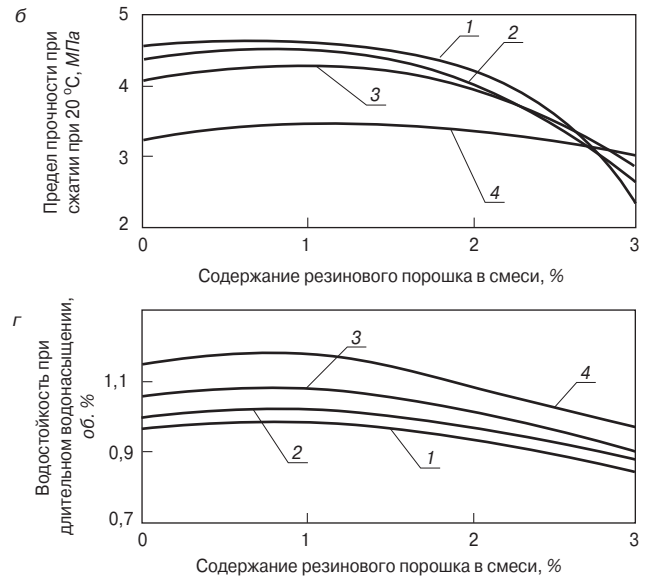
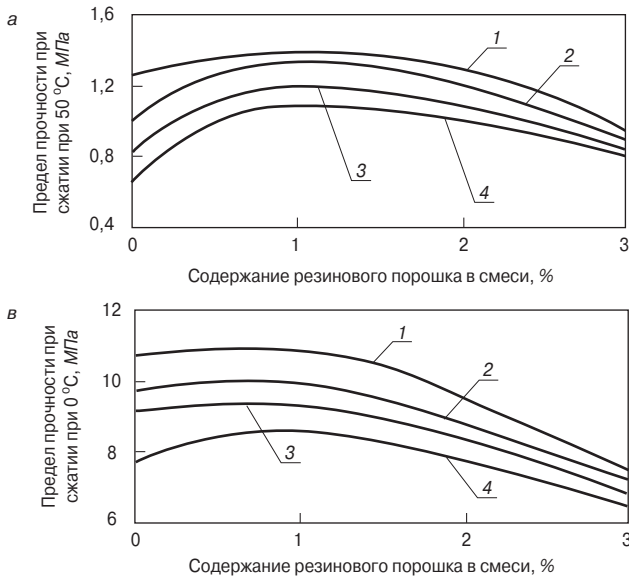
№ состава	Резиновый порошок, %	Щебень, %	Песок, %	Минерал. порошок, %	Активир. смесь, %
I	1	45	38	14	3
II	2	45	35	14	6
III	3	45	32	14	9
IV	Контрольный образец	45	41	14	0

Таблица 3

№ состава	Средняя плотность, г/см ³	Водонасыщение, об. %	Предел прочности при сжатии, МПа			Коэффициент водостойкости
			R ₅₀	R ₂₀	R ₀	
I	2,39	1,21	1,41	4,50	10,6	0,9
IV	2,41	1,71	0,98	2,26	11,8	0,86
Требования по ГОСТ 9128–97		1,5–4	1	2,2	≤12	0,85

Таблица 4

№ состава	Предел прочности при изгибе, МПа, при температуре, °С			Сдвигоустойчивость при температуре 50°С по:	
	0	20	50	коэффициенту внутреннего трения	сцеплению при сдвиге, МПа
I	1,15	0,37	0,14	0,84	0,38
IV	0,85	0,21	0,08	0,81	0,35



Зависимость предела прочности асфальтобетона при сжатии (а, б, в) и водостойкости при длительном водонасыщении (г) от количества активированного резинового порошка при содержании битума: 1 – 5,5; 2 – 6; 3 – 6,5; 4 – 7%

характеризующая убывание энергии активации разрушения материала в результате измельчения в ДУ.

В ряде работ отмечается, что активация материала зависит не только от степени измельчения, но и от материала, с которым сталкиваются частицы измельчаемого вещества в ДУ. Было предложено измельчать резиновую крошку совместно с песком, что позволяет использовать для измельчения резины цилиндрические билы. Для приготовления асфальтобетонной смеси использовали резиновую крошку Омского шинного завода, которая имеет достаточно высокую дисперсность. Активированную смесь получали путем совместного помола в ДУ марки УИС-2У резиновой крошки с песком в отношении 1:2 по массе. Для испытаний был запроектирован асфальтобетон типа Б, соответствующий ГОСТ 9128–97 (табл. 2). Изготовление и испытание образцов выполняли согласно ГОСТ 12801–98. Количество битума варьировалось в пределах 5–7% от массы минеральных материалов. На рисунке видно, что полученные экспериментальные зависимости имеют плавный характер изменения. Возможные отклонения в производственных условиях дозирования битума и резинового порошка не приводят к существенному изменению эксплуатационных показателей асфальтобетона, что весьма важно при данной технологии.

Применение такого асфальтобетона утилизирует 2,3–3 кг резинового порошка на 1 м² дорожного покрытия при толщине слоя h=0,1 м, не требует существенной перенастройки технологического оборудования, позволяет получать асфальтобетон высокого качества.

Из табл. 3 видно, что механические показатели асфальтобетона на основе активированного резинопесчаного порошка выше показателей, предусмотренных ГОСТ 9128–97.

Предлагаемый способ хотя и требует дополнительного потребления около 2 кВт/ч затрат электроэнергии на тонну асфальтобетонной смеси, но благодаря более высоким физико-механическим свойствам материала (в среднем выше на 25%) позволяет достичь экономии более 10% от стоимости устройства дорожного покрытия за счет снижения его толщины.

Список литературы

1. Вулканизированный асфальтобетон повышенной долговечности для дорожных покрытий. Серия: Строительство и эксплуатация автомобильных дорог. Экспресс-информация. Вып. 16. Москва. 1980. 53 с.
2. Барамбойм Н.К. Механохимия высокомолекулярных соединений. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Химия, 1978. 384 с.
3. Ахмед Гамал Махмоуд Морси. Факторы, влияющие на свойства асфальтобетона с добавкой резиновой крошки (типа сухого процесса). М.: МАДИ (ГТУ), 2005. С. 58–63.
4. Никольский В.Г., Акоюн Е.Л., Кармилов А.Ю. и др. Упругодеформационное измельчение термопластов // ДАН СССР. 1986. Т. 291. № 1. С. 133–136.
5. Проконец В.С., Иванова Т.Л. Оптимизация процесса измельчения строительных материалов в измельчителях ударного действия // Машины, технологии и процессы в строительстве. Труды международного конгресса, посвященного 45-летию факультета «Транспортные и технологические машины». 2007. Омск: СибАДИ, 2007. С. 283–287.
6. Проконец В.С., Лесовик В.С. Производство и применение дорожно-строительных материалов на основе сырья, модифицированного механической активацией. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. 264 с.

Международная научно-практическая конференция «Высокотемпературные материалы и технологии в XXI веке»

12–13 ноября 2008 г.

Москва

Конференция посвящается 75-летию факультета химической технологии силикатов
Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева.

Факультет химической технологии силикатов РХТУ им. Д.И. Менделеева основан в 1933 г. и является кузницей кадров для силикатной и других отраслей промышленности. За годы работы на факультете подготовлено более 5500 инженеров в области тугоплавких неметаллических и силикатных материалов, в том числе более 400 специалистов для стран Европы, Азии, Африки и Америки; защищено около 500 кандидатских и более 100 докторских диссертаций.

Учеными факультета впервые получены и внедрены в промышленность такие материалы, как карбонатные,

гидротехнические и новые виды расширяющихся и напругающих цементов, ангидритовый цемент, алюмомагнезиальные стекла, пеностекло, микролит, ситаллы и шлакоситаллы, сигран, новые виды оксидной и бескислородной керамики, карбидкремниевые и хромитлантановые нагреватели, высокоэффективные композиционные материалы и др.

В 2007 г. по решению ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева факультет преобразован в Институт высокотемпературных материалов и технологий.

Тематика конференции:

- современное состояние и перспективы развития науки, технологии и производства высокотемпературных материалов;
- экологические проблемы силикатной промышленности и пути их решения;
- совершенствование подготовки специалистов для силикатной промышленности.

Требования к оформлению заявки и доклада на сайте <http://www.muctr.ru/news/detail.php?ID=3341>.

Организаторы конференции: Российская академия наук, Российская инженерная академия, Российское химическое общество им. Д.И.Менделеева, Международная академия керамики, РХТУ им. Д.И.Менделеева.

Председатель оргкомитета: академик РАН, президент РХТУ им. Д.И.Менделеева **П.Д. Саркисов**

Адрес оргкомитета: 125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20, корп. 3, ИВМТ.
Тел.: (495) 495-39-57, 496-92-38, e-mail: sivkov@rctu.ru

45-летний опыт успешной работы



**Открытое акционерное общество
со 100% государственным капиталом
«Конструкторско-технологическое бюро
бетона и железобетона»
(ОАО «КТБ ЖБ»)**

ОАО «КТБ ЖБ»

109428, г.Москва, 2-я Институтская ул., д. 6.

(495)171-0901/171-6410

www.ktbbeton.ru ktb@ktbbeton.ru

- Научно-техническое сопровождение и мониторинг большепролетных, высотных и других зданий с оценкой надежности конструктивных решений и проверкой технического состояния строительных конструкций

- Строительное проектирование и конструирование зданий и сооружений, в т. ч. разработка предложений по усилению конструкций, реконструкции, капитальному ремонту. Экспертиза проектной продукции. Жилые и административные здания. Торговые комплексы. Коттеджи. Гаражи.

- **Обследование технического состояния зданий и сооружений**
 - Диагностика зданий и сооружений. Оценка физического износа здания.
 - Усиление строительных конструкций.
 - Контроль качества строительно-монтажных работ.
 - Мониторинг зданий и сооружений.
 - Определение в лабораторных условиях прочности раствора и бетона по пробам, отобраным из конструкций.

- **Строительство и реконструкция зданий и сооружений. Перепланировка. Капремонт** (выполнение любого этапа общестроительных работ: фундамент, ограждающие конструкции, кровля, облицовка фасадов, отделка). Выполнение функций технического надзора.

- **Инженерно-геологические изыскания.** Выполнение комплекса работ по определению физико-механических свойств грунтов (полевые и лабораторные исследования грунтов).

- **Сертификация.** Проведение сертификационных испытаний и оформление сертификатов на конструкции, материалы и услуги.

В издательстве «Стройматериалы» Вы можете приобрести дайджесты и специальную литературу

Тематические дайджесты серии «Совершенствование строительных материалов»

Дайджест «**Ячеистые бетоны – производство и применение**» (Часть 1). В настоящее время он выпущен на CD. В 2005 г. издана Часть 2.

Дайджест «**Кровельные и изоляционные материалы**» включает статьи по темам: битумные, битумно-полимерные, полимерные материалы, гидроизоляция сооружений, жесткие кровли и др.

Дайджест «**Керамические строительные материалы**» (выпущен на CD) содержит информацию по следующим направлениям: отраслевые проблемы, сырьевая база, оборудование и технология, контроль качества, ограждающие конструкции.

Дайджест «**Современные бетоны: наука и практика**» содержит более 100 статей по тематическим разделам: исследование составов и свойств бетонов, исследования технологических аспектов производства бетонов, заполнители для бетонов, коррозия бетона, технология и оборудование, применение бетона и др.



Специальная литература

Учебное пособие «Практикум по технологии керамики»

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

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



Монография «Производство деревянных клееных конструкций»

Автор – заслуженный деятель науки России, доктор техн. наук Л.М. Ковальчук.

В книге рассмотрены основные вопросы технологии изготовления ДКК, показаны области их применения, описаны материалы для их изготовления. Особое внимание уделено вопросам оценки качества, методам испытаний, приемке и сертификации клееных конструкций. В книге приведен полный перечень отечественных и зарубежных нормативных документов, регламентирующих производство и применение ДКК.



Книга «О безопасности асбестоцементных материалов и изделий»

Авторы – канд. техн. наук С.М. Нейман, доктор хим. наук А.И. Везенцев, канд. мед. наук С.В. Кашанский.

Представлены исторические и технические сведения о производстве и свойствах хризотил-асбеста и асбестоцемента. Показано, что добыча и использование хризотил-асбеста, разрешенного к применению Конвенцией № 162 ВОЗ, возможны без вреда для человека. Охарактеризованы опасные свойства многих волокнистых заменителей хризотил-асбеста, альтернативных материалов и изделий на их основе. Книга предназначена для повышения квалификации работников асбестовой и асбестоцементной отрасли с целью проведения разъяснительной работы среди потребителей асбестоцементной продукции, строителей, работников проектных институтов, руководителей городов и регионов.



Книга «Керамика вокруг нас»

Авторы – канд. техн. наук А.М. Салахов, Р.А. Салахова.

Керамика представлена как искусство и как продукт тонкой технологии. Показано, что свойства керамических изделий определяются химическим, минералогическим и гранулометрическим составом исходных компонентов, а также технологическими параметрами их переработки.

Подробно рассмотрены глинистые минералы как основа керамического сырья. Проведено сравнение микроструктуры и минералогического состава различных видов обожженных керамических изделий, изготовленных как несколько веков назад, так и в наши дни.

Книга предназначена специалистам предприятий, производящих керамические материалы, ученым-материаловедам, преподавателям, аспирантам и студентам вузов технологических и архитектурно-строительных специальностей. Будет полезна архитекторам и проектировщикам, работающим в области жилищного и гражданского строительства.



Альбом «Малозэтажные дома. Примеры проектных решений»

Авторы – академик РААСН Л.В. Хихлуха,

Альбом включает разделы: «Односемейные жилые дома», «Многосемейные жилые дома», «Эстетические качества жилища», «Градостроительные группы». Предназначен для архитекторов, специалистов, занятых вопросами жилищного строительства, для органов исполнительной власти в области архитектуры и строительства, а также для частных застройщиков; может быть использован как методическое пособие для студентов вузов.



**Для приобретения специальной литературы обращайтесь в издательство «Стройматериалы»
Тел./факс: (495) 976-22-08, 976-20-36 E-mail: mail@rifsm.ru www.rifsm.ru**

КОЛЛЕГИ



К 65-летию В.С. Грызлова

13 августа 2008 г. исполняется 65 лет доктору технических наук, советнику РААСН, ректору Череповецкого государственного университета Владимиру Сергеевичу Грызлову.

В.С. Грызлов родился в г. Ельце Липецкой области. После окончания строительного факультета Воронежского инженерно-строительного института в 1965 г. он начал трудовую деятельность в должности мастера на Липецком заводе ЖБИ. Тяга к исследовательской работе привела Владимира Сергеевича в Центральную научно-исследовательскую лабораторию по строительству и стройматериалам Главлипецкстроя Минстроя СССР, где он работал инженером, а затем заведующим отделом использования шлаков в строительстве. В те годы началась его научная деятельность в области строительного материаловедения, в частности по разработке и исследованию технологических параметров повышения эксплуатационных свойств ограждающих конструкций из шлакопемзобетона.

В 1980–1984 гг. В.С. Грызлов работал доцентом кафедры промышленного и гражданского строительства в Липецком политехническом институте, а в 1984 г. перешел на работу в Вологодский политехнический институт; с 1991 г. по 1992 г. возглавлял Череповецкий филиал Вологодского политехнического института. В эти годы под его руководством формируется научная школа по использованию шлаков в строительстве Северо-Западного региона России.

В 1993 г. Владимир Сергеевич был избран ректором открытого в г. Череповце государственного индустриального института, а в 1996 г. — первым ректором Череповецкого государственного университета. В этой должности он трудится и по настоящее время. В.С. Грызлов является профессором кафедры строительных технологий и экспертизы недвижимости.

Владимир Сергеевич Грызлов — один из известных ученых материаловедов в области строительства, которому удалось воплотить в жизнь идею использования доменных шлаков в строительных конструкциях с повышенными теплоэнергетическими свойствами, прогнозировать их работу при эксплуатации и влиять на технологию изготовления с точки зрения требуемых качественных показателей. Он автор более 250 печатных научных трудов, 15 изобретений, 6 монографий.

Заслуги В.С. Грызлова отмечены знаками «Заслуженный деятель науки Российской Федерации», «Почетный строитель России», «Почетный работник высшего профессионального образования России».

Редакция и редакционный совет, коллеги, ученики сердечно поздравляют Владимира Сергеевича Грызлова с днем рождения и желают ему крепкого здоровья, радости и оптимизма, новых творческих успехов.

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

ПКТЗ рассматривает нетрадиционные знаки, процедуры возражения против регистрации товарных знаков и промышленные образцы

Эти вопросы стали приоритетными в повестке дня Постоянного комитета по законодательству в области товарных знаков, промышленных образцов и географических указаний (ПКТЗ) (19-я сессия), учрежденного в рамках Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС). В работе сессии приняли участие 82 государства—члена, 4 межправительственные и 11 неправительственных организаций. Комитет идентифицировал ряд областей совпадения в плане изображения и описания «нетрадиционных знаков», в частности объемных, цветных, звуковых, обонятельных, голограммных, лозунгов и знаков местоположения и движения. Эта работа призвана развить последовательность результатов

процесса регистрации товарных знаков в соответствии с различными национальными процедурами. ПКТЗ также исследовал пути содействия большему совпадению процедур в связи с различными аспектами возражений против регистрации товарных знаков. Эти процедуры предлагают третьим сторонам возможность возражать против регистрации товарного знака либо до, либо после его регистрации в ведомстве по товарным знакам. ПКТЗ согласовал ряд областей совпадения в этой области, в частности в связи с процедурами возражения и экспертизы, основаниями для возражения, правом подать возражение, продолжительностью периода возражения, замечаниями, сделанными третьими сторонами, и периодом «остывания», позволяющим достичь урегулирования в переговорах.

По материалам пресс-службы ВОИС

Лидер производства бетонной смеси — Центральный федеральный округ

На российском рынке бетона выделяют два основных сегмента: смесь бетонная и раствор строительный. Большую часть рынка занимает бетонная смесь — 83%, на долю раствора приходится 17%.

Динамика структуры российского рынка бетона показывает стабильное увеличение доли бетонной смеси и уменьшение доли строительного раствора. Средние темпы роста производства составили около 30% в год. Темпы роста производства строительного раствора достаточно нестабильны и в среднем составляют 8–13%. В структуре производства бетонной смеси почти половина — 46% приходится на Центральный ФО. Северо-Западный и Приволжский федеральные округа производят по 14% от общероссийского объема бетонной смеси. Далее следуют Юж-

ный и Уральский ФО с равными долями по 8%, Сибирский — 7% и всего 3% — Дальневосточный ФО.

Основная часть в структуре экспорта бетона из России приходится на поставки огнеупорного бетона (77%). Более 40% экспортируемого огнеупорного бетона поставляется в Узбекистан. Казахстан занимает 23% экспорта, Украина — 18%. Структура импорта бетона в Россию разделена следующим образом: большую часть импорта составляет огнеупорный бетон — 76%, 24% занимает неогнеупорный бетон. Около 36% ввозимого огнеупорного бетона производится в Германии, Австрия занимает чуть больше 15% импорта, Китай — около 10%. Почти половина импортируемого в Россию неогнеупорного бетона (около 47%) производится в Бельгии, 15% в Финляндии и 7,5% — в Италии.

По материалам компании «АМИКО»

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

Конкуренция на рынке стекловаты

В настоящее время на рынке стекловаты преобладает внутреннее производство. Объем поставок отечественной продукции на внутренний рынок составляет 77%, 23% приходится на импорт. По оценкам экспертов, рынок является частично импортозависимым. В 2005–2007 гг. увеличение объемов строительства привело к росту спроса на теплоизоляцию, в том числе и на стекловату. В эти годы начали увеличиваться поставки из стран Азии.

В натуральном выражении совокупный объем потребления стекловаты составил около 7 млн м³, в стоимостном выражении – 9520 млн р. (в розничных ценах).

В 2007 г., по мнению экспертов, дефицита на рынке не было. Появляются четкие ценовые сегменты и одновременно большое количество подделок. В условиях существования сильных товаров-субститутов (базальтовая вата, пенополистирол) производители стекловаты стараются позиционировать продукцию как на массовом рынке – в широких сегментах потребления (строительство), так и находить узкие рыночные ниши, где отсутствует хотя бы часть товаров-субститутов или они имеют более слабые позиции (утепление кровель, судостроение).

Лидером по объемам импорта является компания Saint-Gobain. Основной объем поставок идет из Финляндии – 82% от всех поставок Saint-Gobain; 12% поставок идут из Польши, 4% из Чехии и менее 1% в сумме из Китая и Великобритании.

В 2004 г. из азиатских стран поставлялось чуть более 10% от всего объема импорта, в 2007 г. их доля возросла до 56%. Доля Китая в общей структуре импорта увеличилась

с 1,7% до 41,1%. Общая доля европейских стран в 2004 г. составляла почти 84%, в 2007 г. уменьшилась до 38%.

Объем внутреннего производства за четыре года вырос на 70%. На рост данного показателя повлияло открытие новых заводов иностранными производителями на территории РФ, а также модернизация имеющихся предприятий.

Российский рынок стекловаты отличается олигополистической структурой: 5 (ранее 4) крупных игроков делят между собой значительные доли рынка. Крупнейшие игроки рынка стекловаты Saint-Gobain (около 31% рынка), URSA (30% рынка) и Knauf (около 28% рынка) при полной загрузке первоначальных мощностей выходят на стадию острой конкуренции. По оценкам экспертов, в настоящее время обстановка на рынке достаточно спокойная и компании не планируют предпринимать решительных шагов, но в ближайшие 5 лет ситуация может измениться.

Увеличить конкуренцию могут компании из смежных секторов рынка теплоизоляции – производители базальтовой ваты и XPS. Три крупных производителя – Saint-Gobain, URSA и ТехноНИКОЛЬ активно осваивают смежные сегменты рынков. В настоящее время есть три вида теплоизоляции производит компания Saint-Gobain. Потеснить ее положение планирует компания ТехноНИКОЛЬ, которая уже имеет мощности по производству XPS и базальтовой ваты и планирует в 2010 г. открыть завод по производству стекловаты в Хабаровском крае.

По материалам агентства «РосБизнесКонсалтинг»

На предприятиях Холдинга «Сибирский цемент» подведены итоги производственной деятельности за первое полугодие 2008 г.

На комбинате «Волна» (г. Красноярск), который выпускает волокнисто-цементные кровельные и плоские листы, трубы и фасадные плиты, производство средневолнового шифера составило около 44 тыс. усл. плит, за первые шесть месяцев 2007 г. – 22,9 тыс. усл. плит, также было произведено 202 км усл. труб цементно-волокнистых труб и муфт «Фойт» (за 6 месяцев прошлого года – 103 км усл. труб).

Топкинский цементный завод (г. Топки, Кемеровская обл.) произвел 1,37 млн т цемента (за шесть месяцев 2007 г. – 1,34 млн т цемента); Красноярский цемзавод –

469 тыс. т цемента (за январь–июнь 2007 г. – 437 тыс. т цемента). На Ангарском цементном заводе (г. Ангарск, Иркутская область): 497 тыс. т цемента за первое полугодие 2008 г. (за аналогичный период прошлого года – 419 тыс. т цемента). На Тимлюйском цементном заводе (Республика Бурятия) производство составило 220 тыс. т цемента (за январь–июнь 2007 г. – 152 тыс. т цемента). По итогам первого полугодия производство четырех заводов, входящих в состав ОАО «Холдинговая Компания «Сибирский цемент», составило 2,55 млн т цемента. За шесть месяцев прошлого года было произведено 2,34 млн т цемента, темп прироста производства составил 8,6 %.

По материалам пресс-службы Холдинга «Сибирский цемент»

В Московской области заработал новый завод

В июле состоялось открытие завода ЗАО «МАПЕИ» в г. Ступино (Московская обл.). Новый завод стал 44-м предприятием группы компаний МАРЕИ (Италия), его проектная мощность составляет 100 тыс. т в год, объем инвестиций составил более 40 млн евро. В настоящее время этот завод является одним из самых современных предприятий по производству строительной химии.

Территория завода занимает площадь около 3 га и включает производственно-складское здание площадью 8,8 тыс. м² с пристроенным блоком инженерного жизнеобеспечения завода и офисное здание пло-

щадью 900 м². Завод имеет современную лабораторию для контроля качества сырья и готовой продукции.

Строительство завода было начато в конце 2005 г., завершено в конце 2007 г. В настоящее время завод выпускает более 20 различных продуктов: клеи для плитки, камня и керамогранита, составы для ремонта бетона, материалы для изготовления стяжек, а также выравнивающие и гидроизоляционные составы.

В планах компании – дальнейшее расширение ассортимента материалов.

По материалам ЗАО «МАПЕИ»

Требования к материалам, направляемым в группу журналов «Строительные материалы»® для опубликования

В группе журналов «Строительные материалы»® публикуются оригинальные статьи, нигде ранее не опубликованные и не предназначенные для одновременной публикации в других изданиях.

Научные статьи рецензируются специалистами.

Библиографические списки цитируемой, использованной литературы должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 7.1–2003. Цитируемая литература приводится общим списком в конце статьи в порядке упоминания. Порядковый номер в тексте заключается в квадратные скобки.

В начале статьи указывается УДК.

Статьи, направляемые в редакцию группы журналов «Строительные материалы»® для опубликования, должны оформляться в соответствии с *техническими требованиями*:

- текст статьи должен быть набран в редакторе Microsoft Word (рекомендуемый объем 10 страниц машинописного текста или 10 тыс. знаков, включая таблицы и рисунки; размер шрифта 14, печать через 1,5 интервала, поля 3–4 см) и сохранен в формате *.doc или *.rtf;
- **единицы физических величин должны быть приведены в Международной системе единиц (СИ);**
- **для названий химических соединений необходимо придерживаться терминологии, рекомендуемой ИЮПАК;**
- графические материалы (*графики, схемы, чертежи, диаграммы, логотипы и т. п.*) должны быть представлены **отдельными файлами** в форматах *.cdr, *.ai, *.eps, выполненные в графических редакторах: CorelDraw и Adobe Illustrator. При изготовлении чертежей в системах автоматического проектирования

(AutoCAD, Visuo и др.) необходимо экспортировать чертежи в формат *.eps. **Сканирование графического материала и импорт его в перечисленные выше редакторы недопустимо. Диаграммы, выполненные в Microsoft Excel, не принимаются. Импорт диаграмм Microsoft Excel в перечисленные выше редакторы не допускается.**

– иллюстративный материал (фотографии, коллажи и т. п.) должен быть передан в виде оригиналов фотографий, негативов или слайдов, либо в электронном виде – **отдельными файлами** в формате *.tif, *.psd, *.jpg (качество «12 – максимальное») или *.eps (Adobe PhotoShop) с разрешением не менее 300 dpi, не менее 115 мм по ширине, цветовая модель CMYK или Grayscale.

Весь материал, передаваемый в редакцию в электронном виде, должен сопровождаться:

- рекомендательным письмом руководителя предприятия (института) с указанием, является ли работа диссертационной;
- распечаткой, лично подписанной авторами;
- рефератом на русском и английском языках;
- подтверждением, что статья предназначена для публикации в группе журналов «Строительные материалы»®, ранее нигде не публиковалась, и в настоящее время не передана в другие издания;
- сведениями об авторах с указанием полностью фамилии, имени, отчества, ученой степени и ученого звания (звания в негосударственных академиях наук не указывать), должности, контактных телефонов, почтового и электронного адресов.

Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте группы журналов www.rifsm.ru/avtoram.php.

Как оформить подписку на журнал «Строительные материалы»®

На почте:

**Индексы 70886, 87723 – по объединенному каталогу «Пресса России»
79809, 36108, 20461, 36109 – по каталогу агентства «Роспечать»
61970 – по каталогу «Издания органов научно-технической информации»**

В редакции:

**Заявки на подписку принимаются по факсу (495) 976-22-08, 976-20-36
или по электронной почте mail@rifsm.ru, rifsm@mail.ru**

Через Интернет:

На сайте журнала «Строительные материалы»® www.rifsm.ru в разделе «Подписка» (www.rifsm.ru/podpiska.php)

Альтернативная подписка:

**«Агентство Артос-Гал» (495) 981 03 24
«Альт-Пресса» (495) 974 30 79
«Вся пресса» (495) 787 34 47
787 36 31
«Информ Наука» (495) 787 38 73
«Интер-почта» (495) 500 00 60
«Красносельское агентство «Союзпечать» (495) 707 12 88
707 16 58**

**«Экс-Пресс» (495) 234 23 80
«Урал-Пресс» (495) 257 86 36
(343) 375 80 71
«Агентство «Коммерсант-Курьер» (495) 614 25 05
(843) 291 09 82**

**РУП «Белпочта», Минск, Беларусь
(375-17) 227 75 27**