

## СОДЕРЖАНИЕ

**Учредитель журнала:**  
ООО Рекламно-издательская  
фирма «Стройматериалы»

**Главный редактор  
издательства**  
РУБЛЕВСКАЯ М.Г.

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

**Главный редактор**  
ЮМАШЕВА Е.И.

**Редакционный совет:**

РЕСИН В.И.  
(председатель)  
БАРИНОВА Л.С.  
БУТКЕВИЧ Г.Р.  
ВАЙСБЕРГ Л.А.  
ВЕРЕЩАГИН В.И.  
ГОРНОСТАЕВ А.В.  
ГУДКОВ Ю.В.  
ЗАВАДСКИЙ В.Ф.  
КОЗИНА В.Л.  
СИВОКОЗОВ В.С.  
УДАЧКИН И.Б.  
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 из нашего журнала  
возможны лишь с письменного  
разрешения главного редактора

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

**Адрес редакции:**

Россия, 117997, Москва,  
ул. Кржижановского, 13  
Тел./факс: (095) 124-3296  
124-0900  
E-mail: mail@rifsm.ru  
http://www.rifsm.ru

### ЭКОЛОГИЯ И ОТРАСЛЬ

- Ю.В. Красовицкий, В.В. Батищев, Е.В. Архангельская, Е.В. Асмолова,  
В.Г. Иванова, А.С. Бондарев, С.Д. Михалькова. Новый подход к проблеме  
энергосберегающего сухого пылеулавливания при производстве  
строительных материалов ..... 2
- Е.И. Панфилов. Экологическая безопасность недр и недропользования ..... 9
- И.В. Бессонов, О.В. Ялунина. Экологические аспекты применения  
гипсовых строительных материалов ..... 11
- Р.К. Низамов, Э.И. Нагуманова, Л.А. Абдрахманова, В.Г. Хозин.  
Поливинилхлоридные материалы, наполненные тонкодисперсными  
отходами деревообработки ..... 14
- Порошковые проволоки для монтажных работ в строительстве ..... 17

### ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

- В.Л. Барон, А.М. Абдулкасимов. Выбор рациональных параметров  
взрывной отбойки на карьерах промышленности строительных материалов ..... 18
- Конференция «Развитие керамической промышленности России»  
стала международной ..... 20
- И.Ф. Шлегель, Г.Я. Шаевич, В.Е. Мирошников, Л.А. Карабут, Г.В. Титов,  
В.Г. Иванов, А.Л. Блинов. Скоростной обжиг кирпича – миф или реальность? ..... 23
- Ю.И. Гончаров, Н.В. Городова. Разработка технологии лицевого керамического кирпича  
на основе высокожелезистых глин Актюбинского месторождения (Казахстан) ..... 26

### МАТЕРИАЛЫ

- Е.В. Кузнецова. Экструдированный пенополистирол URSA FOAM  
– залог надежности и долговечности фундамента ..... 28
- В.П. Паутов, Т.А. Маркина, С.Р. Филиппов. Универсальная однокомпонентная  
полимерная мастика на водной основе ..... 30
- Е.В. Гуца. «Алькорплан»® – современная система гидроизоляции  
зданий и сооружений ..... 32

### РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

- О.Н. Гвоздева. Огнезащитные составы на основе жидкого стекла  
и расширяющегося графита ..... 33
- Международная строительная неделя в Сокольниках ..... 36
- А.И. Везенцев, С.М. Нейман, Е.А. Гудкова, Л.Н. Наумова, И.В. Саноцкий.  
К вопросу о безопасном применении асбестоцемента ..... 38
- Д.Р. Дамдинова, А.Д. Цыремпилов, И.И. Будаева, В.Е. Павлов, М.М. Зончиев.  
Влияние оксидного состава сырья на физико-механические свойства пеноситалла ... 40
- Т.Н. Черных, Б.Я. Трофимов, Л.Я. Крамар. Влияние эфиров целлюлозы  
на свойства растворов смесей и растворов ..... 42
- Уральская строительная неделя ..... 44
- А.И. Реутов. Обеспечение надежности нагруженных строительных изделий  
из полимерных материалов на этапах проектирования, производства  
и эксплуатации ..... 46
- О.А. Киселева, В.П. Ярцев. Влияние циклического действия  
температуры и влаги на прочность древесно-стружечных плит ..... 49
- А.В. Ферронская, В.В. Олейников, И.М. Баранов. Модифицированный бетон  
для ремонта железобетонных конструкций транспортных сооружений ..... 50
- А.Д. Дикун, В.Я. Фишман, В.Н. Дикун, И.Н. Нагорняк. Развитие отечественного  
дилатометрического метода прогнозирования свойств бетона ..... 52

### ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

- Л.А. Кройчук. Использование биогаза в производстве грубой керамики ..... 57
- Г. Фельдман, А.А. Радиван, В.П. Деханов. Новый стандарт  
вибрационных технологий – многочастотные вибрационные грохоты ..... 58

### ИНФОРМАЦИЯ

- Итоги работы строительного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства  
в 2003 году ..... 60

Ю.В. КРАСОВИЦКИЙ, д-р. техн. наук (Воронежская государственная технологическая академия, ВГТА), В.В. БАТИЩЕВ, канд. техн. наук (Воронежское городское управление по охране окружающей среды), Е.В. АРХАНГЕЛЬСКАЯ, канд. техн. наук, Е.В. АСМОЛОВА, В.Г. ИВАНОВА, А.С. БОНДАРЕВ, С.Д. МИХАЛЬКОВА, инженеры (ВГТА)

## **Новый подход к проблеме энергосберегающего сухого пылеулавливания при производстве строительных материалов**

Производства строительных материалов представляют собой сложные технологические процессы, связанные с превращением сырья в разные состояния и с различными физико-механическими свойствами, а также с использованием разнообразной степени сложности технологического оборудования и вспомогательных механизмов. Во многих случаях эти процессы сопровождаются выделением больших количеств полидисперсной пыли, вредных газов и других загрязнений.

Повышенное выделение пыли наблюдается при производстве бетонной смеси: на участке смесительного отделения — до пяти предельно допустимых концентраций (ПДК), в надбункерном помещении 1,5–2, в отделении дозирования рабочей смеси 3–4 ПДК.

Производство цемента, извести, доломита, инертных материалов сопровождается на отдельных участках особо обильным пылевыведением, превышающим ПДК в 5–10, а в некоторых случаях до нескольких десятков и даже сотен раз.

При технологическом процессе производства силикатного кирпича повышенное выделение пыли наблюдается на рабочих местах в помещениях подготовки смеси от 2 до 20, в формовочном цехе от 2 до 5 ПДК.

При производстве керамики и глиняного кирпича наибольшее пылевыведение, превышающее ПДК на складах глины 1,5–2,5, песка 5–7, в шмесеприготовительном цехе 12–15, а в отделении помола шамота запыленность достигает 30–32 ПДК. На участке погрузки и разгрузки запыленность в 2–3 раза превышает допустимые концентрации. Основное пылевыведение при производстве плит минеральной ваты на участке подготовки насадки местами превышает санитарные нормы в 40–70, на участке печей — в 10–20, формирования минеральной ваты — в 5–10 раз. На участке механической обработки древесноволокнистых плит концентрация пыли превышает ПДК в 1,3–1,6 раза.

При пилении, фрезеровании, шлифовании древесины воздух рабочего места загрязняется полидисперсной древесной пылью, концентрация которой превышает санитарные нормы в 1,5–3 раза, иногда до 5–10 раз.

Для арматурных цехов производства нестандартных металлических конструкций характерна пыль металлов и их окалин, сварочные аэрозоли двуокиси углерода и марганца.

Предприятиями отрасли ежегодно выбрасывается в атмосферный воздух более 4 млн т вредных веществ, в том числе около 2,4 млн т, или 58% твердой неорганической пыли. Сверхнормативный ее выброс составляет 1,41 млн т, а превышение норматива по газообразным вредным веществам — 722 тыс. т [1–4].

Пылегазовые выбросы производства строительных материалов содержат 85 вредных пылевых компонентов, причем многие из них, не имея запаха и цвета, не сразу проявляют себя. Пыль производственной техно-сферы — причина разнообразных заболеваний персонала, износа технологического оборудования и вспомогательных механизмов, снижения качества продукции и рентабельности производства.

Эти пылевые выбросы, весьма токсичные сами по себе, под действием солнечных лучей и при участии озона могут образовывать новые, еще более токсичные соединения. При этом атмосферная турбулентность и ветер не успевают удалять из воздушного бассейна предприятий растущие в связи с интенсификацией производства пылевые выбросы.

Проблемы создания безотходной технологии и внедрения новейших пылеулавливающих комплексов на действующих предприятиях производства строительных материалов пока не решены. Традиционно действующие мокрые системы пылеулавливания исключительно энергоемки, требуют организации шламового хозяйства, исключают утилизацию уловленной пыли и не всегда обеспечивают нормы предельно допустимых выбросов (ПДВ).

Поэтому особое значение приобретают разработка и анализ научных основ энергосберегающего сухого пылеулавливания.

Эта цель связана с комплексным решением следующих задач: углубленным анализом сведений о пылевых выбросах в производстве строительных материалов, представительным методическим обеспечением экспериментальных исследований, анализом современных способов высокоэффективного сухого пылеулавливания, исследованием аэродинамических аспектов проблемы, разработкой устройств для равномерной раздачи пылегазового потока по рабочему сечению пылеуловителей, созданием и реализацией новых уточненных расчетов пылеуловителей, анализом кинетических закономерностей энергосберегающих процессов пылеулавливания, разработкой нового решения проблемы удаления пыли и анализом социально-экономической эффективности разработанных рекомендаций.

Не претендуя в рамках статьи на всесторонний анализ сведений о пылевых выбросах в производстве различных стройматериалов, отметим полученные нами ранее данные по физико-химическим параметрам пылегазовых потоков в производстве огнеупоров, которые достаточно интересны в плане организации энергосберегающего сухого пылеулавливания для всей отрасли [5–7].

Такой анализ позволил предложить общую структуру задач и ожидаемых результатов по реализации предлагаемой научной концепции, как это показано на рис. 1.

Для изучения аэродинамических аспектов в работе применен известный подход к этой проблеме И.Е. Идельчика [8] в сочетании с исследованиями и конкретными решениями других авторов [9, 10]. При этом для оценки неравномерности пылегазового потока был использован коэффициент Буссинеска  $M_k$ , который тем значительнее отклоняется от 1, чем выше неравномерность.

Для высокоэффективного сухого и энергосберегающего обеспыливания при производстве строительных материалов наиболее перспективны фильтрование, осаждение в электростатическом поле и инерционные методы разделения газовых гетерогенных систем с твердой дисперсной фазой.

Для различных форм рабочего сечения фильтрующей поверхности (кольцевой диск, круг, боковая поверхность усеченного конуса) нами предложены и экспериментально проверены следующие зависимости:

— для кольцевых дисков

$$M_k = 2 \frac{\int_0^{R_k} \sqrt{R_k^2 - r_k^2} \left( \frac{w}{w_k} \right)^2 \cdot \frac{y}{\sqrt{R_k^2 - r_k^2}} \cdot d \left[ \frac{y}{\sqrt{R_k^2 - r_k^2}} \right]}{\sqrt{R_k^2 - r_k^2}} \quad (1)$$

где  $R_k, r_k$  — наружный и внутренний радиусы кольцевого диска соответственно, м;  $w, w_k$  — локальная и средняя по сечению скорости пылегазового потока, м;  $y$  — расстояние от центра диска до точки замера скорости пылегазового потока, м;

— для круглого сечения использована формула (1) при  $r_k=0$ ;  
— для рабочего сечения в форме усеченного конуса использована формула [5]

$$M_k = 2 \int_0^1 \left( \frac{w}{w_k} \right)^2 \cdot \frac{r}{\sqrt{R_k' + r_k'}} \cdot d \left[ \frac{y'}{l'} \right], \quad (2)$$

где  $R_k'$  — радиус большего основания усеченного конуса, м;  $r$  — текущий радиус рабочего сечения, м;  $r_k'$  — радиус

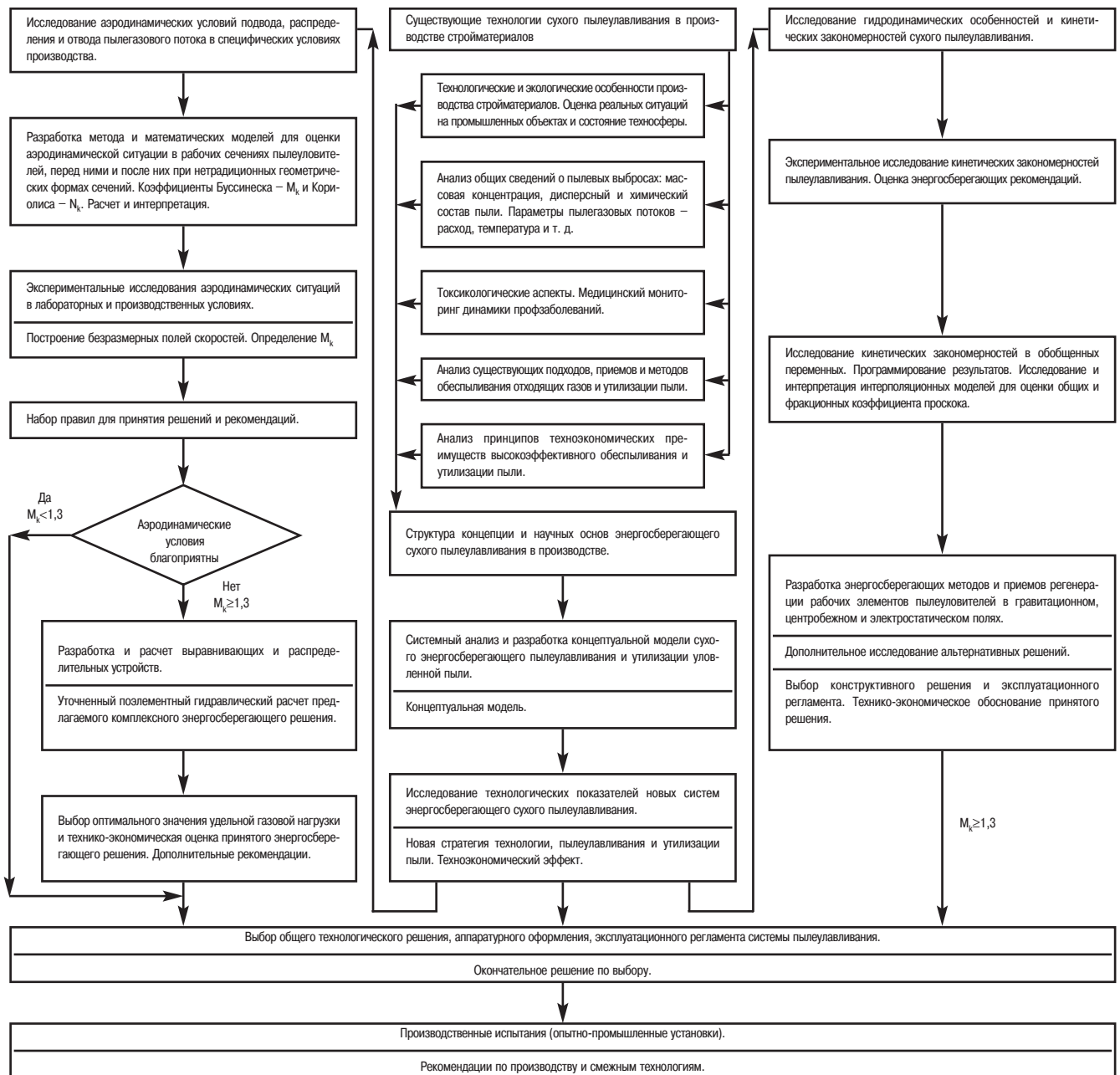
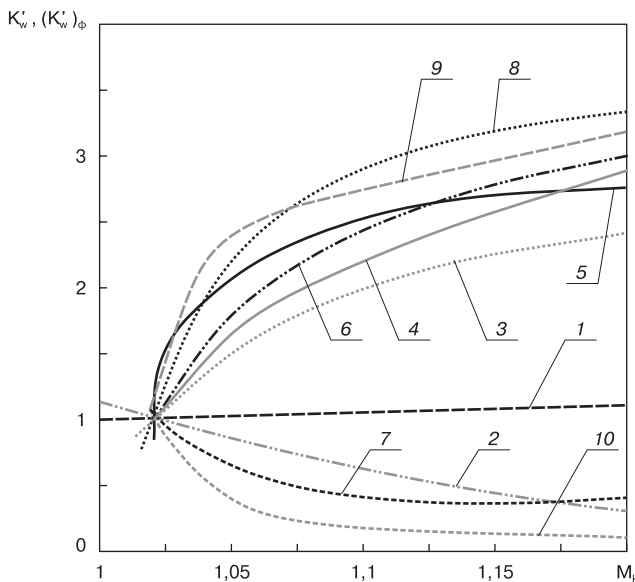


Рис. 1. Структура задач и ожидаемых результатов



**Рис. 2.** Зависимости  $K'_w = \chi(M_k)$  и  $(K'_w)_\phi = \psi(M_k)$ : 1, 2 – расчет  $K'_w$  по массовой концентрации ( $w_k = 1 \cdot 10^{-2}$ ,  $1 \cdot 10^{-1}$  м/с); 3 – эксперимент  $K'_w$  по счетной концентрации ( $w_k = 1 \cdot 10^{-1}$  м/с; ПНС-5); 4–10 – эксперимент  $(K'_w)_\phi$  по счетной концентрации ( $w_k = 1 \cdot 10^{-1}$  м/с) и размерах частиц пыли, мкм: пористая нержавеющая сталь ПНС-5 (4 – 0,4; 5 – 0,5; 6 – 0,6; 7 – 0,8); ПНС-30 (8 – 0,8; 9 – 1; 10 – 2)

меньшего основания усеченного конуса, м;  $y'$  – расстояние по образующей усеченного конуса от большего основания до рабочего сечения, м;  $l'$  – длина образующей усеченного конуса, м.

Установлено, что при неравномерном распределении пылегазового потока по рабочему сечению аппарата ( $M_k \neq 1$ ) значение коэффициента проскока  $K \neq K_{M_k=1}$ .

Для оценки влияния  $M_k$  на величину общего проскока введем  $K'_w$  – коэффициент изменения проскока. Причем

$$K'_w = \frac{K_w}{(K_w)_{M_k=1}}. \quad (3)$$

Тогда значение фракционного коэффициента изменения проскока  $(K'_w)_\phi$  определится по формуле

$$(K'_w)_\phi = \frac{(K_w)_\phi}{(K_w)_{\phi, M_k=1}}. \quad (4)$$

Для оценки значений  $K'_w$  использованы ранее полученные выражения [11]: для фильтрующих слоев

$$K'_w = M_k \cdot \exp[Bw(1-M_k)], \quad (5)$$

для электрофильтров

$$K'_w = \exp\left[\frac{cEl}{\delta_3 M_k w_k} (M_k - 1)\right], \quad (6)$$

где  $B$  – константа, учитывающая физико-химические свойства пылегазового потока;  $c$  – коэффициент, учитывающий подвижность частиц пыли (коэффициент Милликена);  $E$  – напряженность электрического поля В/м;  $l$  – длина осадительных электродов, м;  $\delta_3$  – расстояние между осадительными и коронирующими электродами, м.

Для циклонных пылеуловителей предложено следующее выражение [5]:

$$K'_w = \exp\left[\frac{(M_k - 1)}{\left[1 - \frac{2\pi n_u v_r}{D_{\text{вн}}} \cdot M_k w_k\right]}\right], \quad (7)$$

где  $n_u$  – число оборотов потока (для циклона  $n_u \approx 1$ );  $\frac{D_{\text{вн}}}{D_{\text{нн}}}$  – отношение внутреннего диаметра циклона к наружному;  $v_r$  – угловая скорость пылегазового потока,  $\text{с}^{-1}$ .

Значения  $(K'_w)_\phi$  для электрофильтров и циклонов рассчитывают по формуле (4).

Анализ полученных экспериментальных зависимостей вида  $K'_w = f(M_k)$  и  $(K'_w)_\phi = \phi(M_k)$ , представленных на рис. 2, показывает, что значения  $K'_w$  и  $(K'_w)_\phi$  могут возрастать или убывать с изменением значения  $M_k$  в зависимости от размера частиц дисперсной фазы, причем полученные семейства кривых поддаются унифицированному описанию функциями вида

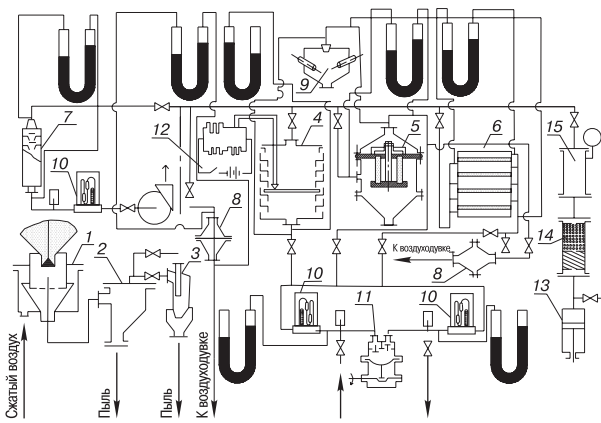
$$\frac{(K'_w) - 1}{a(\delta)} = \ln \frac{M_k - 1}{b(\delta) + 1}, \quad (8)$$

где  $a(\delta)$ ,  $b(\delta)$  – амплитуды кривой,  $\delta = d_1/d_3$ , причем  $d_1$  – диаметр частиц пыли, м;  $d_3$  – эквивалентный диаметр поровых каналов зернистого слоя, м.

**Таблица 1**

Образцы	$\delta = d/d_n$	$M_k$							$r_{M_k}, Z$	Коэффициент регрессии $\beta$	Относительные ошибки определения $(K'_w)_\phi$	Средняя относительная ошибка определения $(K'_w)_\phi$
		1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2				
ПНС-5	$\frac{0,4}{5}$	$\frac{1,76}{1,66}$	$\frac{2,03}{1,98}$	$\frac{2,27}{2,24}$	$\frac{2,47}{2,47}$	$\frac{2,65}{2,66}$	$\frac{2,8}{2,84}$	$\frac{2,95}{3}$	0,997	14,16	1,9	8,3
	$\frac{0,5}{5}$	$\frac{1,81}{2}$	$\frac{2,06}{2,22}$	$\frac{2,25}{2,4}$	$\frac{2,42}{2,56}$	$\frac{2,56}{2,68}$	$\frac{2,68}{2,79}$	$\frac{2,79}{2,87}$	0,996	27,16	5,7	
	$\frac{0,6}{5}$	$\frac{2,2}{1,7}$	$\frac{2,38}{2,12}$	$\frac{2,52}{2,38}$	$\frac{2,63}{2,58}$	$\frac{2,72}{2,75}$	$\frac{2,79}{2,9}$	$\frac{2,86}{3}$	0,964	280,76	8,4	
	$\frac{0,8}{5}$	$\frac{0,71}{0,6}$	$\frac{0,61}{0,48}$	$\frac{0,53}{0,44}$	$\frac{0,46}{0,42}$	$\frac{0,4}{0,41}$	$\frac{0,35}{0,4}$	$\frac{0,3}{0,44}$	0,844	9,9	17,4	
ПНС-30	$\frac{0,8}{30}$	$\frac{2,48}{2,16}$	$\frac{2,74}{2,54}$	$\frac{2,94}{2,8}$	$\frac{3,1}{3,02}$	$\frac{3,22}{3,18}$	$\frac{3,33}{3,28}$	$\frac{3,43}{3,34}$	0,993	125,68	4,7	4,2
	$\frac{1}{30}$	$\frac{2,36}{2}$	$\frac{2,57}{2,22}$	$\frac{2,73}{2,4}$	$\frac{2,85}{2,56}$	$\frac{2,95}{2,68}$	$\frac{3,03}{2,79}$	$\frac{3,11}{2,87}$	0,997	230,12	1,3	
	$\frac{2}{30}$	$\frac{0,47}{0,48}$	$\frac{0,37}{0,34}$	$\frac{0,3}{0,26}$	$\frac{0,25}{0,22}$	$\frac{0,2}{0,2}$	$\frac{0,16}{0,16}$	$\frac{0,13}{0,14}$	0,988	122,56	6,7	

**Примечание.** Над чертой – расчетные значения  $(K'_w)_\phi$  по уравнениям (9) и (10); под чертой – экспериментальные.



**Рис. 3.** Схема унифицированного экспериментального стенда для изучения зернистых фильтрующих слоев: 1 – пылевой генератор ПГ-1 НИИФХИ им. Л.Я. Карлова; 2 – емкость стабилизирующая; 3 – циклон лабораторный; 4, 5, 6 – модификации фильтров; 7 – импактор НИИОГАЗа; 8 – фильтры аналитические; 9 – фотоэлектрический аэрозольный счетчик; 10 – реометры Т-2-80; 11 – мембранный компрессор УК-40/2,0; 12 – полупроводниковый термоанемометр ЛИОТ; 13 – компрессор поршневой; 14 – масловлагоотделитель; 15 – ресивер

Результаты, представленные на рис. 2, свидетельствуют о весьма существенном влиянии даже небольшой неравномерности поля скоростей ( $M_k \leq 1,2$ ) на значения  $K'_w$  и  $(K'_w)_\phi$ .

Результаты экспериментов обнаруживают также определенное отклонение значений  $K'_w$  и  $(K'_w)_\phi$  по счетной концентрации от расчетного значения  $K'_w$  по массовой концентрации. При этом степень отклонения возрастает с уменьшением коэффициента гидравлического сопротивления  $\zeta$  и увеличением  $M_k$ , что удовлетворительно согласовывается с механизмом рассматриваемого процесса.

Отдавая предпочтение линейному характеру функций  $a(\delta)$  и  $b(\delta)$  по  $\delta$ , введя вспомогательную переменную

$$z = \exp\left[\frac{(K'_w)_\phi - 1}{a(\delta)}\right],$$

линейно зависящую от  $M_k$ , и контролируя справедливость линейной гипотезы по коэффициенту корреляции  $r_{M_k}$  и значению  $z$ , удалось получить из уравнения (8) для ПНС-5 и ПНС-30 соответственно

$$(K'_w)_\phi \text{ ПНС-5} = 1 + (6,5 - 25 \cdot \delta) \cdot \ln\left(1 + \frac{M_k - 1}{|0,215 - 1,75 \cdot \delta|}\right); \quad (9)$$

$$(K'_w)_\phi \text{ ПНС-30} = 1 + (4,4 - 25 \cdot \delta) \cdot \ln\left(1 + \frac{M_k - 1}{|0,018 - 0,39 \cdot \delta|}\right). \quad (10)$$

Для численного решения уравнений типа (9) и (10) разработана прикладная программа.

Значения  $(K'_w)_\phi$  – экспериментальные и теоретические, рассчитанные по уравнениям (9) и (10), эмпирические коэффициенты корреляции  $r_{M_k}$ ,  $z$  и регрессии  $\beta \approx 1/b(\delta)$ , относительные ошибки

$$\frac{\Delta(K'_w)_\phi}{(K'_w)_\phi}$$

приведены в табл. 1.

Таким образом, указанные семейства кривых действительно поддаются унифицированному описанию функциями единого типа с закономерным изменением коэффициентов от одной кривой к другой с хорошо прослеживаемой зависимостью этих коэффициентов от дополнительного параметра  $\delta$ . Правомерно заметить, что такое описание отражает определенные существенные особенности процесса.

При конструктивном решении фильтров из пористых металлов необходимо учитывать, что значения  $K'_w$  и  $(K'_w)_\phi$

могут оказаться симбатными или антибатными со значением  $M_k$  в зависимости от размера частиц дисперсной фазы.

Аналогичные по характеру результаты были получены нами [5] при исследовании зависимостей  $w_i/w_k = \varphi(y/R)$  и  $K'_w = x(M_k)$  для кольцевых и цилиндрических фильтрующих элементов из пористых металлов с размером гранул от 0,1 до 0,4 мм. Поля безразмерных скоростей для исследованных образцов фильтрующих элементов оказались достаточно сложны, профили этих полей едва ли могут быть описаны аналитически простым выражением, значения  $M_k$  в такой ситуации следует определять графически по измеренному распределению скоростей.

В центре внимания при анализе аэродинамических аспектов проблемы рациональное распределение пылегазового потока по рабочему сечению аппаратов.

Так, при использовании насыпных зернистых фильтрующих слоев дестабилизирующим фактором является пристеночный эффект, выражающийся в резком повышении линейных скоростей пылегазового потока в периферийных зонах рабочего сечения.

Для компенсации пристеночного эффекта предложены различные способы – параболическая форма слоя, укладка шайб, коническая засыпка, различные варианты распределительных устройств, расчетные формулы для определения оптимальных значений коэффициентов сопротивления слоя  $\zeta_{с.л.}$ , его высоты  $H_{с.з.}$  и числа распределительных решеток, схемы рекомендуемых диффузоров с укороченными разделительными стенками и способы вертикального секционирования слоя [12, 13].

Для радиальных фильтрующих слоев, состоящих из слоя кусковых, сыпучих и цементованных тел, ткани, волокон, сеток, решеток и насадок рассмотрена структура потоков и предложены различные варианты отражательных устройств. Разработанные отражательные вставки были успешно использованы при эксплуатации патронных фильтров на аспирационных линиях в цехе № 4 Семилукского огнеупорного завода [5].

Анализ кинетических закономерностей фильтрации промышленных аэрозолей, являющийся важнейшим компонентом научных основ энергосберегающих инженерных решений сухого пылеулавливания, позволил оценить некоторые дифференциальные уравнения и полученные на их основе модели, описывающие кинетику этих процессов.

Результаты такого анализа [6, 9] позволяют подойти достаточно квалифицированно к выбору математической модели, которая будет наиболее адекватно отражать конкретные производственные ситуации.

Методологическое обеспечение экспериментальных исследований отвечало конечной цели – оценке эффективности разработанных научных основ и инженерных рекомендаций по созданию энергосберегающего сухого пылеулавливания в производстве огнеупоров.

Экспериментальные исследования такого рода связаны с проведением общих пневмометрических измерений, определением массовой концентрации дисперсной фазы в пылегазовом потоке, анализом дисперсного состава пылей, созданием лабораторных и опытно-промышленных экспериментальных стендов, активной идентификацией объекта исследований и выбором способа оценки погрешностей измерений.

При проведении пневмометрических и пылегазовых измерений (снятие скоростных и пылевых полей в рабочих сечениях) оказалось невозможным применение наиболее прогрессивных трассерных (индикаторных) методов. При анализе зернистых фильтрующих слоев это связано с достаточно высоким для беспрепятственного проникновения индикатора гидравлическим сопротивлением, а при низком гидравлическом сопротивлении, например для электрофильтров, размеры рабочего сечения активной зоны и необходимость син-

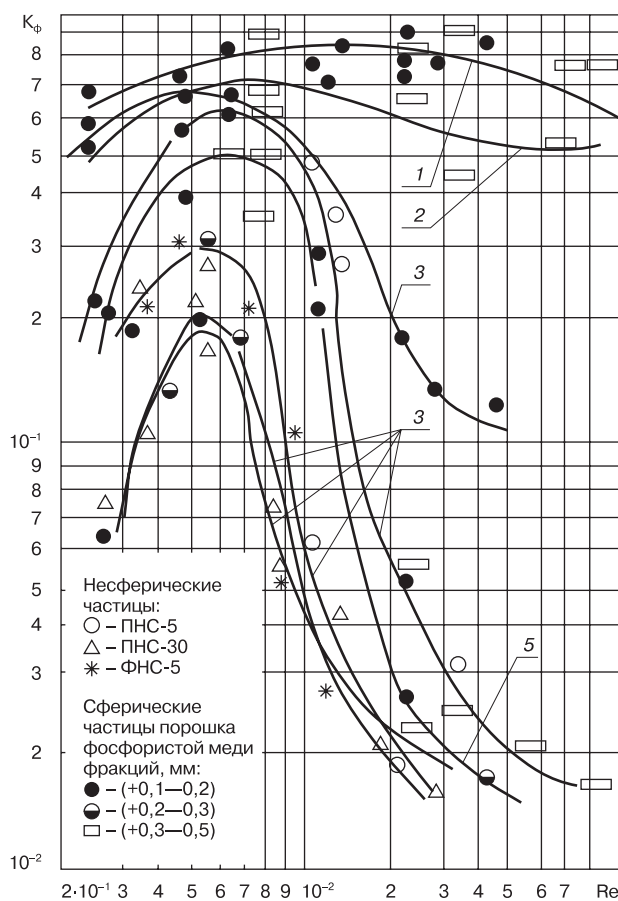


Рис. 4. Зависимость  $K_p = f(Re)$  для образцов при  $d_p$ , мкм, более: 1 – 0,2; 2 – 0,5; 3 – 0,7; 4 – 1; 5 – 1,5

хронного направления многих трассеров по всей высоте поля в сочетании с турбулизацией потока за счет неравномерно распределенной дисперсной фазы создают практические непреодолимые трудности для реализации этого метода. Поэтому при проведении экспериментов использованы общие пневмометрические и пылегазовые измерения, основанные на работах ВТИ, НИИО-ГАЗа и ГИНЦВЕТМЕТа, обеспечивающие достаточно представительный характер получаемых результатов.

При анализе нестабильных пылегазовых выбросов, типичных для производства строительных материалов, использованы прямые методы определения запыленности, связанные с применением заборной трубки с внешней или внутренней фильтрацией отбираемой пробы пылегазового потока.

Для оптимального выбора и представительной оценки аэродинамических условий эксплуатации систем пылеулавливания необходимы сведения о дисперсном составе пыли, поступающей в пылеуловитель, улавливаемой в нем и уходящей из него. Применительно к пылегазовым потокам в производстве строительных материалов оказалось целесообразным одновременно использовать в различном сочетании ступенчатые импакторы НИИОГАЗа, группу циклонных сепараторов С.С. Янковского и микроскопический метод, применяемый эпизодически для качественной оценки дисперсного состава пылей [14].

Установлено, что при массовой концентрации пыли меньше  $0,5 \text{ г/м}^3$  следует отдавать предпочтение квази-виртуальному импактору, обладающему по сравнению с другими моделями импакторов более высокой точностью дисперсных анализов. Отличительной особенностью этой модели являются подложки с ячеистой структурой, позволяющие объединить в одном приборе достоинства обычных каскадных импакторов (компакт-

ность, простота эксплуатации) и их виртуальных модификаций (отсутствие вторичного уноса осажденных в каскадах частиц дисперсной фазы) [15].

Анализ различных способов интерпретации дисперсного состава пылей (таблицы, гистограммы, дифференциальные и интегральные кривые распределения размеров частиц в линейном, полулогарифмическом и логарифмически-нормальном масштабе) заставляет отдать предпочтение графическому изображению результатов дисперсных анализов в виде интегральной кривой проходов  $D(d_p)$ , каждая точка которой показывает относительное содержание частиц с размерами больше или меньше данного размера. Интегральная кривая (%) для частиц с логарифмически нормальным распределением по размерам может быть записана в виде

$$D(d) = \frac{100}{\lg \sigma \sqrt{2\pi}} \int_e^{\lg d} e^{-\frac{\lg^2(d/d_m)}{2\lg^2 \sigma}} \cdot d \lg d. \quad (11)$$

При проведении НИР, связанных с решением проблемы промышленной экологии в области пылеулавливания, может быть рекомендован модифицированный экспериментальный стенд, представленный на рис. 3.

Экспресс-анализ на модифицированном стенде позволил установить предпочтительную область применения фильтровальных перегородок со связанной структурой, например из пористых металлов. Это дало возможность не только прогнозировать фракционные коэффициенты проскока, но и своевременно исключить зону чисел Рейнольдса, соответствующую наименее выгодному режиму работы фильтра.

Стенд весьма удобен и для изучения степени неравномерности распределения пор в образцах с различными коэффициентами гидравлического сопротивления – ПНС-5, фольге нержавеющей стали ФНС-5 и ПНС-30. Относительная ошибка измерений на стенде не превышала 6%. Погрешность при проведении аэродинамических и пылегазовых измерений оценивалась по нормальному закону распределения ошибок, руководствуясь разделом 8 ГОСТ Р 50820–95 «Оборудование газоочистное и пылеулавливающее. Методы определения запыленности газопылевых потоков».

Проведенные исследования явились основой создания первой в Российской Федерации опытно-промышленной установки для тонкой очистки воздуха в системе пневмотранспорта глинозема из силосных башен в бункеры [6].

Установка состояла из двух ступеней очистки: циклон ЦН-15 и фильтр из пористого металла. До последнего времени в России и за рубежом в этом случае использовалась одна ступень – группа циклонов типа ЦН-15 или рукавные фильтры, что не обеспечивало норм ПДВ. Оригинальная вторая ступень (после циклонов ЦН-15) – цилиндрические фильтрующие элементы из пористого металла, обеспечила практически полное улавливание пыли. Такая схема в системе пневмотранспорта сыпучих материалов использована впервые. Схема предусматривала газодувку РГН-95, маслолаго-отделители для компримированного регенерирующего воздуха, ресиверы, конденсатоотвод, систему КИП и автоматики, регуливающую арматуру и систему пылеудаления.

Удельная газовая нагрузка  $q$  на поверхность фильтрования менялась от  $0,4$  до  $5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{мин})$ . Параметры логарифмически нормального распределения (ЛНР) пыли перед циклоном и перед фильтром составляли соответственно:  $\bar{d}_m = 5 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ ,  $\lg \sigma_q = 0,81$ ,  $\bar{d}_m = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ ,  $0,39 < \lg \sigma_q < 0,59$ . Эксперименты показали, что пылесодержание перед циклоном менялось от  $0,4$  до  $5,8 \text{ г/нм}^3$  и в среднем составляло  $5,2 \text{ г/нм}^3$ , а после фильтра не превышало  $1,6 \cdot 10^3 \text{ г/нм}^3$ . Таким образом, эффективность установок достигла 99,8% при изменении  $\Delta P$  от 1300 до 2700 Па.

Таблица 2

Показатели	Гравитационные пылеуловители	Центробежные пылеуловители		Тканевые фильтры	Электрофильтры	Зернистые фильтры
		низконапорные	средненапорные			
Гидравлическое сопротивление, Па	До 100	100–300	750–1250	780–1500	100–400	250–1200
Основной механизм осаждения	$G$	$\omega$		При $d_p < 3 \cdot 10^{-7}$ м $D$ При $d_p < 3 \cdot 10^{-7}$ м $Stk$	$K_E$	$Stk, R, D, \omega$
Зависимость эффективности от размера частиц	$f(d_p^2 C_k)$	$f(d_p^2 C_k)$		При $d_p < 3 \cdot 10^{-7}$ м $f(C_k/d_p^2)$ При $d_p < 3 \cdot 10^{-7}$ м $f(d_p^2/C_k)$	$f(d_p^2 C_k)$	При $d_p < 5 \cdot 10^{-7}$ м $f(C_k/d_p^2)$
Температура	$f(C_k/\mu_r)$			При $d_p < 3 \cdot 10^{-7}$ м $f(C_k T_r/\mu_r)$	$f(C_k/\mu_r)$	$f(C_k T_r/\mu_r)$
Концентрация	Не влияет	Определяется диаметром аппарата и слипаемостью пыли		Определяется типом фильтра (обычно не более 20 г/м <sup>3</sup> )	$Z(\text{предельная}) = n_{\text{пер}d_p}/12\varepsilon_0 E$	$\leq 10$ г/м <sup>3</sup>
Влажность	Не влияет	Не влияет		Не влияет	Способствует росту эффективности	Выше точки росы
Ориентировочный минимальный размер частиц, улавливаемых с высокой эффективностью, мкм	От 50 до 40	От 40 до 30	От 25 до 8	0,1	От 0,1 до 0,25	0,4 для связанных структур
Максимально допустимая температура, °С	Определяется материалом, из которого изготовлен аппарат			Определяется материалом фильтрующей среды (<220–250)	Определяется составом газов и свойствами пыли (<425)	900–1000
Нижняя предельная температура газов	Выше точки росы					
Стойкость к коррозии	Достаточно стойки			Стойки при температуре, превышающей точку росы		Достаточно стойки
Взрыво- и огнеопасность	Незначительная			Большая		Отсутствует
Ориентировочная относительная стоимость очистки (по отношению к низконапорным циклонам)	–	1–1,05	2–3	3–7,5	5–15	2–2,5

**Примечание.** Параметры осаждения взвешенных частиц:  $G$  – гравитационный;  $\omega$  – центробежный;  $Stk$  – инерционный;  $R$  – за счет зацепления;  $D$  – диффузионный.  $C_k$  – поправка Кенингема–Милликена;  $d_p$  – размер частицы;  $T_r$  – температура газа;  $\mu_r$  – вязкость газа.

Двухслойная структура патронов в фильтре из пористого металла обеспечивает образование осадка на поверхности зернистого слоя, что способствует стабильной регенерации фильтрующих элементов.

Широкое использование металлокерамических фильтровальных элементов для улавливания пыли сдерживается их высокой стоимостью и значительным гидравлическим сопротивлением.

Поэтому особый интерес приобретает прецизионное определение оптимальной гидродинамической области фильтрования.

Созданная для этой цели опытная установка состояла из последовательно соединенных воздухоудки, регулятора расхода, ротаметра, сменной фильтровальной кассеты и лазерного аэрозольного спектрометра ЛА-01 НИФХИ им. Л.Я. Карпова, позволяющего измерить счетную концентрацию частиц при  $0,2 < d_p < 4$  мкм. При проведении экспериментов  $2 \cdot 10^{-1} < Re < 9$ . Результаты представлены на рис. 4. Экспериментально установлено, что в доэкстремальной области кривых, интерпретирующих зависимость  $f(K_{\phi}, Re) = 0$ , преобладают одновременно действующие седиментационное и диффузионное осаждение, антибатные с  $w$ . Этим объясняется увеличение  $K_{\phi}$  в доэкстремальной области с увеличением  $Re$ . В области, расположенной справа от зоны экс-

тремальных значений  $K_{\phi}$ , явно преобладает инерционное осаждение, симбатное с  $d_p$  и  $W$ .

Безусловная перспективность применения насыпных зернистых фильтрующих слоев для решения разносторонних проблем обеспыливания в производстве строительных материалов и недостаточная информация по энергосберегающим аспектам эксплуатации этих аппаратов заставляет уделить этому вопросу повышенное внимание. В этой связи особый интерес представляют оригинальные роторные зернистые фильтры – ФЗРИ-100, ФЗРИ-50, фильтры с вертикальным радиальным расположением секций ФЗВИ-30-1-300, цепные фильтры ФЦГМ и зернистые фильтры-циклоны ФЦЗ. Эти объекты – удачные базовые модели и поэтому их конструктивные решения и перспективы аэродинамического усовершенствования заслуживают внимания специалистов, занимающихся проблемами обеспыливания в производстве строительных материалов [16].

Авторами сформулированы апробированные в производственных условиях рекомендации по энергосберегающему устройству пылегазовых трактов и систем пылеудаления при аэродинамическом и технологическом усовершенствовании пылеуловителей. При обычном рекомендуемом диапазоне изменения значений скорости пылегазовых потоков в аспирационных коммуника-

циях  $w_2$  ( $8 \leq w_2 \leq 16$  м/с) значение числа  $Re$  должно отвечать турбулентному режиму движения пылегазового потока ( $1,5 \cdot 10^4 \leq Re \leq 1,5 \cdot 10^6$ ). В этом диапазоне измерения значений чисел  $Re$  целесообразно применение направляющих устройств, которые наиболее эффективны в диффузорах (разделительные стенки) и в изогнутых коленах (направляющие лопатки на повороте струй). Если отношение площади сечения рабочей камеры аппарата  $F_k$  к площади сечения подводящего трубопровода  $F_0$  невелико ( $F_k/F_0 \leq 3$ ) и допустима небольшая степень неравномерности, то подвод потока осуществляется при помощи диффузора с углом раскрытия  $\alpha$ , равным  $8-10^\circ$  при круглом сечении и  $12-15^\circ$  при прямоугольном сечении с углом расширения сечения в одной плоскости.

В тех случаях, когда по конструктивным или другим соображениям нельзя применить длинный диффузор, целесообразно использовать короткий диффузор с углом раскрытия  $30-100^\circ$  с применением разделительных стенок.

Если есть основания опасаться отложений пыли на внутренней поверхности криволинейных лопаток, то следует применять направляющие лопатки в виде пластин. Для пластин предпочтительно равномерное размещение по сечению. Угол атаки пластин  $\alpha \approx 85^\circ$ . Анализ расчетных и экспериментальных данных подтверждает энергосберегающий эффект и очевидную экономическую целесообразность применения выравнивающих и распределительных устройств. Для эвакуации пыли интересно новое перспективное научно-техническое решение, разработанное и внедренное фирмой «Schrage, Rohrketensystem GmbH» на Семилукском огнеупорном заводе и состоящее в использовании трубных цепных транспортеров оригинальной конструкции [5].

Установлено, что замена открытых ленточных транспортеров на трубные цепные обеспечила следующие существенные преимущества: при использовании четырех транспортеров Шраге общая установочная мощность электродвигателей привода — 6 кВт (1,5 кВт  $\times$  4) вместо 32 кВт (16 кВт  $\times$  2) при двух лентах; в резерв переведены две аспирационные установки общей мощностью 30 кВт; существенная экономия (до 15%) порошков шамота и боксита в связи с практически полным отсутствием потерь при выгрузке, транспортировании и возвращении в технологический процесс уловленной пыли; резкое улучшение санитарных условий труда и состояния техносферы на рабочих местах за счет своевременной и полной выгрузки пыли, что препятствует ее вторичному уносу пылегазовым потоком.

Особый интерес представляет определение значения удельной газовой нагрузки  $q_{omm}$ . Очевидно, что с ростом  $q_{omm}$  поверхность пылеулавливания, например при фильтровании, и стоимость аппарата уменьшаются, а величина  $\Delta P$  и энергетические затраты увеличиваются.

Поэтому оптимальное значение  $q_{omm}$  определяется минимальной суммой общих затрат. Сумма общих затрат  $Z_0$  определяется затратами на содержание фильтра  $Z$ , амортизационными  $A$  и энергетическими  $\mathcal{E}$  расходами по формуле

$$Z_0 = Z + A + \mathcal{E} \quad (12)$$

Формула (12) преобразована к виду

$$Z_0 = Z + B_{1q}^{-1} + B_{2q} + B_{3q}^2, \quad (13)$$

где

$$B_1 = 1,25 \cdot 10^{-2} \cdot a \cdot c_{\phi, \alpha} \cdot q_0, \quad (14)$$

$$B_2 = Q \cdot 10^{-3} (\eta \cdot \eta_{ex})^{-1} \cdot \Phi k_M k_B k_{II} \Pi \cdot 150 \frac{(1-\epsilon)^2}{\epsilon^3} \cdot \frac{1}{60} \cdot \frac{\mu}{d_s^2} \cdot h, \quad (15)$$

$$B_3 = Q \cdot 10^{-3} (\eta \cdot \eta_{ex})^{-1} \cdot \Phi k_M k_B k_{II} \Pi \cdot$$

$$\left[ 1,75 \frac{1-\epsilon}{\epsilon^3} \cdot \left( \frac{1}{60} \right)^2 \cdot \frac{\rho}{d_s} \cdot h + r_{oc} \cdot x_H \cdot \left( \frac{1}{60} \right)^2 \cdot \tau_{max} \right], \quad (16)$$

где  $a$  — годовая норма амортизации, %;  $q_0$  — удельная газовая нагрузка;  $Q$  — заданная производительность, м<sup>3</sup>/с;  $\eta$  — механический КПД эксгаустера;  $\eta_{ex}$  — эксергетический КПД;  $\Phi$  — плановый годовой фонд работы пылеуловителя;  $k_M, k_B, k_{II}$  — коэффициенты использования оборудования по мощности, времени и с учетом потерь соответственно;  $\Pi$  — цена 1 кВт·ч;  $\epsilon$  — пористость;  $\mu$  — динамическая вязкость, Па·с;  $r_{oc}$  — удельное сопротивление осадке;  $x_H$  — объемная массовая концентрация пыли;  $h$  — высота слоя;  $\tau_{max}$  — максимальное время фильтрования, ч.

Приближенные наименьшие затраты  $q'_{omm}$  определяли из условия

$$\frac{dZ_0}{dq} = -B_1 q^{-2} + B_2 + 2B_3 q = 0.$$

Используя метод Ньютона, получаем уточненное значение

$$q_{omm} = q'_{omm} - \frac{\left( \frac{dZ_0}{dq} \right)}{\left( \frac{d^2 Z_0}{dq^2} \right)} = q'_{omm} - \frac{(B_1 q_{omm}^2 + 2B_3 q'_{omm} + B_2)}{2(B_1 q_{omm}^{-3} + B_3)}. \quad (18)$$

Рассмотренный способ позволил найти оптимальную область использования зернистых слоев расчетным путем, а в случае необходимости прогнозировать результаты за пределы факторного пространства и отказаться от сложных и дорогостоящих экспериментов, используемых обычно при эмпирическом решении вопроса. Сравнительные характеристики некоторых сухих пылеуловителей приведены в табл. 3.

Авторами предложен новый подход к оценке социально-экономической эффективности разработанных предложений, включающий переход к малоотходной или безотходной технологии. По опубликованным данным, на долю пылеулавливающего оборудования в ряде отраслей техники приходится до 24–25% капитальных затрат. Эта доля может быть значительно снижена при реализации комплексного перспективного решения проблемы сухого пылеулавливания в производстве строительных материалов. В этом случае общую экономическую эффективность  $\mathcal{E}_{общ}$  следует определять по формуле

$$\mathcal{E}_{общ} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left( \frac{\mathcal{E}_{ij}}{C_H} \right) + E_n K_n, \quad (19)$$

где  $\mathcal{E}_{ij}$  — экономический эффект  $i$ -того вида от предотвращения (уменьшения) потерь на  $j$ -том объекте за счет оптимизации условий эксплуатации пылеуловителей;  $C_H$  и  $K_n$  — годовые эксплуатационные расходы на обслуживание устройства;  $E_n$  — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений на создание устройств, обеспечивающих удачную аэродинамику пылегазового потока ( $E_n = 0,12$ ).

Необходимо отметить, что в тех случаях, когда осуществляется улавливание товарного продукта, стоимость эксплуатационных затрат соответственно снизится. Повсеместная утилизация улавливаемых пылей позволит в целом повысить экономическую эффективность внедрения пылеулавливающих систем.

#### Список литературы

1. Балтренас П.Б. Обеспыливание воздуха на предприятиях стройматериалов. М.: Стройиздат. 1990. 184 с.
2. Примак А.В., Балтренас П.Б. Защита окружающей среды на предприятиях стройиндустрии. Киев: Будивельник. 1991. С. 153.
3. Балтренас П.Б. Основы анализа загрязненности и обеспыливания техносферы. Вильнюс: Техника. 1996. 168 с.
4. Горемыкин В.А., Красовицкий Ю.В., Панов С.Ю., Логинов А.В. Энергосберегающее пылеулавливание при



- производстве керамических пигментов по сухому способу. Воронеж: ВГУ. 2001. 296 с.
5. *Энтин В.И., Красовицкий Ю.В., Анжеуров Н.М., Болдырев А.М., Шраге Ф.* Аэродинамические способы повышения эффективности систем и аппаратов пылеулавливания в производстве огнеупоров. Воронеж: Истоки. 1998. 362 с.
  6. *Красовицкий Ю.В., Балтренас П.Б., Энтин В.И., Анжеуров Н.М., Бабкин В.Ф.* Обеспыливание промышленных газов в огнеупорном производстве. Вильнюс: Техника. 1996. 364 с.
  7. *Энтин С.В., Анжеуров Н.М., Красовицкий Ю.В., Панова О.А., Щеглова Л.И.* Исследование процесса пылеулавливания при производстве огнеупоров // Новые огнеупоры. 2003. № 4. С. 52–56.
  8. *Идельчик И.Е.* Аэрогидродинамика технологических аппаратов. М.: Машиностроение, 1983. 352 с.
  9. *Энтин В.И., Анжеуров Н.М., Красовицкий Ю.В.* Аэродинамические способы повышения эффективности пылеуловителей в производстве огнеупоров. 1. Общие положения. Расчетные модели. Методика экспериментов. Конструктивные решения // Огнеупоры и техническая керамика. 1998. № 7. С. 44–48.
  10. *Энтин В.И., Анжеуров Н.М., Красовицкий Ю.В.* Аэродинамические способы повышения эффективности пылеуловителей в производстве огнеупоров. 2. Аэрогидродинамические расчеты пылеуловителей // Огнеупоры и техническая керамика. 1998. № 8. С. 37–44.
  11. *Энтин В.И., Анжеуров Н.М., Красовицкий Ю.В.* Аэродинамические способы повышения эффективности пылеуловителей в производстве огнеупоров. 3. Рациональное распределение пылегазовых потоков в системах и аппаратах пылеулавливания // Огнеупоры и техническая керамика. 1998. № 9. С. 32–39.
  12. *Энтин С.В., Анжеуров Н.М., Панов С.Ю., Красовицкий Ю.В., Щеглова Л.И.* Новое техническое решение высокоэффективного сухого пылеулавливания при производстве огнеупоров // Новые огнеупоры. 2003. № 5. С. 80–82.
  13. *Щеглова Л.И., Логинов А.В., Красовицкий Ю.В.* Аэродинамические проблемы фильтрации полидисперсных потоков зернистыми слоями // Воронеж. гос. технол. акад. Материалы ХLI отчет. науч. конф. за 2002 г. Воронеж. 2003. С. 188–189.
  14. *Щеглова Л.И., Энтин С.В., Архангельская Е.В., Логинов А.В., Панова О.А., Красовицкий Ю.В.* Организация и проведение пылегазовых измерений при решении экологических проблем огнеупорного производства // Новые огнеупоры. 2003. № 3. С. 47–54.
  15. *Красовицкий Ю.В., Энтин С.В., Щеглова Л.И.* Применение квазивиртуального импактора для дисперсного анализа промышленных пылей // Каталог рефератов и статей Междунар. форума «Аналитика и аналитики». Воронеж. 2003. Т. 1. С. 130.
  16. *Щеглова Л.И., Зотов А.П., Иванова В.Г., Красовицкий Ю.В.* Зернистые фильтры (новые решения) для обеспыливания в производстве строительных материалов // Воронеж. гос. технол. акад. Материалы ХLI отчет. науч. конф. за 2002 г. Воронеж. 2003. С. 233–235.

Е.И. ПАНФИЛОВ, д-р техн. наук, ИПКОН РАН (Москва)

## **Экологическая безопасность недр и недропользования**

Человеческое общество использует природные ресурсы для удовлетворения своих потребностей прогрессирующими масштабами и темпами, оказывая этим негативное воздействие на окружающую среду. Негативные техногенные воздействия, которые охватили всю биосферу, особенно литосферу, проявляются в изменениях окружающей среды на всей планете и распространились на космическое пространство.

По своим размерам и интенсивности эти воздействия к началу XXI века стали сопоставимы с природными катаклизмами. Наибольшую тревогу вызывает сокращение биоты — основы существования всего живого на земле. Отмечено изменение климата, рост концентрации CO<sub>2</sub>, уменьшение содержания кислорода в воздухе.

На предприятиях накапливаются отходы. Отечественные горные отрасли промышленности накопили в отвалах вскрышных и вмещаю-

щих пород, шламохранилищах, других техногенных образованиях не менее 5 млрд м<sup>3</sup> отходов. Их ежегодный прирост составляет около 1 млрд м<sup>3</sup>, а использование техногенных ресурсов, по разным оценкам, не превышает 10–12% от названного объема.

Непрерывно нарастающее вторжение в недра земли, связанное преимущественно с извлечением полезных ископаемых, а также освоением подземных пространств, вызывает адекватную, а часто более мощную, и главное, трудно или вообще непредсказуемую реакцию недр на эти воздействия. Одним из наиболее существенных проявлений являются техногенные, то есть сформировавшиеся в результате деятельности людей, землетрясения. За последние 30 лет в мире произошло более 70 таких землетрясений. Самое крупное землетрясение силой в 5,8 баллов по шкале Рихтера в России зарегистрировано в 1989 г. около г. Кировска на Кольском полуострове.

Постоянную опасность представляют такие явления, как опускание земной поверхности в районе горных работ, в результате которого впоследствии происходит подтопление территории; провалы, в отдельных случаях глубиной 10 м и более; оползни, горные удары, пылегазовые выбросы в атмосферу, изменение рельефа местности, физическое и химико-бактериологическое загрязнение земель и вод, в том числе внутри подземных водоносных горизонтов.

При нынешних темпах деградации окружающей среды перед человечеством возникла угроза экологической катастрофы. Поэтому во второй половине XX века развитые в экономическом отношении государства, которые раньше других ощутили негативные последствия, сопряженные с хозяйственной деятельностью, выступили с предложением предпринять коллективные меры по охране природной среды. В 1972 г. на конференции в Стокголь-

ме была принята программа, которая позволила в определенной степени упорядочить действия государственных и общественных структур.

Несмотря на некоторые успехи по восстановлению и стабилизации состояния окружающей среды, ожидаемые результаты не достигнуты. Главным образом вследствие неуправляемого стремления людей к комфорту, благополучию, что требует постоянного наращивания производственных мощностей. Причины деградации окружающей среды связаны с потребительским подходом к природе, которая продолжает восприниматься управляемой, эксплуатируемой и завоевываемой любыми способами ради удовлетворения людских потребностей. Рост народонаселения привел к нарушению естественного биогеохимического цикла. Вследствие этого жизнедеятельность любого биологического вида, включая человека, поставлена под угрозу. В настоящее время доля воспроизводимой энергии составляет около 10% от объема энергии, потребляемой человечеством во всем мире.

В мировом сообществе не отлажена система рационального использования природных ресурсов. Это обусловлено:

- несовершенством применяемых технологий и оборудования;
- отсутствием общепринятой методологии оценки и сопоставления различных технологий по критерию экологичности;
- остаточным принципом государственного финансирования природоохранных мероприятий, реально сложившимся в большинстве государств, включая Россию;
- слабой законодательной базой по охране окружающей среды, в частности отсутствием положений, нацеленных на комплексное освоение природных ресурсов, стимулирующих переработку отходов, разработку техногенных образований;
- малодейственным надзором и контролем за состоянием и изменением окружающей среды, это положение весьма актуально по отношению к геологической среде;
- несогласованной политикой государства в вопросах охраны природной среды.

Применительно к недропользованию важно отметить, что в российском как предыдущем, так и нынешнем федеральном законодательстве об охране окружающей среды блок проблем по охране недр (геологической среды) отсутствует.

Антропогенные воздействия на окружающую природную среду проявляются по-разному. Принято различать следующие виды техногенного воздействия на природные ресурсы: изъятие, уничтожение, нарушение, преобразование, загрязнение и комплексные воздействия. Каждый вид воздействия имеет свои особенности, четкие индивидуальные разграничения, которые должны найти отражение в законодательстве. Далее на основании законодательных актов будут разрабатываться нормативные документы, с тем чтобы перечисленные виды воздействия на природные ресурсы вписывались в рамки налогов и штрафов.

Например, в соответствии с характером воздействия на природный ресурс в форме загрязнения выделены механическое загрязнение среды и объектов, химическое, физико-химическое, бактериологическое, шумовое, ультразвуковое, электромагнитное, тепловое, световое. Эти воздействия могут иметь глобальный, континентальный, региональный или локальный характер.

На современном уровне развития науки и техники многие виды техногенных воздействий и особенно их последствия трудно предсказуемы. Результаты таких воздействий могут распространяться за пределами государственных и региональных границ. Поэтому необходимо организовать единую сеть литомониторинга.

Первичной единицей недр (геологической среды), в отношении которой решается вопрос об экологической безопасности недропользования, является элементарный экологический блок, в границах которого размещается используемый или планируемый к использованию георесурс. Оценка техногенных воздействий и их последствий должна осуществляться по каждому блоку и для каждого этапа недропользования: изучение, проектирование, строительство, освоение, использование ресурса недр, ликвидация, консервация и перепрофилирование объекта.

В стране должна функционировать система экологической безопасности, которая пока отсутствует и подменяется разрозненными службами, включенными в состав министерств, комитетов, региональных структур. Экологические экспертизы, которые начали применяться, часто из-за недовольства населения или демаршей движения зеленых в сложившейся практике выполняются разрозненно и не в состоянии дать комплексную оцен-

ку проекта или проанализировать функционирование группы действующих производств.

Какие меры следует рекомендовать, чтобы нынешнее состояние изменилось к лучшему?

1. Разработать и принять международную конвенцию (или иной документ) по обеспечению экологической безопасности недр и недропользования для государств СНГ с обязательным творческим и финансовым участием каждой из этих стран.

2. Разработать и принять модельный закон об экологической безопасности недр и недропользования для государств СНГ с обязательным творческим и финансовым участием каждой из этих стран.

3. Подготовить типовое соглашение об урегулировании трансграничных загрязнений воздушных и водных сред и иных техногенных воздействий.

4. Подготовить проект федерального закона об экологической безопасности недр и недропользования и пакет вытекающих из него поправок в иные законодательные акты.

5. Скорректировать действующие и разработать новые нормативные документы, отражающие специфические особенности недропользования и связанных с ним производств. Этот вопрос должен включать отдельные документы, касающиеся эксплуатации месторождений, являющихся сырьем для производства строительных материалов, в том числе общераспространенных полезных ископаемых.

6. Развивать геоэкологическое предпринимательство на основе государственной поддержки, в частности путем организации малых и средних горно-экологических предприятий, в функции которых может войти осуществление природоохранных мероприятий с использованием новых технологий, оборудования и средств контроля, сбором, переработкой и использованием (ликвидацией) отходов горного производства.

7. Разработать и ввести экологический паспорт для каждого объекта недропользования.

8. Принять новые либо внести поправки в действующие законы, устанавливающие стимулирующее налогообложение и другие виды поощрений, которые создадут благоприятные условия для инвестирования в предприятия и отдельные производства, ставящие целью переработку отходов, освоение техногенных ресурсов, создающие малоотходные и безотходные производства.

## Экологические аспекты применения гипсовых строительных материалов

Перспективность того или иного материала определяется его влиянием на систему человек – материал – окружающая среда, так как единство геохимической среды и жизни неразрывно и является важнейшим условием существования природы и человека.

Одним из отрицательных экологических последствий интенсификации развития промышленности, происшедшей во второй половине XX столетия, явилось увеличение техногенного радиационного фона в результате перемещения в процессе производственной деятельности огромного количества природных радионуклидов (уран, торий и продукты их распада). Уровень концентрации этих радионуклидов на земной поверхности резко возрос в связи с извлечением ряда полезных ископаемых при их добыче из недр и последующей переработке.

Немалую долю в увеличение техногенного радиационного фона вносят различные строительные, в том числе и облицовочные материалы и изделия. Так, по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), годовая доза облучения в зданиях сопоставима с дозой, получаемой в процессе рентгенодиагностики.

Для обеспечения радиационной безопасности населения (далее РБ) при воздействии радионуклидов законом «О радиационной безопасности населения», принятым 5.12.95 г., предписывается проведение производственного контроля строительных материалов и приемки зданий и сооружений с учетом  $\gamma$ -излучения природных радионуклидов. Закон запрещает использование строительных материалов и изделий, не отвечающих требованиям по обеспечению РБ [1].

Основными радиоактивными нуклидами природного происхождения, содержащимися в строительных материалах, являются: радий ( $^{226}\text{Ra}$ ), торий ( $^{232}\text{Th}$ ), калий ( $^{40}\text{K}$ ).

Дополнительными факторами радиационного воздействия на человека являются радон  $^{222}\text{Rn}$  и торон  $^{220}\text{Tn}$  – инертные радиоактивные газы естественного происхождения. Они образуются в результате радиоактивного распада естественных радионуклидов (ЕРН) U и Th. Радон встречается во многих материалах, в том числе и строительных, откуда диффундирует в окружающую среду (атмосферный воздух, воду). Скапливаясь в подземных резервуарах и растворяясь в воде, ра-

дон через артезианскую воду может попадать в пищу, за счет эманации из почвы поступающая через вдыхаемый воздух в организм, приводит к внутреннему облучению человека.

Основная доза от дочерних продуктов изотопов радона реализуется в легочной ткани людей. Наибольшему облучению подвергаются пульмональная и трахеобронхиальная части легочной ткани. Эквивалентные дозы в этих тканях составляют 4 и 26,8 мЗв в год. Основное последствие облучения легочной ткани – индуцирование рака легких. Накопление дочерних продуктов радона в воздухе жилых помещений обуславливает около 10% случаев рака легких.

В закрытых плохо проветриваемых помещениях, особенно на нижних этажах или станциях метро, объемная активность  $^{222}\text{Rn}$  в воздухе помещений может быть более чем на порядок превышать его объемную активность в открытой атмосфере.

Процесс выделения радона (эсхалация) в воздух помещений состоит из двух этапов.

Вначале происходит эманирование радона, то есть выделение его из кристаллической решетки материала в поры строительной конструкции. Эманирование обусловлено энергией отдачи, приобретаемой атомами в результате  $\alpha$ -распада, а также процессами диффузии и адсорбции атомов радона.

На втором этапе радон распространяется за счет диффузии в порах и микротрещинах материала. За время диффузии часть радона распадается, поэтому в воздух помещения попадает только часть свободного радона, находящегося в порах. Количество радона, выделяющегося в поры материала, характеризуют коэффициентом эманирования материала:

$$\eta = A_1/A_2,$$

где  $A_1$  – активность газообразного радона в состоянии радиоактивного равновесия;  $A_2$  – равновесная активность радона в материале в отсутствие эманирования (активность радия – 226).

Произведение коэффициента эманирования радона на удельную активность радия-226 равно удельной активности свободного радона в материале. Эта величина получила название эффективной удельной активности радия-226.

Таблица 1

Материалы	$A_{\text{Ra}}$ , Бк/кг	$\eta$	$A_{\text{Ra}} \times \eta$ , Бк/кг
Глина	48 (10–255)	0,21	7 (1–25)
Почва	21 (15–28)	0,21	4,1 (1,6–6,7)
Строительный раствор	15 (11–20)	0,24	3,3 (2,3–4,4)
Тяжелый бетон	27 (11–48)	0,11	3,1 (1,0–4,1)
Песок	9,6 (3,7–20)	0,2	1,9 (0,41–5,2)
Легкий бетон	23 (13–44)	0,095	1,5 (0,56–3,5)
Силикатный кирпич	14 (6,3–30)	0,1	1,3 (0,81–2,1)
Штукатурка	9,6 (6,7–14)	0,12	1 (0,59–1,4)
Известь, мел	26 (8,1–70)	0,035	0,92 (0,04–2,4)
Кирпич керамический	36 (13–56)	0,015	0,55 (0,18–1,7)
Зола	107 (52–155)	0,008	0,55 (0,07–1,6)
Керамзитовый бетон	28 (23–74)	0,01	0,41 (0,15–0,59)
Строительный гипс	8,9 (7–10)	0,044	0,37 (0,15–0,59)
Известняк	3,7 (3,7–4,1)	0,046	0,18 (0,04–0,52)
Гравий	16	0,11	1,7
Щебень	35	0,091	3,5
Цемент	41	0,013	0,48

Таблица 2

Коэффициент эманирования  $\eta$  и эффективная удельная активность  $A_{Ra} \times \eta$  в отечественных строительных материалах и почве (средние значения и диапазон вариаций) приведены в табл. 1.

Скорость эксхалляции радона из строительных конструкций (стен и перекрытий) зависит от эффективной удельной активности Ra-226, а также от длины диффузии Rn-222 в строительных конструкциях. Из всех природных источников ионизирующего излучения наибольший вклад в дозу облучения вносят радон и продукты его распада.

Строительный гипс имеет почти в 10 раз меньшую эффективную удельную активность Ra-226 по сравнению с бетоном (табл. 1). Это означает, что гипсолитовые межкомнатные перегородки должны вносить небольшой вклад в суммарное поступление радона в воздух помещений [2].

Уровень облучения определяется конструкцией здания, строительными материалами и условиями вентиляции, то есть зависит от людей. Любое ограничение облучения населения может распространяться только на те источники радиации, для которых возможно влияние человека на создаваемую ими дозу облучения (принцип контролируемости облучения).

Под контролируемостью подразумевается не просто принципиальная возможность оказания влияния на создаваемую дозу (такая возможность имеется для любого источника), но оказание влияния с учетом

Строительный материал	Удельная активность, Бк/кг			Мощность поглощенной дозы в воздухе, нГр/ч
	<sup>40</sup> K	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	
<b>Природное происхождение</b>				
Гранит	1200	100	80	300
Вулканический туф	1500	130	120	400
Глинистые сланцы (заполнители в бетоне)	850	1500	70	1450
<b>Промышленное происхождение</b>				
Фосфогипс из фосфоритов	110	600	<5	540
Кирпич	330	280	230	580
Шлак доменный	240	70	20	110

**Примечание.** Мощность поглощенной дозы рассчитана для 4л-геометрии и бесконечной толщины материала, полученные значения позволяют только провести сравнения между строительными материалами и не могут служить оценкой доз в жилых зданиях, построенных из них.

разумной стоимости защитных мероприятий. Необходимость учета стоимости защитных мероприятий при обосновании их целесообразности – основополагающий принцип радиационной защиты. Она прямо вытекает из признания без порогового характера действия ионизирующего излучения. Полная защита от ионизирующего излучения может быть достигнута только в том случае, если доза от всех источников будет равна нулю, а это невозможно при любых разумных и даже неразумных затратах. Во многих видах человеческой деятельности расходы на защит-

ные мероприятия ограничиваются разумными пределами.

Доза  $\gamma$ -излучения в помещении определяется в основном удельной эффективной активностью естественных радионуклидов в строительных материалах ( $A_{эфф}$ ). Форма и размеры помещений, толщина стен и перекрытий мало влияют на мощность дозы в помещении. Значение средней дозы облучения населения (или коллективной дозы) зависит от средне-взвешенной  $A_{эфф}$ . Поэтому изменить ее можно только влиянием на номенклатуру используемых строительных материалов, например путем отказа

Таблица 3

Страна	Вяжущие	Число образцов	Удельная активность, Бк/кг			
			<sup>226</sup> Ra	<sup>228</sup> Th	<sup>40</sup> K	$A_{эфф}$
США	Цемент	4	18	11	111	41
	Цемент	6	22	18	155	59
	Гипс	75	22	7	141	43
Норвегия	Клинкер	6	96	59	814	242
	Цемент	4	30	18	241	74
	Гипс	2	11	3	11	16
Венгрия	Цемент	12	26	18	149	63
ФРГ	Портландцемент	14	<26	<18	241	<70
	Известь	8	<30	22	185	<75
	Гипс	23	<18	<10	96	<38
Финляндия	Цемент	7	44	26	241	137
	Гипс	1	7	2	26	12
Швеция	Цемент	–	55	47	241	137
	Гипс	–	4	1	22	7
ГДР	Цемент	10	55	23	326	113
	Известь	2	44	85	81	162
	Гипс	7	<9	<7	<74	<24

Таблица 4

Продукт	Производитель	$A_{эфф}$ Бк/кг
Сухие гипсовые смеси	Республика Молдова	21,1
Фугенфюллер (шпаклевка на гипсовой основе)	АО «СМС-Кнауф» СП	21,1
Камень гипсовый и гипсоангидритовый	Карьер Палазна, ОАО «Гипсополимер»	6,7
		29,4
Вязущие гипсовые	ОАО «Гипсополимер»	9
		11,5
Сухие гипсовые смеси:		
Гольдгипс	ОАО «Гипсополимер»	21,2
		17
Ротгипс	То же	13,48
		12
Перлгипс	—	15,9
		11
Наливной пол	—	3
		8,1
Шпаклевка	—	12,76
		6,9
Листы гипсокартонные (ГКЛ)	—	11,7
		7,8
Листы гипсокартонные влагостойкие (ГКЛВ)	—	3
Плиты гипсовые для перегородок	—	6
		6,4

от применения в жилищном строительстве материалов с наиболее высоким содержанием ЕРН. Этого можно достичь нормированием  $A_{эфф}$  в материалах, добываемых на отдельных месторождениях [2].

Данные о величине удельной активности естественных радионуклидов некоторых строительных материалов представлены табл. 2.

Удельные активности ЕРН существенно отличаются для различных стройматериалов, более того, они существенно зависят от места происхождения одного и того же стройматериала. Данные табл. 2 приведены для ограниченного числа измерений, выполненных различными группами исследователей, и могут служить только ориентиром для выбора того или иного материала [3].

$A_{эфф}$  в строительных материалах имеет широкий диапазон значений (от 7 до 4700 Бк/кг). Наиболее высокие удельные активности ЕРН характерны для пород вулканического происхождения (гранит, туф, пемза), а наиболее низкие — для пород осадочного происхождения карбонатных (мрамор, известняк), сульфатных (гипс, ангидрит).

Результаты исследований радиоактивности строительных материалов в зарубежных странах приведены в табл. 3. В нее включены только данные  $\gamma$ -спектрометрических измерений, дающих полную характеристику радиоактивности строительных материалов. В колонке 7 табл. 3 приведены рассчитанные эффективные удельные активности естественных радионуклидов, характеризующие величину  $\gamma$ -фона, создаваемого данным материалом в помещениях [4].

В 1999–2003 гг. был проведен радиологический контроль различных гипсосодержащих строительных материалов, результаты которого приведены в табл. 4. Из табл. 4 видно, что гипсовый камень, вязущие, сухие смеси и другие гипсосодержащие материалы имеют низкую удельную эффективную активность ЕРН, что является существенным дополнением к целому ряду других экологически положительных и защитных качеств.

Уникальное химическое превращение дигидрата сульфата кальция позволяет получать из него изделия с той же химической формулой, которая была заложена в природном минерале, таким образом, гипсовое вязущее является максимально экологически чистым веществом, позволяющим получать изделия на его основе, не внося помех в естественный круговорот веществ [5].

Гипс не выделяет при переработке в окружающую природную среду  $CO_2$  в отличие от цемента и извести, поэтому вязущие, получа-

емые из гипса, не являются аллергенами и не вызывают заболевание силикозом [6].

Гипсосодержащие материалы имеют малую тепло- и звукопроводность, поэтому находят применение в производстве теплоизоляционных и акустических материалов.

Строительные материалы, производимые на основе гипса, имеют высокую огне- и пожаростойкость. Эти свойства определяются способностью дигидрата отщеплять при нагревании полторы молекулы воды, затрудняя тем самым возгорание материалов.

Материал может дышать, то есть изделия из гипса способны впитывать избыточную влагу и отдавать ее, когда в помещении сухо, поддерживая тем самым равновесную влажность воздуха, что положительно влияет на микроклимат всего помещения и создает комфортные условия для человека.

Поскольку экология окружающей среды, в том числе и радиэкология строительных объектов промышленного и гражданского назначения, существенно влияет на физическое и морально-психологическое состояние людей, предлагаемый подход заставляет по-иному смотреть на наиболее широко применяемые гипсовые строительные материалы.

#### Список литературы

1. *Крампит И.А., Мильчаков В.И.* Законодательно-правовое, нормативное и организационное обеспечение радиационного контроля стройматериалов // Строит. материалы. 2002. № 8. С. 12–13.
2. *Ахременко С.А.* Управление радиационным качеством строительной продукции М.: АСВ. 2000. С. 236.
3. *Смирнов В.П., Игнатов С.М., Уруцкоев Л.И., Чесноков А.В.* Радиационный фон естественных радионуклидов строительных материалов // Строит. материалы. 1999. № 4. С. 17–19.
4. *Крисюк Э.М.* Радиационный фон помещений. М.: Энергоатомиздат. 1989. С. 120.
5. *Сучков В.П., Веселов А.В.* Экологические аспекты получения и применения высокопрочных гипсовых вязущих // Сб. материалов семинара, посвященного 10-летию создания РААСН. НИИСФ. М., 2002. С. 214–218.
6. *Ферронская А.В.* Перспективы производства и применения гипсовых материалов в XXI веке // Сб. материалов семинара, посвященного 10-летию создания РААСН. НИИСФ. М., 2002. С. 22–29.

Р.К. НИЗАМОВ, канд. техн. наук, Э.И. НАГУМАНОВА, канд. хим. наук,  
Л.А. АБДРАХМАНОВА, д-р техн. наук, В.Г. ХОЗИН, д-р техн. наук  
(Казанская государственная архитектурно-строительная академия)

## Поливинилхлоридные материалы, наполненные тонкодисперсными отходами деревообработки

В настоящее время полимерные композиционные материалы на основе поливинилхлорида (ПВХ) и различных наполнителей широко используются в различных областях народного хозяйства. Основная область применения — строительство, которое потребляет более 20% всего производства ПВХ.

Низкая стоимость, большие запасы, высокая прочность, нетоксичность предопределили особую популярность наполнителей на основе природного минерального сырья. Многие классические работы по физико-химии наполненных полимеров, в частности работы школы Ю.С. Липатова, посвящены именно таким системам [1].

Органические наполнители имеют ряд преимуществ перед минеральными. Во-первых, композиции с ними намного легче, чем аналогичные с минеральными наполнителями, гораздо меньше изнашивают технологическое оборудование. Большое значение придается комплексному использованию природного сырья и все большее применение в качестве наполнителей находят древесные отходы — опилки, древесная мука, лигнин. Продукты переработки лесохимического производства, деревообрабатывающей и мебельной промышленности имеют практически неограниченную сырьевую базу; во многих регионах страны они загрязняют природу и приводят к ухудшению экологической обстановки.

Необходимость утилизации отходов делает актуальными вопросы использования в качестве наполнителей ПВХ-композиций многотоннажных и возобновляемых древесных отходов, отличающихся относительно низкой стоимостью, ценными, а в некоторых случаях и уникальными свойствами. Как эффективные наполнители ПВХ-композиций они известны давно. В последние годы к этим материалам повысился интерес.

Проблема качества наполненных материалов связана с повышенной пористостью и недостаточной дисперсностью целлюлозных наполнителей, что приводит к значительному повышению водопогло-

щения полимерных композиций в присутствии древесных наполнителей, а также к снижению эффекта пластикации при переработке.

Исследованиям закономерностей наполнения пластифицированных композиций на основе ПВХ древесной мукой, лигнином, целлюлозой был посвящен ряд работ В.В. Гусева с соавторами еще в 90-е годы [2]. Были определены возможные пределы введения древесных наполнителей, позволяющие утилизировать древесные отходы, снизить полимероемкость материала и сохранять эксплуатационные свойства в допустимых пределах.

Была поставлена задача изучить эффективность наполнения пластифицированной ПВХ-композиции древесными тонкодисперсными порошками. Первый вариант — высокодисперсные продукты, полученные методом упруго-деформационного диспергирования (УДД) древесных опилок в смеси с термопластами, в частности с полиэтиленом. Второй — пылевидные древесные отходы, содержащие до 3,5 мас. % карбамидного полимера, являющегося технологическим отходом производства мебели из древесно-стружечных плит. Таким образом, исследовали древесные наполнители, модифицированные физическим и химическим методами.

Метод УДД основан на одновременном воздействии на полимерные материалы высокого давления и сдвиговой деформации при повышенной температуре в диспергаторе

специальной конструкции, используемом для получения ряда полимерных материалов в тонкодиспергированном состоянии [3, 4].

Отдельно древесно-целлюлозные материалы методом УДД не перерабатываются. Даже из опилок при малых степенях загрузки диспергатора (20–30%) получалась спрессованная масса в виде гранул и лент, не представляющая практического интереса. Между тем получение высокодисперсного материала оказалось возможным при переработке древесного сырья методом УДД в присутствии не менее 20 мас. % полиэтилена высокого давления (ПЭВД). Нижний предел температуры переработки ограничивается температурой плавления ПЭВД (105–110°C), а верхний — температурой термоустойчивости сырья (не более 190°C). Возможно использование и вторичного ПЭ. Переработанные методом УДД древесные опилки совместно с ПЭВД переходят в состояние древесной муки тонкого помола. Чем больше содержание ПЭВД, тем выше однородность образцов образующегося порошка и его дисперсность: от 7 до 90 мкм с преимущественным размером частиц 70–90 мкм. Около 10% составляют включения более крупных размеров — до 400 мкм. Анализ морфологии образующихся частиц (рис. 1) свидетельствует, что они имеют асимметричную форму с удельной поверхностью до 2,2 м<sup>2</sup>/г, причем увеличение содержания ПЭВД до 20–30 мас. % способствует образованию частиц

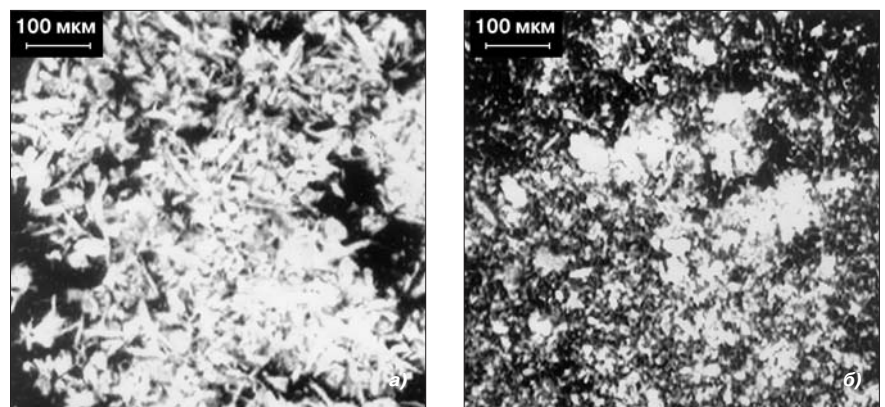


Рис. 1. Микрофотографии древесных опилок фракции 0,14 (а) и диспергированных в присутствии 30 мас. % ПЭВД (б)

более симметричной формы с гладкой поверхностью, чему способствует наличие на поверхности древесных частиц адгезионного слоя из ПЭ. Между компонентами существует значительная адгезия, не предполагающая химического взаимодействия. А при большем содержании ПЭВД появляются связанные им более крупные агрегаты древесных частиц.

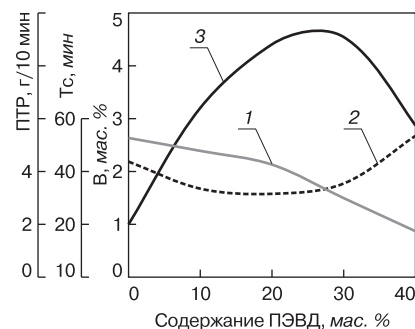
Древесный наполнитель с карбамидной смолой имеет размер частиц от 5 до 10 мкм и содержит до 10 мас. % волокнистых включений размером 300–400 мкм. При производстве древесно-стружечных плит возможно химическое взаимодействие активных NH-групп с OH-группами компонентов древесины. Немодифицированная древесная пыль имеет аналогичную морфологическую структуру, но подвержена большей степени агрегации.

При выборе этих древесных наполнителей исходили из следующего:

- наличие ПЭВД в составе тонкодиспергированной древесной пыли должно способствовать снижению водопоглощения ПВХ-композиций;
- наличие ПЭВД должно улучшать перерабатываемость пластифицированных ПВХ-композиций, так как следует ожидать снижения сорбции пластификатора древесными частицами. Такой же эффект возможен и при использовании древесных частиц, содержащих карбамидный полимер;
- использование древесных частиц, содержащих карбамидный полимер, должно способствовать повышению термостабильности ПВХ-композиций за счет присутствия в них азотсодержащих соединений низкой основности [5].

Исследование эффективности модифицированной древесной муки проводили на пластифицированных ПВХ-композициях, содержащих 40 мас. ч. пластификатора — диоктилфталата и 3 мас. ч. стабилизатора — стеарата кальция на 100 мас. ч. полимера. Содержание наполнителя менялось от 5 до 60 мас. ч. Оптимальное содержание наполнителя установлено в пределах 20–30 мас. ч. Композиции готовили путем смешения компонентов при 80°C в течение 30 мин, затем их вальцевали при 150–160°C на фрикционных вальцах в течение 6–7 мин с получением пленок толщиной 0,15–0,2 мм. Кроме физико-механических показателей образцов (прочности и относительного удлинения при разрыве) определяли водопоглощение за 24 ч, летучесть при 105°C в течение 6 ч. Определены технологические характеристики: показатель текучести расплава при

Содержание в композиции древесной муки, модифицированной карбамидным полимером, мас. ч. на 100 мас. ч. ПВХ	Термостабильность, мин, при 175°C	Показатель текучести расплава, г/10 мин, при 180°C
0	31	0,55
10	31	0,6
20	31	0,8
30	32	0,65
40	33	0,55
60	34	0,4



**Рис. 2.** Зависимость водопоглощения (1), термостабильности (2) и показателя текучести расплава (3) ПВХ-композиций от содержания в древесных опилках ПЭВД

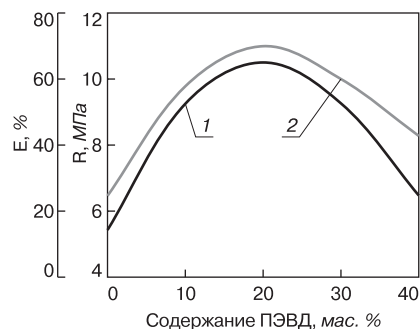
180°C под действием груза 10 кг, а также термостабильность с помощью индикатора «Конго красный» при температуре 175°C.

На рис. 2 и 3 приведены зависимости свойств ПВХ-композиций от содержания ПЭВД в составе древесной муки при наполнении в количестве 20 мас. ч. на 100 мас. ч. ПВХ.

Из представленных данных следует, что увеличение содержания ПЭВД приводит к монотонному снижению водопоглощения композиций. Это очень важный результат, так как введение необработанных древесных наполнителей увеличивает водопоглощение ввиду высокой гидрофильности древесной муки.

Технологичность ПВХ-композиции, исходя из величины показателя текучести расплава, при начальном введении тонкодисперсного наполнителя резко возрастает, а затем в интервале 25–30 мас. % ПЭВД снижается. Заметное падение показателя текучести расплава при большом количестве ПЭВД обусловлено появлением липкости композиции к поверхности формирующего оборудования.

Положительным эффектом модифицированных древесных наполнителей является возрастание прочностных и деформационных свойств пластифицированного ПВХ. Зависимость от концентрации носит экстремальный характер, проявляя максимум при содержании ПЭВД в количестве



**Рис. 3.** Зависимость прочности при растяжении (1) и относительного удлинения при разрыве (2) ПВХ-композиций от содержания в древесных опилках ПЭВД

20 мас. % в исходных древесных опилках перед переработкой УДД.

При содержании ПЭВД до 30 мас. % термостабильность несколько снижается, оставаясь, однако, в допустимых пределах, а затем возрастает.

Таким образом, древесная мука, полученная путем физической модификации опилок в присутствии ПЭВД методом УДД эффективна в области концентраций 25–30 мас. ч. на 100 мас. ч. ПВХ, а оптимальным содержанием ПЭВД в составе древесного наполнителя является 20 мас. %.

При введении в состав пластифицированных ПВХ-композиций древесной муки, содержащей карбамидный полимер, ухудшения механических показателей по сравнению с немодифицированной древесной мукой не наблюдается.

Наиболее интересны данные по изменению термостабильности и показателя текучести расплава пластифицированных ПВХ-композиций от содержания модифицированного древесного наполнителя. Результаты испытаний представлены в таблице.

Из этих данных следует, что термостабильность при введении наполнителя не ухудшается, а даже несколько возрастает. При модификации древесной мукой было выявлено [2], что термостабильность вначале возрастает (примерно до 20–30 мас. ч.), а затем начинает снижаться. Этот факт объясняется возможностью разложения древе-

сины с выделением продуктов кислотной природы (углекислого газа, низших жирных кислот).

При наполнении ПВХ древесной мукой, модифицированной карбамидным полимером, проявляется его стабилизирующее действие, которое компенсирует снижение термостабильности, обусловленное термическим разложением древесины.

Наиболее ощутимо улучшение перерабатываемости ПВХ-композиций в присутствии модифицированного карбамидным полимером древесного наполнителя в области концентраций от 10 до 30 мас. ч. Очевидно, наличие взаимопроникающей структуры древесных частиц и карбамидного полимера способствует облегчению перерабатываемости. Волокнистая структура оказывает существенное влияние на образование коагуляционных структур, что должно проявляться в повышении вязкости расплава полимера. Кроме того, можно ожидать, что волокнистая структура наполнителя приведет к сорбции пластификатора с ухудшением перерабатываемости пластифицированной композиции. В присутствии же карбамидного полимера влияние этих факторов значительно снижается.

Выявлено сравнительно меньшее возрастание водопоглощения ПВХ-

композиций при введении модифицированного древесного наполнителя по сравнению с немодифицированным. Данный тип наполнителей до 60 мас. ч. на 100 мас. ч. ПВХ с успехом можно использовать в жестких составах, где показатель водопоглощения не регламентируется, а в пластифицированных композициях можно рекомендовать применение смешанного наполнителя, например мел – древесная мука. Установлено оптимальное соотношение, равное 40 мас. ч. мела и 20 мас. ч. модифицированного древесного наполнителя, когда водопоглощение существенно снижается, а весь комплекс технических свойств композиции достигает максимума.

Таким образом, применение в составе ПВХ-композиций древесных отходов, модифицированных физическим и химическим способами, оказывается значительно более эффективным, чем наполнение обычными тонкодисперсными древесными наполнителями.

Авторы выражают благодарность Ахметханову Р.М. за предоставленные образцы древесных отходов, полученных методом УДД, и посвящают свою работу светлой памяти проф. Минскера Карла Самойловича, который помогал ценными советами и консультациями.

## Список литературы

1. Физико-химия многокомпонентных полимерных систем: в 2 томах. / Под общей редакцией Липатова Ю.С. Киев: Наук. Думка. 1986. Т. 1. Наполненные полимеры. 376 с.
2. Ежов Б.С., Мозжухин В.Б., Козлова И.И., Гузев В.В., Малышева Г.П., Уртминцева Н.П., Киселев А.М., Юшкова С.М. Свойства композиций на основе пластифицированного ПВХ с древесными наполнителями // Пласт. массы. 1988. № 7. С. 12–14.
3. Акопян Е.Л., Кармилов А.Ю., Никольский В.Г., Хачатрян А.М., Ениколопан Н.С. Упругодеформационное измельчение термопластов // Доклады АН СССР. 1986. Т. 291. № 1. С. 133–136.
4. Минскер К.С., Хозин В.Г., Ахметханов Р.М., Нагуманова Э.И., Авалихина Т.М. Использование технологии УДД резиновых отходов для получения гидроизоляционного материала // Строит. материалы. 2002. № 12. С. 50–51.
5. Минскер К.С., Федосеева Г.Т. Деструкция и стабилизация поливинилхлорида / Изд. 2-е, перераб. М.: Химия. 1979. 272 с.



## Первая международная специализированная выставка «ЖКХ РОССИИ»

Ленэкспо

19–12 ноября 2004 г.

Санкт-Петербург, Ленэкспо

Организатор: ОАО «Ленэкспо» при содействии Госстроя РФ, администрации Санкт-Петербурга, правительства Ленинградской области

### Тематика выставки

#### Инженерные системы:

- системы тепло-, водо-, энергоснабжения и канализации;
- электрические сети и электрические объекты;
- системы кондиционирования воздуха;
- малая и альтернативная энергетика;
- сантехника;
- лифтовое оборудование.

#### Строительные материалы и оборудование для ЖКХ:

- железобетонные изделия;
- композитные материалы (смеси, бетоны, растворы);
- трубы, металлоконструкции;
- кровельные и изоляционные материалы;
- ЛКМ;
- элементы мощения.

#### Промышленное и гражданское строительство.

В деловую программу выставки включены конференции, научно-практические семинары, круглые столы по актуальным вопросам ЖКХ, презентации ведущих компаний отрасли.

#### Альтернативные жилищно-ремонтные службы.

#### Реконструкция и капитальный ремонт зданий:

- архитектурные и реставрационные работы;
- технологии и методы строительства и реконструкции;
- строительные леса и инструмент;
- благоустройство территорий, малые архитектурные формы;

#### Приборы коммерческого учета энергоносителей, КИА.

#### Современные информационные технологии для организационно-финансовой деятельности ЖКХ.

#### Строительные машины и оборудование:

- коммунальная техника и спецтранспорт;
- дорожно-мостовое строительство и ремонт.

### Оргкомитет

Россия, 199106 Санкт-Петербург, В.О., Большой пр. 103 Тел. (812) 321-28-28, 321-27-60, 321-28-23 Факс (812) 321-28-95, 321-28-23  
e-mail: [exprocity@mail.wplus.net](mailto:exprocity@mail.wplus.net) [www.gkh-russia.ru](http://www.gkh-russia.ru)



**ОАО «Научно-исследовательский институт  
по монтажным работам»  
Научно-технический центр Госстроя России  
Порошковые проволоки для монтажных работ в строительстве**

Повышение требований к качеству сварки в строительстве и промышленности вызвали необходимость расширения использования порошковых проволок. В настоящее время порошковые проволоки эффективно применяются для сварки особо ответственных объектов. Особенностью сварочных работ конструкций сложной конфигурации является потребность осуществлять сварку в различных пространственных положениях, например при сооружении газопроводов, нефтеналивных резервуаров и др.

Разработкой и внедрением таких материалов занимается ОАО «НИИ Монтаж» в г. Краснодаре. На основе результатов фундаментальных исследований по теории расплавов в настоящее время удается надежно рассчитать многие необходимые параметры взаимодействия в системе металл – газ – шлак при высоких температурах сварочного процесса. Это позволяет с меньшими затратами времени и средств создавать новые по свойствам и качеству материалы. В институте получены надежные данные по термодинамической активности в

солеоксидных шлаковых расплавах сварочного процесса, что, в свою очередь, позволяет оптимизировать составы материалов для сварки.

Нами получены математические зависимости для изучения температуры плавления сварочных шлаков, вязкости, поверхностного натяжения и плотности шлаковых и металлических систем сварочного производства. Разработаны расчетные модели для анализа и регулирования растворимости газов в расплавленном металле шва, показана возможность расчетного построения шлакометаллической системы сварочных материалов.

Весь наработанный в ОАО «НИИ Монтаж» объемный научно-технический потенциал использован для разработки порошковых проволок различного назначения (см. таблицу).

В настоящее время порошковая проволока эффективно применяется для сварки при строительстве трубопроводов и других ответственных объектов. Примером могут служить газопровод Россия – Турция, нефтеналивные резервуары в Новороссийске и др.

**Порошковые проволоки,  
применяемые с дополнительной защитой в CO<sub>2</sub> или смеси газов**

Марка проволоки	Диаметр, мм	Химический состав наплавленного металла, %					Механические свойства металла шва при 20°C			Назначение
		C	Mn	Si	S	P	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup>	
					не более					
ППТ-21	1,8	0,08–0,12	0,5–1	0,15–0,4	0,03	0,03	500–650	20	120	Сварка в защитной среде CO <sub>2</sub> металлоконструкций из низкоуглеродистых и низколегированных сталей в нижнем положении
	2									
	2,2									
ППТ-23	0,8	0,08–0,12	0,5–0,8	0,2–0,4	0,03	0,03	500–650	20	100	Сварка в CO <sub>2</sub> металлоконструкций из низкоуглеродистых и низколегированных сталей во всех пространственных положениях
	1,2									
	2									
ППТ-24	2,2	не более 0,12	0,4–1,2	0,2–0,5	0,03	0,03	580–600	28	120	Сварка изделий в CO <sub>2</sub> из закаливающихся сталей больших толщин
	2,6									
ППТ-25	1,8	0,04–0,09	1,1–1,3	0,3–0,4	0,025	0,025	700–850	18	100	Сварка изделий в CO <sub>2</sub> из низколегированных сталей повышенной прочности
	2									



**Научно-исследовательский институт  
по монтажным работам**

[www.niimontag.kub.ru](http://www.niimontag.kub.ru)

350020, г. Краснодар, ул. Рашилевская, 148  
Телефон: (8612) 55-66-90, e-mail: niimontag@istnet.ru

УДК 622.35

В.Л. БАРОН, д-р техн. наук, А.М. АБДУЛКАСИМОВ, инженер, ассоциация «Взрывпром» (Москва)

## Выбор рациональных параметров взрывной отбойки на карьерах промышленности строительных материалов

Отечественный и зарубежный опыт выполнения буровзрывных работ (БВР) на карьерах свидетельствует, что качество подготовки отбитой горной массы в решающей степени определяется правильным учетом влияния многих природных и техногенных факторов. Их оценка невозможна без применения ЭВМ. Следует однако отметить, что количественный учет даже одного из этих факторов достаточно сложен, а для большинства из них фактически ранее не проводился. Природные и техногенные факторы взаимосвязаны, что еще больше усложняет обоснование рациональных показателей отбойки в конкретных условиях.

На рисунке приведен граф, характеризующий номенклатуру и взаимодействие природных и техногенных факторов, влияющих на выбор параметров БВР. Граф построен на основании анализа данных, выполненного авторами в экспертном порядке. Установлены следующие три основные группы

природных и техногенных факторов, которые необходимо учитывать при проектировании БВР на карьерах:

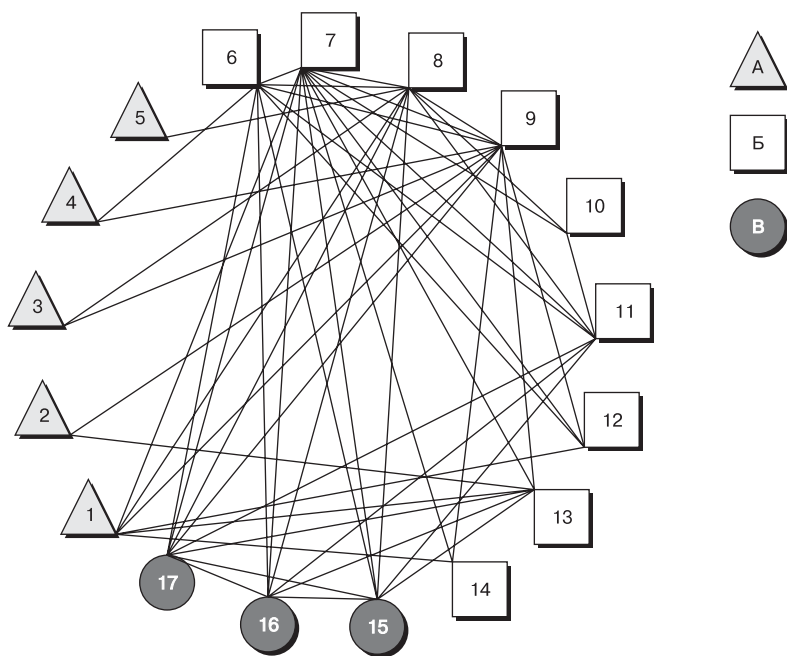
- А. Геологические.
  1. Крепость пород.
  2. Обводненность.
  3. Трещиноватость.
  4. Угол откоса уступов.
  5. Объемная масса пород.
- Б. Горно-технические:
  6. Высота уступов.
  7. Диаметр скважин (тип бурового станка).
  8. Выход негабарита.
  9. Тип ВВ.
  10. Размер кондиционного куска породы.
  11. Применяемое погрузочное оборудование.
  12. Радиус опасной зоны по разлету кусков породы.
  13. Радиус сейсмоопасной зоны.

- 14. Радиус опасной зоны по действию ударных воздушных волн.
- В. Организационно-технические:
  15. Объем породы в серии.
  16. Распределение объемов добычи по уступам.
  17. Режимы организации БВР и погрузочных работ.

Ассоциацией «Взрывпром» совместно с кафедрой разрушения горных пород взрывом Московского государственного горного университета в 2001–2002 гг. впервые была создана программа для разработки различных видов проектной документации на БВР с помощью ЭВМ, учитывающая как совокупное влияние указанных взаимосвязанных факторов на показатели отбойки, так и допустимые уровни воздействия взрывов на инфраструктуру и окружающую среду. Программа учитывает предельный диапазон изменения определяемых параметров и отклонений их фактических значений от проектных, при которых обеспечивается выполнение требований технических заданий в отношении качества и безопасности ведения взрывных работ.

Расчетная часть программы состоит из отдельных модулей для определения всех основных параметров БВР и дает возможность их варьирования исходя из конкретных условий и сделанных ограничений. Ее интерфейсная часть представляет набор диалогов, расположенных в определенном порядке, и обеспечивает возможность ввода, удаления и редактирования исходных данных, а также рассчитываемых параметров БВР и результатов взрывов в зависимости от конкретной горно-геологической обстановки.

В результате расчетов выдаются сетка расположения скважин, их глубина, конструкция зарядов (сплошных и рассредоточенных), схемы взрывания и интервалы замедлений, выход негабарита, параметры развала, радиусы опасных зон по различным негативным воздействиям взрывов. Предусмотрена возможность применения различных ВВ, средств взрывания и иницииро-



Граф связей влияющих факторов: А – геологических; Б – горно-технических; В – организационно-технических. Значения 1–17 приведены по тексту

вания, в том числе и неэлектрических, а также способов дробления негабарита. Рассмотрены типовые схемы организации БВР, условия безопасного взрывания и требования к расчету электровзрывных сетей.

Программа позволяет вести графические построения по выбору конструкции зарядов и боевиков, сеток расположения скважин, схем короткозамедленного взрывания и взрывных сетей. По результатам расчетов выдаются в табличной форме итоговые показатели БВР как на 1 м<sup>3</sup> отбитой горной массы, так и на годовой объем работ.

Созданная программа базируется на результатах статистической обработки данных экспериментальных и промышленных взрывов, выполненных в ассоциации «Взрывпром» и ФГУП «Союзвзрывпром» за период 1990–2001 гг. Учен также положительный опыт применения ранее разработанной в «Союзвзрывпроме» программы для составления с помощью ЭВМ корректировочных расчетов

взрывных работ на карьерах промышленности строительных материалов.

Внедрение наших рекомендаций по прогнозированию результатов взрывов с помощью ЭВМ и с учетом совокупного влияния природных и техногенных факторов обеспечивает существенное повышение эффективности взрывной отбойки. Так, по данным ассоциации «Взрывпром», за счет совершенствования параметров отбойки на четырех участках в Центральном регионе России в IV квартале 2002 г. и I квартале 2003 г. было достигнуто не только снижение выхода негабарита, но повышена надежность получения требуемых результатов взрывов (исследования проведены Центральной производственно-экспериментальной специализированной строительной лабораторией ФГУП «Союзвзрывпром» на карьерах Рязанского филиала ФГУП «Союзвзрывпром» при отбойке известняков VI–VIII групп по СНИПу различной трещиноватости): зафиксировано уменьшение степени колеблемости

трех основных показателей, как известно, достаточно полно характеризующих качество БВР — выхода негабарита, удельного расхода ВВ и дальности разлета кусков породы. Коэффициент вариации первого из указанных показателей при внедрении новых параметров составил 16,7%, второго — 23,8% и третьего — 18,2% и уменьшился соответственно на 8,4; 6,3 и 4,8% по сравнению с производственными взрывами. Пороги по подошве уступов за период наблюдений зафиксированы не были.

Существенное (в среднем на 30–40%) снижение коэффициентов вариации указанных показателей, возможность устранения порогов по подошве уступов и уменьшения выхода негабарита при использовании предлагаемой методики прогнозирования параметров БВР свидетельствует не только об улучшении качества отбойки, но и о повышении надежности получения предусмотренных техническими заданиями результатов взрывов.

## МОСКОВСКИЕ НОВОСТИ



### Межрегиональное сотрудничество в строительстве

Московский строительный комплекс является самым мощным и технически оснащенным в России. Это закономерно, так как столичный статус и географическое расположение Москвы обеспечили ей высокую инвестиционную привлекательность, что позволяет в том числе вести широкомасштабное строительство офисных зданий, жилья различных категорий, спортивных и культурных комплексов, развивать транспортную инфраструктуру. За последние годы московскими строителями накоплен большой опыт внедрения передовых строительных технологий, использования современных эффективных материалов, организации финансирования, взаимодействия со всеми участниками инвестиционного процесса. Целесообразным является распространение этого опыта в регионы, где постепенно также нарастает инвестиционная активность.

В соответствии с соглашениями между Правительством Москвы и органами исполнительной власти городов и регионов России, а также стран ближнего зарубежья о торгово-экономическом, научно-техническом и культурном сотрудничестве в Москве разработана *городская программа межрегионального сотрудничества в сфере строительства*. Ее главная задача — оказание содействия в формировании инвестиционной среды в регионах. Московское правительство бюджетные деньги в строительство в регионах не вкладывает. Строительство жилья и объектов соцкультбыта осуществляется по инвестиционным контрактам с участием как столичных компаний (корпорация «Конти», «Социальная инициатива», компании «С-Холдинг», «Декра», «Главмосстрой-Инвест», «СУ-155» и др.), так и местных проектных и строительных организаций, производителей строительных материалов, финансовых структур.

В 2003 г. в рамках указанной программы было построено 284,8 тыс. м<sup>2</sup> жилья в Тамбове, Ярославле,

Орле, Курске, Якутске, Астрахани, Пскове, Омске, Белгороде, Питкяранте (Республика Карелия), а также в городах Тульской, Калининградской, Рязанской, Тверской и Владимирской областей.

В 2004 г. совместные строительные проекты будут осуществляться в 43 городах России, а также в Монголии, Украине, Аджарии и Латвии. Планируется ввести 420,4 тыс. м<sup>2</sup> жилья. Будут продолжены работы по проектированию и строительству современных гостиниц в Ростове, Рыбинске, Угличе, Переславле-Залесском, Ярославле, Сергиевом Посаде, Туле, Владикавказе и др. Особое место занимают проекты по реконструкции пятиэтажного жилого фонда. Например, в Санкт-Петербурге создана Московская инвестиционно-строительная компания, которая в течение 5–6 лет должна будет реконструировать около 3 млн м<sup>2</sup> старого жилого фонда.

Строительство является системообразующей отраслью народного хозяйства. В первую очередь получают положительный импульс развития местные предприятия промышленности строительных материалов и стройиндустрии, ведь стоимость строительных материалов в объекте не менее 50%. Московские инвесторы вкладывают средства в модернизацию производств, повышение квалификации работников. Востребованными становятся услуги проектных организаций, банков, риэлторских фирм. Развиваются торговля, сфера обслуживания, транспортная инфраструктура, малый бизнес.

Конечно, деятельность столичных инвесторов в регионах не альтруистическая, но и представлять ее как негативную экспансию московского стройкомплекса — дешевый популизм. Опыт показывает, что региональные строительные и производственные организации имеют высокий интеллектуальный и технический потенциал и, усвоив московские уроки, весьма успешно начинают конкурировать со столичными коллегами.

## Конференция «Развитие керамической промышленности России» стала международной

26–27 февраля 2004 г. в Москве в Центре международной торговли на Красной Пресне прошла вторая научно-практическая конференция «Развитие керамической промышленности России». Основной темой, обсуждавшейся на конференции, стала **реконструкция действующих керамических производств**. Организаторами конференции были Госстрой России, редакция научно-технического журнала «Строительные материалы»® и Центр информации и экономических исследований в стройиндустрии при участии выставочной компании «Экспо-груп». Санкт-Петербургская группа ЛСР выступила спонсором конференции.



В.Н. Юсина, директор по производству и технологии ОАО «Ленстройкерамика» (Санкт-Петербург)



Г.Я. Шаевич, зам. директора по науке Института новых технологий и автоматизации ПСМ (Омск)



Жак Теста, глава представительства фирмы «CERIC» (Франция) в странах СНГ

В конференции приняли участие более 120 руководителей и специалистов предприятий керамической промышленности, проектно-конструкторских организаций, ученые вузов и научно-исследовательских институтов из Москвы, Санкт-Петербурга, Московской, Ленинградской, Белгородской, Волгоградской, Ивановской, Калининградской, Костромской, Нижегородской, Новгородской, Омской, Пермской, Ростовской, Самарской, Свердловской, Томской, Тюменской, Ульяновской, Челябинской и Ярославской областей, Краснодарского и Ставропольского краев, республик Башкортостан, Карелия, Северная Осетия, Удмуртия, Чувашия.

В приветствии заместителя председателя Госстроя России Л.С. Бариновой, в частности, было отмечено, что одной из главных проблем отрасли является высокий износ основных фондов. Морально и физически устаревшее оборудование не позволяет предприятиям выпускать конкурентоспособную продукцию широкой номенклатуры высокого качества, востребованной строительным рынком. Кроме того, в условиях постоянного повышения стоимости всех видов ресурсов – электроэнергии, газа, угля, сырья и даже техногенных отходов – на устаревшем оборудовании невозможно достичь приемлемых экономических показателей произ-

водства. Конференция «Развитие керамической промышленности России» фактически стала международной. В ней приняли участие представители машиностроительных фирм из Франции, Германии, США, а также крупнейшие разработчики и производители оборудования для керамической промышленности из Республики Беларусь.

На конференции было заслушано более 25 докладов. Более половины из них были непосредственно посвящены вопросам технического перевооружения действующих производств. Директор института ЮЖНИИстром **Н.Г. Гуров** и заведующий отделом новых технологий ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова **В.А. Кондратенко** солидарны во мнении, что главным при планировании реконструкции действующих керамических производств является вопрос исследования перспективной сырьевой базы, так как именно сырье определяет способ формования и всю технологическую цепочку.

Заведующая отделом керамических материалов ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова **Г.Я. Дуденкова** отметила, что в структуре промышленности керамических стеновых строительных материалов более половины общего объема производит 15% предприятий мощностью более



15 млн шт. усл. кирпича в год. Предприятия мощностью до 5 млн шт. усл. кирпича в год составляют 40%. При этом многие предприятия керамической промышленности, особенно малой и средней мощности, часто требуют не просто реконструкции, а полного восстановления.

Обследования, проведенные специалистами института, показали, что на многих сезонных заводах кольцевые печи находятся в удовлетворительном состоянии. Для таких предприятий разработана схема реконструкции в два этапа. Вначале осуществляется привязка приемного, подготовительного, формовочного и сушильного отделений к существующей печи. На втором этапе разрабатывается проект и строительство туннельной печи параллельно основному производству с целью увеличения производительности до 15 млн шт. усл. кирпича в год.

По данным специалистов ВНИИ-СТРОМ, самый низкий технический уровень старых технологических линий имеют сушильные агрегаты. Для туннельных сушилок разработаны схемы модернизации, которые позволяют уменьшить удельный расход тепла на 30–35%, улучшить качество высушенных изделий и создать условия для работы существующих сушилок в составе автоматизированных линий по производству кирпича.

При реконструкции действующих туннельных печей в основном приходится решать следующие задачи: уменьшение перепада температуры по вертикали обжигового канала в зоне подготовки; замена горелочных устройств; внедрение системы контроля и автоматизации печи.

Большой интерес производителей вызвал доклад заместителя генерального директора НИИСтроммаш **В.Б. Рабиновича**. Он рассказал о работе института, посвященной реконструкции так называемых болгарских кирпичных заводов. Всего в отрасли работает около 50 таких за-

водов. НИИСтроммаш разработал технологию их реконструкции, налажил взаимодействие с болгарскими производителями оборудования.

Представители зарубежных фирм CERIC, Keller, Lingl представили свои работы последних лет за рубежом и в России. В последнее время эти фирмы готовы рассматривать не только проекты нового строительства комплектов заводов, но и модернизации технологических переделов, поставку отдельных единиц оборудования. Глава представительства в России французской фирмы CERIC господин **Жак Теста** особенно предостерег российских коллег от приобретения оборудования, бывшего в употреблении. Он отметил, что цикл обновления технологического оборудования за рубежом 5–7 лет, поэтому, покупая агрегаты 10–15-летней давности, гарантированно приобретается морально устаревшее оборудование.

Впервые за последние годы на таком крупном профессиональном форуме было представлено белорусское оборудование для керамической промышленности, которое многие производственники не без основания называют отечественным. Новые разработки были представлены директором НТЦ «Строммаш» **Г.Н. Малиновским**. Об оборудовании, выпускаемом серийно, рассказал технический директор Могилевского завода «Строммашина» **С.М. Старовойтов**. Он отметил, что работа по созданию нового и совершенствованию традиционного оборудования для кирпичной промышленности ведется в тесном контакте с производственниками. Например, пресс СМК-482, формирующий кирпич методом жесткой экструзии, длительное время испытывался на действующих украинских заводах. Все поступавшие от специалистов предприятий замечания были учтены при создании новой модификации. Усовершенствованы вальцы СМК-339 и СМК-342.



В.Б. Рабинович, главный инженер НИИСтроммаш (г. Гатчина Ленинградской обл.)



Ю.А. Гончаров, д-р техн. наук, зав. кафедрой технологии керамики и огнеупоров БГУ (Белгород)



Р.З. Берман, представитель фирм «J.C. Steele & Sons» (США) и «Händle GmbH» (Германия) в СНГ



Г.Н. Малиновский, д-р техн. наук, директор НТЦ «Строммаш» (Могилев, Республика Беларусь)

Большой интерес специалистов вызвали доклады, посвященные модернизации тепловых агрегатов, совершенствованию процессов сушки и обжига. Заместитель генерального директора «Союзтеплострой» **Г.М. Мартыненко** рассказал, что в тесном контакте с предприятиями промышленности строительных материалов работает несколько подразделений фирмы. Постоянно ведутся обследования печных агрегатов, в том числе построенные зарубежными фирмами. Специалисты «Союзтеплострой» могут предложить как типовые технические решения по увеличению производительности печи, переводу ее на другой вид энергоносителя, так и нестандартные решения нестандартных проблем. Несколько дочерних предприятий в разных регионах России, укомплектованные высококвалифицированными специалистами, могут выполнить проектирование и строительство новой печи «под ключ».

Заместитель директора по науке УралНИИСтромпроект **Р.Я. Ахтямов** в своем выступлении отметил, что одним из эффективных способов отставания позиций керамического кирпича на строительном рынке может стать производство кладочных систем. В такую систему кроме собственно высококачественного кирпича широкой номенклатуры должны входить: «теплый» кладочный раствор, цветные смеси для расшивки швов, а также проекты типовых решений кладки, в том числе с использованием ячеистого бетона или других эффективных материалов.

Профессиональное обсуждение широкого круга проблем керамической промышленности, обмен мнениями и производственным опытом стали основой для выработки решения конференции.

В нем отмечено, что несмотря на имеющиеся технические и технологические новинки, научно-технический потенциал подотрасли раздроблен, не нацелен на решение конкретных общепромышленных задач. Это не позволяет рассчитывать в ближайшее время вывести кирпичную промышленность на уровень хотя бы современного европейского. Главной причиной низких темпов технического перевооружения предприятий по производству строительной керамики является, по мнению многих специалистов, низкая инвестиционная привлекательность.

Керамический кирпич постепенно теряет свои позиции на строительном рынке, особенно в массовом строительстве. Из стеновых конструкций его вытесняют монолитные и штучные эффективные материалы —

ячеистый бетон, полистиролбетон, многослойные конструкции с минераловатным или полимерным утеплителем и др. В качестве облицовочного материала лицевому кирпичу приходится конкурировать с навесными фасадами, системами скрепленной теплоизоляции фасадов и др. Кроме того, низкокачественная продукция некоторых производителей кирпича, да еще неграмотная примененная, постоянно дает повод для формирования образа недолговечного и малоперспективного, отжившего свое материала.

В то же время многие предприятия подотрасли активно развиваются, внедряют новые технологии производства кирпича на действующих предприятиях, ищут средства для приобретения отдельных единиц и комплектного импортного оборудования, расширяют номенклатуру продукции и повышают ее качество, уделяют большое внимание внедрению новых видов керамических материалов в современное строительство.

Большое беспокойство участников конференции было выражено по поводу неудовлетворительного развития нормативно-технической документации подотрасли. Данная ситуация обострилась с ужесточением теплотехнических норм для ограждающих конструкций. До настоящего времени технические свидетельства о пригодности систем утепления наружных стен в строительстве на территории России оформляются без проведения комплекса испытаний их несущей способности и долговечности.

Участники конференции отметили, что вопросы разработки и утверждения нормативной документации для строительства, в частности для промышленности строительных материалов, в условиях рыночной экономики должны выйти на новый уровень. Еще более актуальной становится совместная работа при разработке нормативных документов специалистов отраслевых институтов и производственных предприятий.

Вновь активно обсуждался вопрос о создании действенного объединения предприятий и организаций керамической подотрасли промышленности строительных материалов. Было отмечено, что имеющиеся отраслевые ассоциации производителей кирпича и производителей оборудования не ведут необходимой работы для решения отраслевых проблем. Однако на конференции не было принято кардинальных решений по созданию нового объединения кирпичников.

Специалисты отрасли выразили благодарность редакции журнала «Строительные материалы»<sup>®</sup> за постоянное освещение проблем и достижений отечественной керамической промышленности. Высокую оценку получила новая книга авторского коллектива из РХТУ им. Д.И. Менделеева под руководством профессора И.Я. Гузмана «Химическая технология керамики», а также очередной дайджест серии «Совершенствование строительных материалов» — «Керамические строительные материалы», изданные нашим издательством. Было принято решение проводить конференцию не реже одного раза в год.



Делегация керамических предприятий группы ЛОР и сотрудники редакции журнала «Строительные материалы»<sup>®</sup>

И.Ф. ШЛЕГЕЛЬ, директор, Г.Я. ШАЕВИЧ, зам. директора по науке,  
В.Е. МИРОШНИКОВ, зам. главного конструктора,  
Л.А. КАРАБУТ, канд. техн. наук, главный технолог, Г.В. ТИТОВ, нач. отдела,  
В.Г. ИВАНОВ, А.Л. БЛИНОВ, инженеры-теплотехники Института новых технологий  
и автоматизации промышленности строительных материалов (Омск)

## Скоростной обжиг кирпича – миф или реальность?

На ежегодных научно-технических конференциях керамистов, проводимых в Москве в конце февраля, уже второй раз поднимается вопрос о возможности осуществления скоростного обжига кирпича. Автор критики скоростного обжига В.А. Кондратенко (ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова) в личных выступлениях и печатных работах [1] принципиально не соглашается с этой концепцией, ссылаясь на публикации последних лет о создании различного оборудования для ускоренного обжига керамики. Однако работы о скоростном обжиге керамики ведутся, а их результаты публикуются уже более сорока пяти лет.

Еще в 1958 г. М.Г. Лундиной, П.И. Беренштейном и Г.С. Блох [2] было показано, что «в период упругих деформаций (до 850°C) допустимая скорость нагрева кирпича нормального размера весьма высока, в среднем составляет около 300°C/ч и колеблется в отдельные температурные интервалы для различного сырья и масс в пределах 150–1000°C/ч».

В 1962 г. в своей монографии известный специалист по обжигу К.А. Нохратян [3] приводит диаграмму обжига, которую мы считаем полезным привести полностью (рис. 1).

Как видно из рис. 1, рассмотрены два режима охлаждения кирпича за 280 мин, который К.А. Нохратян считает медленным, и за 100 мин – трехступенчатый быстрый режим. При быстром режиме общая продолжительность обжига составляет 400 мин (6,7 ч), при медленном режиме – 590 мин (9,8 ч). Для кирпича, полученного из бескудниковской глины, при быстром обжиге прочность при сжатии была выше, чем для медленного обжига, и составляла в среднем 280 кг/см<sup>2</sup>.

По данным П.И. Беренштейна, опубликованным в 1964 г. [4], на отдельных участках температурной кривой обжига предельно допустимые перепады температур могут изменяться в зоне подогрева от 150°C до 900°C, в зоне охлаждения – от 120°C до 800°C.

В 1969 г. рядом авторов [5, 6] отмечалось, что «имеются реальные возможности получения высокого качества при коротких сроках об-

жига (6–8 ч). Следовательно, скорость обжига в промышленных печах лимитируется не технологическими свойствами сырья, а конструкцией печей и условиями теплопередачи в них».

В 1970 г. П.И. Беренштейн опубликовал [7] результаты экспериментальных исследований скоростных режимов однорядного обжига в девятиметровой роликовой печи конструкции НИИСТРОЙКерамики. Испытанию подверглись кирпич и камни керамические пустотные с толщиной стенок 20 мм, перегородок – 16 мм. Продолжительность обжига кирпича составляла 75 мин, камней – 150 мин. Такие ультраскоростные режимы получены при продувке кирпича вдоль пустот.

А.Г. Голубчин в 1972 г. дал аналитическое обоснование [8] времени обжига эффективной керамики. По его расчетам суммарное время обжига составляет 281,2 мин.

В 1974 г. Е.В. Чернявский [9] сообщил, что на опытном заводе ВНИИСТРОМ построена опытная технологическая линия, состоящая из щелевых сушилок и печи. Туннельная щелевая печь для однорядного обжига кирпича построена на заводе «Спартак» Латвийской ССР. Донецким ПКБ разработан проект многоканальной щелевой печи, где предусмотрен обжиг в течение 4 ч. Специалисты из института ВНИИТеплоизоляция [10] за счет внедрения ряда мероприятий на типовой туннельной печи сократили цикл обжига до 26 ч.

В 1975 г. Е.Ш. Шейнман и Е.Е. Сыров опубликовали [11] результаты исследований полупромышленной щелевой печи, построенной на опытном заводе ВНИИСТРОМа.

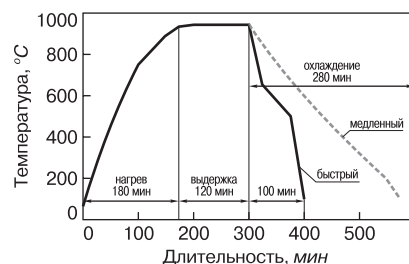


Рис. 1. Диаграмма обжига кирпича из [3]

При обжиге керамических камней из глин Гжельского, Кружлянского, Норского и других месторождений в течение 6–8 ч получены изделия марок М100–М200.

В 1976 г. С.А. Блох из Института газа Академии наук УССР [12] дал анализ режима скоростного обжига, в котором показал, что «расчетная длительность нагрева и охлаждения полнотелого кирпича сопоставима с опытными режимами обжига, отмечается хорошее совпадение результатов». Длительность обжига для полнотелого кирпича различных глин составляет от 5,87 до 9,1 ч.

В 1982 г. специалистами МИСИ [13] был предложен 6-часовой цикл обжига для кирпича из гжельской глины.

В 1991 г. специалистами Ташкентского НИИСтромпроекта [14] было установлено, что кирпич из лессовой массы с добавкой 20% ангренской глины можно обжигать за 7 ч.

Мы ссылаемся на экспериментальные данные 22 известных ученых по вопросу скоростного обжига, так как приходится доказывать очевидные вещи: скоростной обжиг необходимо проводить в потоке горячих газов, а не в муфельной печи, в которой В.А. Кондратенко получил за 16 ч «жареную глину».

В связи с изложенным закономерно возникает вопрос: почему столь заманчивые режимы обжига до сих пор не внедрены в промышленность?

В туннельных печах из-за температурных перепадов по сечению канала применять скоростные режимы весьма проблематично. Роликовые печи, в которых возможно осуществление скоростного режима, из-за малых сечений канала имеют

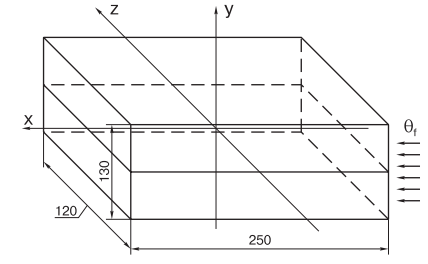


Рис. 2. Лимитирующий элемент садки – два кирпича, уложенных на плашок

плохие тепло-технические характеристики. Основным недостатком – большой удельный расход топлива.

Учеными и конструкторами Института новых технологий и автоматизации промышленности строительных материалов в 1993 г. предложены шахтные обжиговые печи [15]. Одна из таких печей – ШЛ 106 – была построена в п. Серебряные пруды Московской области, и четыре канала печи были запущены в 1997 г. Был получен кирпич марки М175, цикл обжига составлял 10–12 ч, удельный расход топлива – до 120 г на один кирпич. О результатах этой работы сообщалось [16]. Печь проработала два с половиной года и была остановлена вместе с закрытием завода в 2000 г. Из-за передела собственности прежние хозяева (ООО «Мосбрик», директор А.Г. Коркин) были вынуждены покинуть завод, который до настоящего времени не работает.

При испытании шахтной печи ШЛ 106 были сняты такие вопросы, как:

- устойчивость садки во время перемещения;
- выбор оптимального рисунка садки;
- возможность осуществления режима обжига, близкого к скоростному;
- достижение заявленных тепло-технических параметров печи;
- достижение высокого качества обжига.

Несмотря на положительные результаты испытания печей ШЛ 106 и имея весь спектр проектов этих печей на любую производительность, мы их не предлагаем к внедрению в кирпичную промышленность, так как считаем этот вариант промежуточным, не решающим вопрос полной автоматизации производства.

В настоящее время заканчивается работа над полностью автоматизированной линией обжига кирпича ШЛ 320 [17] и в ближайшее время планируется начать строительство автоматизированного завода на базе комплекса ШЛ 300.

Специалистами нашего института разработана методика математического моделирования температурно-временных режимов обжига полнотелого кирпича в вертикальных (шахтных) обжиговых печах.

Дифференциальное уравнение, описывающее температурное поле в соответствии с [18, 20], имеет вид:

$$\frac{\partial \theta}{\partial (F_0)} = \Delta^2 \theta. (1)$$

В вышеприведенном уравнении и далее по тексту:

$$\theta = \frac{t - t_f}{t^1 - t_f}$$

– безразмерная температура;  $t = t(x, y, z, \tau)$  – температурное поле образца, град;  $t^1$  – начальная температура образца, град;  $t_f$  – температура газового потока, град;  $x, y, z$  – координаты, м;  $\tau$  – время, с;

$$\Delta^2 = \frac{\partial^2}{\partial X^2} + \frac{\partial^2}{\partial Y^2} + \frac{\partial^2}{\partial Z^2}$$

– оператор Лапласа;  $X = x/\delta$ ;  $Y = y/\delta$ ;  $Z = z/\delta$  – безразмерные координаты;  $\delta$  – характерный размер, м;  $F_0 = a\tau/\delta^2$  – критерий Фурье (безразмерное время);  $a$  – коэффициент теплопроводности образца, м<sup>2</sup>/с.

Уравнение (1) имеет бесконечное множество решений. Чтобы из множества решений данного уравнения выделить единственное, однозначно характеризующее рассматриваемый процесс, необходимо к уравнению (1) присоединить дополнительные (краевые) граничные (2) и начальные условия (3).

Граничные условия третьего рода согласно [18, 20]:

$$\frac{\partial \theta}{\partial N} = Bi(\theta - \theta_f) (2)$$

где  $Bi = \alpha\delta/\lambda$  – критерий Био (безразмерный коэффициент теплоотдачи);  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности образца, Вт/(м·°С);  $N = n/\delta$  – нормаль к поверхности образца;  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м<sup>2</sup>·°С);

$$\theta_f = \frac{t_f}{t^1 - t_f}$$

– безразмерная температура газового потока.

Начальные условия:  $F_0 = 0, \theta = 1$  (3).

Эти условия могут быть определены либо непосредственно из эксперимента, либо заданы в виде закономерностей, полученных на основании обобщения экспериментальных данных [19, 20].

Составим систему уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \theta}{\partial (F_0)} &= \Delta^2 \theta \\ \frac{\partial \theta}{\partial N} &= Bi(\theta - \theta_f) \\ F_0 = 0, \theta &= 1 \end{aligned} \right\} (4)$$

В теории теплопроводности существует метод, известный как теорема о перемножении решений [18]. Исследуемый образец (рис. 2) – тело конечных размеров, которое можно рассматривать как тело, образованное пересечением трех неограниченных взаимно перпендикулярных пластин конечной толщины.

При этом безразмерная температура образца равна произведению безразмерных температур трех безграничных пластин. Следовательно:

$$\theta = \theta_x \cdot \theta_y \cdot \theta_z (5)$$

где  $\theta_x, \theta_y, \theta_z$  – безразмерные температуры трех безграничных пластин разной толщины, определяемые следующим образом:

$$\begin{aligned} \theta_x &= \frac{t(x, \tau) - t_f}{t^1 - t_f}; \\ \theta_y &= \frac{t(y, \tau) - t_f}{t^1 - t_f}; \theta_z = \frac{t(z, \tau) - t_f}{t^1 - t_f}. \end{aligned} (6)$$

Значения  $\theta_x, \theta_y, \theta_z$  находим методом разделения переменных (временной и пространственной) [18, 20].

Окончательно уравнение (5) примет вид:

$$\theta = F_x \left( \frac{x}{\delta_x}, \frac{a\delta_x}{\lambda}, \frac{a\tau}{\delta_x^2} \right) \cdot F_y \left( \frac{y}{\delta_y}, \frac{a\delta_y}{\lambda}, \frac{a\tau}{\delta_y^2} \right) \cdot F_z \left( \frac{z}{\delta_z}, \frac{a\delta_z}{\lambda}, \frac{a\tau}{\delta_z^2} \right) (7)$$

или

$$\theta = F_x(X, Bi_x, F_{0x}) \cdot F_y(Y, Bi_y, F_{0y}) \cdot F_z(Z, Bi_z, F_{0z}). (8)$$

Решение выражения (8) удовлетворяет системе уравнений (4) и определяет температуру в образце садки в любой точке, в любой момент времени. Результаты расчетов представлены на рис. 3.

Из графика, представленного на рис. 3, следует, что образец на выходе из шахтной печи имеет температуру 140°С в центре и 20°С на поверхности. Дальнейшее охлаждение происходит при естественной конвекции (рис. 4), при этом температура на поверхности образца не поднимается выше 62°С.

Таким образом, метод математического моделирования температурно-

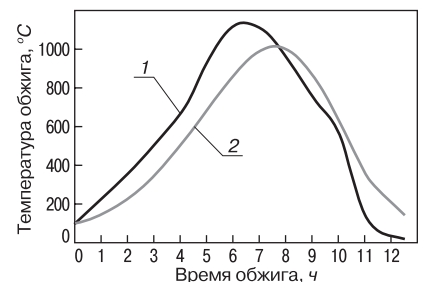


Рис. 3. Зависимость температуры образца от времени обжига в шахтной печи. Температура: 1 – поверхности образца, 2 – в центре образца

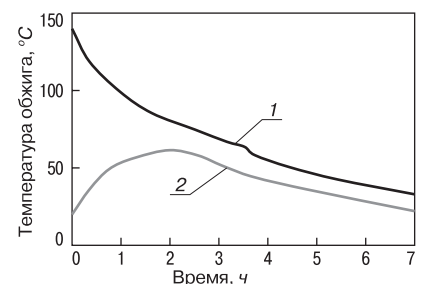


Рис. 4. Температурное поле образца при остывании в условиях естественной конвекции. Температура: 1 – поверхности образца, 2 – в центре образца



временных режимов обжига полнотелого кирпича подтвердил возможность скоростного процесса, который лимитируется не только технологическими свойствами глин, но и конструкцией печей, а также условиями теплообмена.

В заключение следует отметить, что основной целью совершенствования разработанных нами печей является сокращение потребления топлива при обжиге, а не достижение суперскоростных режимов обжига. По нашим расчетам потребление топлива в новой линии обжига кирпича ШЛ-320 составит менее 120 г на один кирпич, что в 2–3 раза меньше, чем в существующих печах.

#### Список литературы

1. Кондратенко В.А., Пешков В.Н., Следнев А.В. Проблемы строительства и реконструкции кирпичных производств // Строит. материалы. 2004. № 2. С. 3–5.
2. Лундина М.Г., Беренштейн П.И., Блох Г.С. Производство кирпича методом полусухого прессования. М.: ГИЛСАСМ. 1958.
3. Нохратян К.А. Сушка и обжиг в промышленности строительной керамики. М.: Стройиздат. 1962.
4. Беренштейн П.И. Труды НИИ-Стройкерамики. Вып. 23. 1964. С. 36.
5. Шейнман Е.Ш. Усовершенствование конструкций тепловых агрегатов и режимов обжига при производстве кирпича. М.: 1969.
6. Наумов М.М., Каткаев И.С., Буз М.А., Шейнман Е.Ш. Технология глиняного кирпича. М.: Стройиздат. 1969.
7. Беренштейн П.И. Скоростной однорядный обжиг лицевого кирпича и керамических камней // Строит. материалы. 1970. № 10.
8. Голубчин А.Г. Аналитическое исследование обжига эффективной керамики // Строит. материалы. 1972. № 9. С. 29.
9. Чернявский Е.В. Производство глиняного кирпича. М.: Стройиздат. 1974.
10. Ярулайтис В.И., Матюкас Ш.И., Рамонене И.А. Улучшение режима обжига керамических стеновых материалов в типовых тоннельных печах // Строит. материалы. 1974. № 7. С. 6.
11. Шейнман Е.Ш., Сыоров Е.Е. Исследование обжига лицевого изделия в шелевых печах // Строит. материалы. 1975. № 3. С. 33.
12. Блох С.А. Термоупругие напряжения в изделиях стеновой керамики при их обжиге // Строит. материалы. 1976. № 2. С. 27.
13. Фокин Г.А., Кудрявцева Е.Г., Роговой М.И. Исследование и расчет скоростных режимов обжига стеновой керамики методом акустической эмиссии // Строит. материалы. 1982. № 2. С. 24.
14. Валишев Р.Ш., Цепелева В.Л., Райвич Р.М. Низкотемпературный скоростной обжиг кирпича // Строит. материалы. 1991. № 1.
15. Шлегель И.Ф., Соколова В.В. Шахтные обжиговые печи // Строит. материалы. 1993. № 5. С. 16.
16. Шлегель И.Ф. Комплекс ШЛ 300 – кирпичный завод третьего поколения // Строит. материалы. 2001. №2. С. 8.
17. Шлегель И.Ф., Гришин П.Г., Мирошников В.Е., Степанов М.Ю., Титов Г.В., Войцещук И.В. Линия обжига кирпича ШЛ 320 // Строит. материалы. 2003. № 3. С. 30.
18. Новиков И.И., Воскресенский К.Д. Прикладная термодинамика и теплопередача. М.: Госатомиздат. 1961. С. 548.
19. Аббакумов В.Г. Теплопередача на продольных и торцовых поверхностях садки изделий // Огнеупоры. 1967. № 1. С. 21.
20. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. М.: Энергия. 1973.

## СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ



### главная выставка керамической промышленности



На все вопросы  
об участии в поездке  
вам ответят специалисты  
компании «ЭКСПО-груп»:

Россия, 125040 Москва,  
ул. Скаковая, д. 17, стр. 2, оф. 3401

Телефон/факс: (095) 945-50-92,  
945-50-84, 945-50-24

e-mail: [expo-grup@mcn.ru](mailto:expo-grup@mcn.ru)

1–5 октября 2004 г. в итальянском курортном городе Римини пройдет 19-я Международная выставка технологий и оборудования для керамической промышленности TERNARGILLA-2004. Ее традиционно организуют выставочная организация «Rimini Fiera» и итальянская ассоциация производителей машин и оборудования для керамической промышленности ACIMAC.

Ожидается, что TERNARGILLA-2004 привлечет еще больше участников и посетителей, чем предыдущая выставка, на которой экспонировала свои разработки и продукцию 801 фирма на площади более 80 тыс. м<sup>2</sup>, а посетили выставку около 30 тыс. специалистов из 84 стран мира.

На выставке TERNARGILLA-2004 стартует новый проект – технологии, наука и инновации для кирпичной и черепичной промышленности (Claytech). В 2002 г. эта тематика объединила более 100 фирм. На предстоящей выставке новому проекту выделено два павильона. В программе Claytech также специализированные конференции и семинары.

На TERNARGILLA-2004 будет развиваться успешно стартовавшая в 2002 г. выставка Kromatech. На ней будут широко представлены пигменты, технологии их производства и применения, новые тенденции в дизайне керамических материалов.

Компания «ЭКСПО-груп» и редакция журнала «Строительные материалы»® приглашают руководителей и специалистов предприятий промышленности строительных материалов принять участие в деловой поездке на международную выставку TERNARGILLA-2004.

Участие в составе российской делегации дает возможность вашей фирме воспользоваться услугами квалифицированного переводчика, провести деловые встречи, наладить партнерские отношения с фирмами – производителями оборудования. Предусмотрена культурная программа.

Ю.И. ГОНЧАРОВ, д-р техн. наук, Н.В. ГОРДОВА, инженер  
(Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова)

## Разработка технологии лицевого керамического кирпича на основе высокожелезистых глин Актюбинского месторождения (Казахстан)

Актюбинское месторождение глин находится в надпойменной террасе, сложенной лессовидными глинами и суглинками, с прослоями аллювиальных галечников и песка.

Исследования проводились на основе разрезов четырех участков, с каждого из которых было отобрано по 8 проб с глубины от 1 до 8 м. Глины месторождения отличаются сложным и изменчивым минералогическим составом как по глубине, так и по простиранию.

По данным рентгенофазового анализа, основные минералы представлены галлуазитом ( $d/n_{001}$ , Å – 7,3–7,4); каолинитом ( $d/n_{001}$ , Å – 7,16–7,2); монтмориллонитом ( $d/n_{001}$ , Å – 14,7–16,6) и кварцем ( $d/n$ , Å – 4,287; 3,361; 2,463; 2,289; 2,134; 1,988; 1,823; 1,679; 1,664; 1,545). Минералы-примеси: гетит ( $d/n$ , Å – 4,17; 2,711; 2,056; 1,69); иллит ( $d/n_{001}$ , Å – 10); полевой шпат ( $d/n$ , Å – 3,26; 3,200; 3,17). В некоторых пробах были обнаружены сидерит и гипс.

Общая закономерность изменения минералогического состава такова: в верхних горизонтах преобладают галлуазитово-каолинитовые глины, часто с очень высоким содержанием железа (до 10–12%  $Fe_2O_3$ ), в нижних – монтмориллонит-галлуазит-каолинитовые. На четвертом участке в интервале 4–6 м глины в сильной степени запесочены (суглинки).

Химический состав глин Актюбинского месторождения представлен в табл. 1. Наиболее высокое содержание железа характерно для первого и четвертого участков. По содержанию  $Al_2O_3$  (18–24%) глины относятся к полукислым легкоплавким разностям. Содержание CaO не превышает 1,2%.

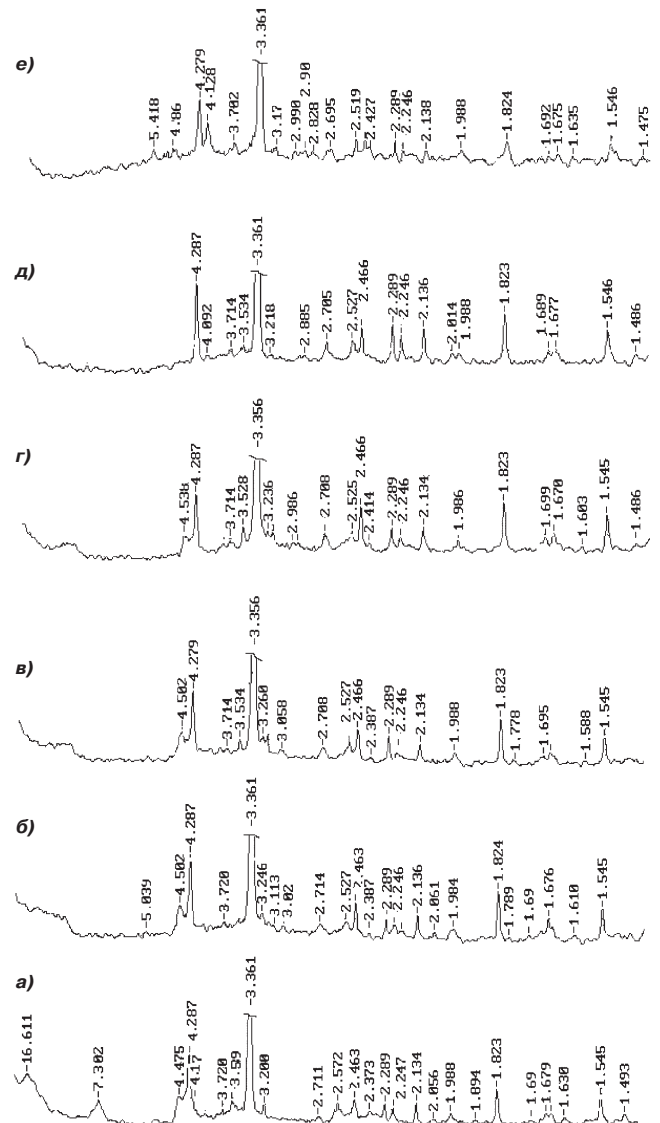
По гранулометрическому составу преобладающее значение в исследуемых глинистых отложениях принадлежит частицам меньше 0,01 мм, содержание которых колеблется от 22,6 до 86,8%, в среднем составляя 55%; содержание пылеватых фракций (0,25–0,01 мм) – 40%. Содержание песчаных частиц более 0,25 мм не превышает 5%.

Образцы в форме кубиков размером 50×50×50 мм и балок размером 60×15×10 мм готовили методами полусухого и пластического формования.

В процессе экспериментальных исследований определялись формовочная влажность, пластические свой-

ства, чувствительность глин к сушке, воздушная усадка, физико-механические свойства образцов после обжига.

По числу пластичности глины относятся к высокопластичным. По степени чувствительности к сушке глины участков № 1, 2 относятся к глинам средней чувствительности, глины участков № 3 и 4 – к глинам малой чувствительности к сушке.



Рентгенограммы продуктов термообработки масс на основе глин Актюбинского месторождения. Температура обжига: а – исходная проба, б – 600°C, в – 700°C, г – 800°C, д – 900°C, е – 1050°C

Таблица 1

№ участка	Содержание компонентов, мас. %							
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п.
1	56,32	18,2	11,55	1,09	0,88	0,34	2,51	9,11
2	60,66	17,96	7,5	1,23	1,36	0,5	2,31	8,48
3	52,12	23,92	8,92	0,96	0,36	0,62	1,44	11,66
4	53,18	21,33	11,35	1,09	0,68	0,74	1,35	10,28

Таблица 2

№ участка	Добавка 15%	Усадка линейная воздушная, %	Усадка линейная огневая, %	Предел прочности при сжатии, МПа	Водопоглощение, %	Пористость открытая, %	Плотность кажущаяся, г/см <sup>3</sup>	Морозостойкость, циклы
1	0	-9,8	-4,3	-30,7	-8,5	-18,1	-2,1	-/25
2	0	0,7/8,5	2,2/3,6	37/21,3	10,5/7,5	21,7/16,1	2/2	50/50
3	0	0,4/8	3,3/4,6	34,5/25,3	13,5/9	27/18,5	2/2	15/25
4	0	0,6/8,4	2,8/4,4	25/17,2	14,4/11,7	28,3/22,6	2/1,9	10/15
1	кварцевый песок	-7,4	-1,8	-11,9	-12,2	-24,3	-/2	-/15
2	кварцевый песок	0,3/7,5	0,8/1,4	17,3/12,2	12,3/11,4	23,8/22,5	1,95/2	15/25
3	кварцевый песок	0,2/6,1	1,3/1,8	19,1/13,5	15,2/15,8	29,5/29,6	1,94/1,8	4/12
4	кварцевый песок	0,3/6,3	1,2/1,4	16/11	14,8/15,4	28,9/27,5	1,95/1,9	9/12
1	шлак	-6,4	-1,4	-18,9	-11,1	-21,3	-/2	-/25
2	шлак	0,3/6,4	2/1,2	30,8/19	10,9/11,5	22,4/21,3	2/2	>50/25
3	шлак	0,3/5,5	2,7/1,8	42,7/17,5	13,5/16,5	27/31,1	2/1,9	17/15
4	шлак	0,3/5,9	2,4/1,5	25,1/11	13,4/16	27/30,9	2/1,9	9/15

**Примечание.** Давление прессования 30 МПа. Перед чертой – полусухое формование, за чертой – пластическое формование.

Процесс фазовых превращений и обработка режимов обжига изучались по усредненным пробам четырех разрезов в интервале температур 600–1050°C. Рентгенофазовый анализ проб на примере второго разреза показал, что при 600°C (рис. 1а) исчезают отражения, характерные для монтмориллонита, и базальные отражения 001, характерные для каолинита и галлуазита, в результате их перехода в рентгеноаморфный метакаолинит. Появляются отражения, характерные для гематита, что свидетельствует о разложении гидроксида железа (гетита). С увеличением температуры интенсивность отражений гематита возрастает. При температуре 800°C (рис. 1г) наблюдается незначительное увеличение содержания анортита, вызванное тем, что продукты разложения метакаолинита вступают во взаимодействие с оксидом кальция. При температуре 900°C (рис. 1д) избыток кремнезема, образовавшийся в результате разложения монтмориллонита, выделяется в виде низкотемпературного кристобалита ( $d/n, \text{Å} - 4,092$ ). При 1050°C (рис. 1е) появляются отражения, характерные для муллита ( $d/n, \text{Å} - 5,418; 2,9; 2,289$ ) и магнетита ( $d/n, \text{Å} - 4,86; 2,99; 2,519; 1,635$ ), который образуется за счет частичного окисления гематита.

Таким образом, кристаллические фазы при температуре обжига 1050°C представлены кварцем, гематитом, анортитом, муллитом, магнетитом и кристобалитом.

Аналогичный ход фазовых превращений характерен и для глин других трех разрезов. Отличие заключается в том, что в глинах первого и четвертого разрезов после термической обработки при 1050°C наблюдается более высокое содержание кристобалита и гематита.

Высокие физико-механические свойства образцов проявляются уже при температуре обжига 600–800°C. Однако все образцы отличались невысокой морозостойкостью. Наиболее высокую морозостойкость при полусухом способе формования показали образцы второго и третьего разрезов, полученные при температуре обжига 1050°C, которая является в этом случае оптимальной. В связи с тем, что глины первого разреза отличались высокой пластичностью из-за высокого содержания монтмориллонита, дальнейшее их исследование при полусухом способе формования оказалось проблематичным.

Анализ химического состава глин и фазового состава образцов показал, что морозостойкость находится в прямой зависимости от содержания железа в исходных пробах и кристобалита в обожженных образцах (табл. 1, рис. 1е). Чем больше гематита и кристобалита, тем хуже морозостойкость. Наиболее высокая морозостойкость характерна для образцов второго и третьего разрезов, содержащих наименьшее их количество. Не исключено, что повышенное содержание железа в керамических образцах способствует более интенсивному переходу кварца в  $\alpha$ -кристобалит, последующий переход которого при понижении температуры в  $\beta$ -модификацию нарушает внутреннюю структуру изделий. Не исключено, что этому процессу способствует и частичное восстановление гематита, о чем свидетельствует появление в продуктах обжига магнетита.

Результаты физико-механических испытаний образцов, обожженных при температуре 1050°C, приведены в табл. 2. Введение минеральной добавки в количестве от 10 до 20% в виде гранулированного доменного шлака приводит к увеличению морозостойкости образцов ( $F > 50$ ). Добавка песка в тех же количествах снижает все показатели в два раза (табл. 2).

Сходные прочностные характеристики образцов были получены при пластическом способе формования. Однако достаточно высокую морозостойкость керамические образцы показали уже после обжига при температуре 950–1000°C ( $F = 20-30$ ). При этом образцы в значительном количестве содержали высолы.

Для ликвидации высолов использовалась добавка углекислого бария в количестве 0,5 и 1%. Наиболее эффективные результаты были получены с добавлением 1%  $\text{BaCO}_3$ .

В связи с высоким содержанием растворимых солей в исследуемых глинах более перспективным является метод полусухого формования, позволяющий получить высококачественный лицевой керамический кирпич с маркой не менее 150. Добавка гранулированного доменного шлака в количестве 10–20% способствует увеличению морозостойкости ( $F > 50$ ). Предельным содержанием  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в глинах следует считать 7–8%. При более высоком содержании железа происходит ухудшение физико-механических характеристик.

Е.В. КУЗНЕЦОВА, канд. техн. наук, компания «URSA» (Санкт-Петербург)

## Экструдированный пенополистирол URSA FOAM – залог надежности и долговечности фундамента

Теплоизоляция фундамента является одним из наиболее важных разделов теплоизоляции здания, так как теплопотери через фундамент составляют около 15%. Теплоизоляционные материалы для этих целей должны сохранять свои характеристики длительное время, то есть быть надежными и долговечными. Для теплоизоляции фундаментов используются различные материалы: засыпки из керамзитового гравия, шлаков, утеплители из ячеистых материалов и др. Компания URSA в настоящее время выводит на рынок новый вид материалов для решения этой задачи.

С 2004 г. компания URSA представляет в России теплоизоляционный материал – экструдированный пенополистирол URSA FOAM (техническое свидетельство Госстроя России № ТС-07-0896–04). Материал характеризуется низкими коэффициентом теплопроводности (0,03 Вт/(м·К)) и водопоглощением (0,3%), высокими прочностными характеристиками.

Показатели теплопроводности URSA FOAM не ухудшаются даже при эксплуатации во влажной среде, создавая нормальный температурно-влажностный режим. Закрытая пористость и свойства поверхности плит пенополистирола URSA FOAM исключают капиллярные явления и обеспечивают минимальное водопоглощение даже при гидростатическом давлении.

Плиты URSA FOAM можно эксплуатировать при непосредственном контакте с грунтом и грунтовыми водами. Устойчивость плит к циклическому перепаду температур обеспечивает высокую (до 500 циклов) морозостойкость. Материал может использоваться в конструкциях, подверженных частой смене температурных режимов при сохранении механических и теплоизоляционных свойств.

Несмотря на органическую природу сырья, материал обладает высокой устойчивостью к воздействию органических кислот, выделяющихся микроорганизмами. Поэтому их можно использовать в конструкциях, где не исключены контакты с корнями растений, почвой. Высокие деформационно-прочностные характеристики плит URSA FOAM позволяют воспринимать кратковременную распределенную нагрузку до 0,5 МПа.

Материал сохраняет стабильные физико-механические свойства, форму и размеры не менее 50 лет. Эти свойства позволяют использовать плиты для предотвращения промерзания фундаментов и оснований на пучинистых грунтах. При этом следует отметить, что

около 80% российских грунтов пучинистые, вследствие чего вопрос предотвращения промерзания фундаментов и оснований достаточно остро стоит во многих регионах страны.

Промерзание грунтов под фундаментом происходит обычно на большую глубину. При этом на фундамент воздействуют не только касательные, но и нормальные силы морозного пучения грунта, что приводит к снижению долговечности и надежности здания.

Специалистами Военного инженерно-технического университета

(Санкт-Петербург) разработана методика обоснования применения теплоизоляционных материалов с точки зрения эффективности, надежности и долговечности и создана экспериментальная установка. Теплопроводящая область представлена в виде конструкции фундамента мелкого заложения из железобетона, фрагмента наружной стены из кирпича, плиты из железобетона по грунту и участка прилегающей к зданию территории. В качестве утеплителя был использован экструдированный пенополистирол URSA FOAM.

Наименование	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°C)	Количество слоев электропроводной бумаги
Экструдированный пенополистирол URSA FOAM	0,03	1
Кирпичная кладка	0,56	19
Бетонная плита	1,51	50
Песок пылеватый	1,35	45

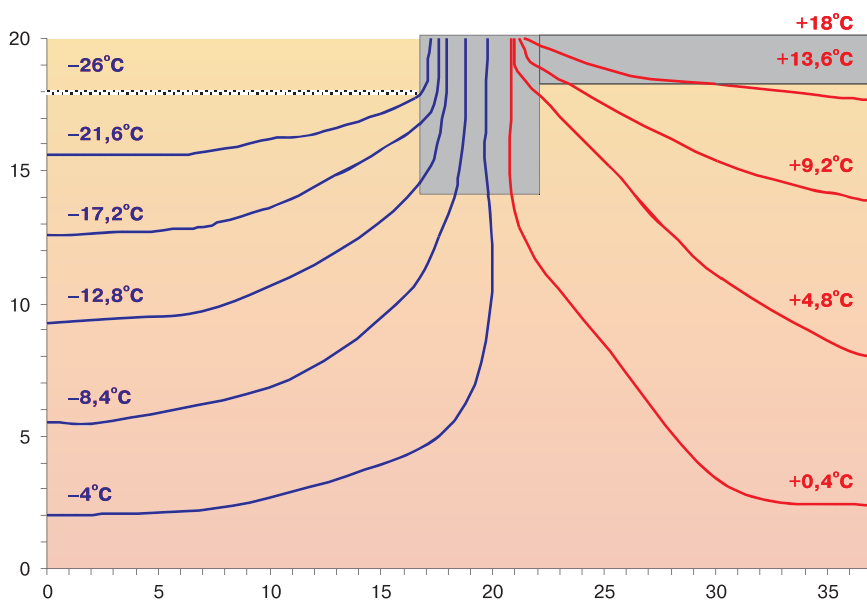


Рис. 1. Распределение температурного поля в грунте основания и фундаменте

На данной установке смоделирована температура окружающей среды (СНиП 2.01.01.–82 «Строительная климатология и геофизика»): в случае Санкт-Петербурга  $T_H = -26^\circ\text{C}$  – температура наиболее холодной пятидневки; температура в помещении  $T_B = +18^\circ\text{C}$  (СНиП 2.08.01–89 «Жилые здания»), а также температура грунта основания ниже уровня промерзания  $T_T = +1^\circ\text{C}$  (ТСН 50-302–96). По СНиП 2.01.01.–82 и согласно ТСН 50-302–96 была определена нормативная глубина промерзания 0,32 м.

Далее определялось количество слоев электропроводной бумаги, соответствующее теплотехническим свойствам материалов, грунтов и конструкций (см. таблицу).

Выполняя эти условия моделирования, на электропроводной бумаге построены изотермы, в пределах от  $-26^\circ\text{C}$  до  $+18^\circ\text{C}$ , с шагом  $4,4^\circ$ . На рис. 1. представлено распределение температурного поля в грунте основания и фундаменте. На рисунке видно, что отрицательная температура распространяется глубоко под фундамент. Так как песок пылеватый относится к пучинистым грунтам, то на фундамент будут действовать не только касательные, но и нормальные силы морозного пучения. Очевидна необходимость защиты основания от промерзания.

На рис. 2 показана схема размещения экструдированного пенополистирола URSA FOAM шириной 0,77 м, толщиной 0,16 м, который располагается возле фундамента под отмосткой.

Эффект от использования теплоизолирующей прослойки очевиден при сравнении (рис. 1 и 2) – изотерма отрицательной температуры значительно переместилась от фундамента. Увеличение ширины теплоизолирующей прослойки до 1 м либо толщины до 0,2 м позволит полностью исключить промерзание грунтов основания фундаментов мелкого заложения.

Теплоизоляция пола снижает теплотери здания, но не оказывает влияния на поток тепла от основания к поверхности и на поток холода через фундамент. Кроме того, сравнивая изотермы на рис. 2 и 3, видно, что теплоизоляция пола исключает влияние положительного температурного режима здания на глубину сезонного промерзания основания. Перечисленные процессы диктуют необходимость установки внешней горизонтальной теплоизоляции, а для предотвращения промерзания фундамента – устройства вертикальной теплоизоляции по схеме, представленной на рис. 3.

Анализируя температурное поле, можно сделать вывод, что поставленные задачи сокращения теплотери здания и предотвращения промерзания фундамента и грунта основания решены с помощью плит URSA FOAM.

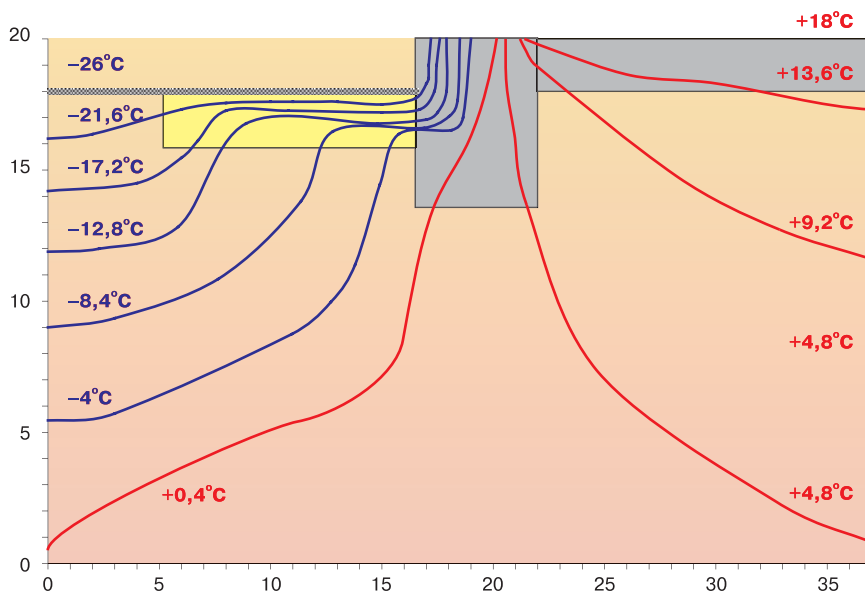


Рис. 2. Распределение температурного поля в грунте основания и фундаменте, защищенном по внешнему периметру здания

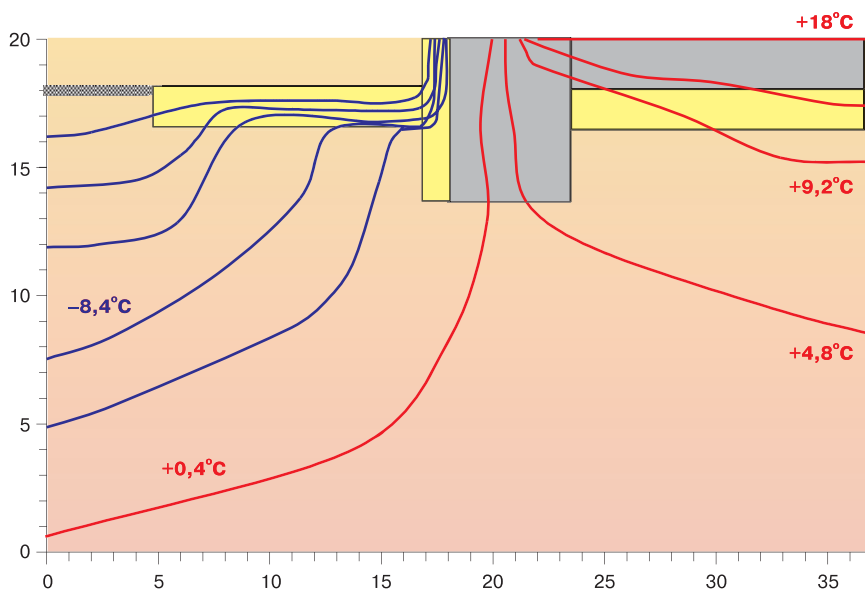


Рис. 3. Распределение температурного поля в грунте основания и фундаменте при комплексной теплоизоляции конструкций



**Компания «УРСА Евразия»**  
Телефон: (812) 324-44-88  
Факс: (812) 324-44-89  
E-mail: [ursa@ursa.ru](mailto:ursa@ursa.ru)  
Internet: [www.ursa.ru](http://www.ursa.ru)

#### Представительства

**Москва**  
тел./факс: (095) 781-25-26  
e-mail: [moscow@ursa.ru](mailto:moscow@ursa.ru)

**Новосибирск**  
тел./факс: (3832) 27-19-22  
e-mail: [novosibirsk@ursa.ru](mailto:novosibirsk@ursa.ru)

**Ростов-на-Дону**  
телефон: (8632) 95-02-41  
e-mail: [rostov@ursa.ru](mailto:rostov@ursa.ru)

**Самара**  
тел./факс: (8462) 70-47-71  
e-mail: [samara@ursa.ru](mailto:samara@ursa.ru)

**Хабаровск**  
тел./факс: (4212) 30-59-34  
e-mail: [khabarovsk@ursa.ru](mailto:khabarovsk@ursa.ru)

**Екатеринбург**  
тел./факс: (343) 365-87-05  
e-mail: [ekaterinburg@ursa.ru](mailto:ekaterinburg@ursa.ru)

В.П. ПАУТОВ, директор, канд. техн. наук, Т.А. МАРКИНА, специалист, ООО «Экослав», С.Р. ФИЛИППОВ, канд. хим. наук, зав. лабораторией НИФТИ, ОАО «Компания Славич» (г. Переславль-Залесский Ярославской обл.)

## Универсальная однокомпонентная полимерная мастика на водной основе

Сегодня в строительной индустрии появляются новые строительные материалы и технологии. Их применение связано как с необходимостью ускорения и удешевления строительных работ, так и с требованием к повышению качества самих материалов.

В прессе все чаще стали появляться публикации, посвященные кровельным материалам, причем вниманию потребителя предлагаются как традиционные, давно и широко применяющиеся продукты, так и новейшие материалы.

Одним из примеров прогрессивных и динамично развивающихся современных кровельных и строительно-отделочных материалов являются мастичные материалы холодного применения. Мастики — это жидкие композиции, которые после нанесения на поверхность формируют монолитное покрытие. Мастики в зависимости от рецептуры могут использоваться так же, как клеящий состав для устройства кровельного ковра из рулонных материалов для новых кровель и для ремонта старых. Мировые тенденции указывают на рост потребления мастичных материалов на полимерной основе.

С целью определения направления исследований был проведен анализ составов и характеристик мастик, не требующих предварительного разогрева, предлагаемых в настоящее время для отечественного строительства.

Условно рынок холодных мастик можно разделить на следующие классы:

- резинобитумные и битилкаучуковые;
- одно- и двухкомпонентные битумно-полимерные;
- одно- и двухкомпонентные полимерные.

Проанализированы битумно-полимерные мастики на органических растворителях (Ребекс-М, БКМ, Гермабутил, Славянка, Гекопрен, Рунакром), одно- и двухкомпонентные полиуретановые мастики (Гермакров, Эластплан 1101, Гипердесмо), полимерные (Эластур), а также водно-дисперсионные полимерные мастики (ReloFlüssigeFolie и др.). При этом учитывали их стоимость, расход на 1 м<sup>2</sup>, технологичность.

С учетом анализа соотношения стоимости материалов, качества получаемых покрытий, а также общих тенденций развития европейского рынка в плане создания систем, не наносящих вреда окружающей среде, специалистами «Компании Славич» была разработана и освоена в производстве высокоэластичная кровельная и гидроизоляционная полимерная мастика «Эластолав» (ТУ 5775-068-57768318–2002) на водно-дисперсионной основе.

Эта мастика (однокомпонентная, холодного нанесения) представляет собой водную дисперсию полимерного связующего с наполнителями, пигментами и добавлением различных целевых добавок, улучшающих реологию и пленкообразование, а также обладающих антисептическими и фунгицидными свойствами. Мастика не содержит вредных для здоровья компонентов и может применяться как для наружных, так и для внутренних работ; при этом технология изготовления материала проста, экономична и экологически безопасна. Были предложены и исследованы различные рецептуры состава.

При разработке мастики в качестве полимерного связующего исследовали водные полиакриловые и поливинилацетатные дисперсии под торговой маркой Mowilith и сополимеры акрилатов и винилацетатов. Продукт весьма универсален и совместим с разного рода добавками и наполнителями. Пленки на основе этих дисперсий обеспечивают гидроизоляцию, адгезию к бетонным, деревянным, металлическим и другим покрытиям, прочность получаемых покрытий.

Образцы мастики с различными добавками и наполнителями изготавливали на лабораторном диспергаторе при перемешивании в течение 2 часов при скорости диспергирования 1000 об/мин. Отработку технологии проводили в производственных условиях ООО «Экослав» путем изготовления опытно-промышленных и промышленных партий в специально изготовленном для этих целей диспергаторе объемом 1 м<sup>3</sup>. Образцы пленочных покрытий приготавливали наливом мастики слоем 1–2 мм на стеклянную пластинку размерами 250×250 мм с антиадгезионной защитой, с бортиками высотой 3 мм с получением пленок толщиной 1–2 мм. Образцы пленок высушивали в течение 5 сут. Испытания на предел прочности и относительное удлинение при разрыве проводили на разрывной машине «Zwick» цеха «Славпак» ОАО «Компания Славич».

### Технические характеристики мастики «Эластослав» и покрытия на ее основе

Содержание сухого вещества в мастике, %	80–85
Условная вязкость мастики при 20°C, с	70–85
Условное открытое время пленкообразования, мин	360
Плотность, г/м <sup>3</sup>	1,3
Прочность сцепления с основанием из цементно-песчаного раствора, МПа	0,5
Относительное удлинение пленки при разрыве, %	120
Водопоглощение пленки в течение 24 ч, %	2
Водопроницаемость при давлении 0,03 МПа в течение, ч	1,5
Температура при нанесении мастики, °C	5–30 без разогрева
Условная прочность при растяжении, МПа	2,4
Устойчивость покрытия к солнечной радиации и морскому воздуху	устойчиво
Срок службы, лет	
в атмосферных условиях	15
для подземной гидроизоляции	10
Основа дисперсии	вода
Гибкость пленки на бруске с закруглением радиусом 5 мм при температуре, °C	до –20
10 мм при температуре, °C	до –35
Время выдержки для ограниченной нагрузки, ч	24
Условия нанесения мастики	не наносить во время дождя, допускается нанесение на влажную поверхность
Упаковка	фляги по 60 кг, бочки пластмассовые по 200 кг
Время гарантированного хранения, мес	12

Исходя из требований ГОСТ России для оптимизации состава мастики было исследовано влияние различных компонентов. Так, в качестве поверхностно-активных добавок и пеногасителей были использованы добавки торговой марки ВУК Chemie, обеспечивающие эффективность пеногашения в процессе перемешивания, улучшающие совместимость дисперсий с минеральными наполнителями и пигментами. Введение коалесцента — бутилдигликоляцетата как вспомогательного агента для образования пленки из водных полимерных дисперсий не только снижает температуру пленкообразования, но и предотвращает чрезмерное его ускорение, приводящее к образованию усадочных трещин. Количество коалесцента составляло от 1 до 3% в пересчете от общего количества.

Одной из важных проблем при разработке составов покрытий является предотвращение биозаражения продукта как в процессе производства, так и при транспортировке и хранении. Биологическое воздействие окружающей среды на уже готовое покрытие может привести к потере его целостности в процессе эксплуатации. В качестве антисептиков были изучены и введены в состав эффективные консерванты марки Mergal, обладающие высокой степенью ингибции роста бактерий, дрожжей, плесени.

С целью регулирования параметров влагопроницаемости, эластичности, прочности и других характеристик покрытий было исследовано влияние гидрофобизаторов, минеральных наполнителей различных марок (кальциты КНБ-5, Nordkalk, двуокись титана, тальк), пигментов отечественных и зарубежных производителей.

В результате проведенных исследований была отработана оптимальная рецептура полимерной мастики и технология ее изготовления. Полученное на основе разработанной мастики «Эластослав» кровельное и гидро-

изоляционное покрытие прошло испытания на соответствие требованиям ГОСТ в ОАО «ЦНИИПромзданий» и ООО «Научно-технический центр «Гидрокровля». Отсутствие органических растворителей в составе мастики, природа полимера и добавок позволяет квалифицировать конечный продукт как негорючее кровельное покрытие, не подлежащее обязательной сертификации в области пожарной безопасности, что подтверждается заключением ГПС органом сертификации «Пожтест» ФГУ ВНИИПО МЧС России № 43/ОС/2372 от 22.11.2002 г. Санитарно-эпидемиологическое заключение ГЭС РФ №76.01.07.577.П. 000773.10.02. от 30.10.2002 г. подтверждает безопасность воздействия на организм человека и окружающую среду мастики «Эластослав».

Универсальность мастики «Эластослав» подтверждается как простотой нанесения на требуемые поверхности, так и широкой областью применения:

- создание бесшовных кровельных покрытий по ряду оснований (битумные, бетонные, деревянные, металлические, толь и др.);
- ремонт мягкой кровли без снятия существующего кровельного ковра;
- ремонт жесткой кровли путем герметизации мест протечек;
- гидроизоляция поверхностей, выполненных из гипсокартона, гипсовых штукатурок и других пористых материалов, а также общая изоляция от проникновения влаги в подвалах, обработка фундаментов, балконов и террас;
- герметизация швов, стыков, сопряжений строительных конструкций, антикоррозионная защита;
- как альтернатива герметику для плитки для внутренних и наружных работ.

# Эластослав

## универсальное решение для гидроизоляции

ООО «Экослав» производит мастику «Эластослав» для устройства кровли и гидроизоляции на металлических, деревянных, бетонных и других конструкциях.

### «Эластослав»

- однокомпонентная полимерная мастика на водной основе, пожаро- и экологически безопасная;
- позволяет сохранить старую или создать новую кровлю долговечностью до 15 лет;
- не содержит органических растворителей и может применяться как снаружи, так и внутри помещений.

### Кровельное покрытие на основе мастики «Эластослав»

- глянцевое, эластичное, не имеет швов;
- устойчиво к агрессивным атмосферным воздействиям и низкой температуре;
- сохраняет свои свойства в широком диапазоне температуры от -60 до +100°C;
- стойко к воздействию УФ-лучей.

### Достоинства материала

- легкость нанесения (валиком, кистью);
- не требует дорогостоящего оборудования и инструмента, подъемных механизмов;
- малый расход;
- отсутствие открытых огневых работ;
- удобство устройства покрытия, особенно в местах примыканий;
- возможность нанесения как на сухую, так и на влажную поверхность;
- возможность проведения частичного ремонта;
- длительный срок службы и минимальные трудозатраты.

### ООО «Экослав»

152020 Россия, Ярославская обл., г. Переславль-Залесский, пл. Менделеева, 2

Тел: (08535) 2-06-96, 6-95-68, факс (08535) 2-25-60

E-mail: [ecoslav@slavich.ru](mailto:ecoslav@slavich.ru)

Е.В. ГУЩА, технический директор представительства компании «Алькор Драка» (Москва)

## «Алькорплан»® – современная система гидроизоляции зданий и сооружений



Более 30 лет компания «Алькор Драка» (Бельгия) специализируется на производстве рулонных гидроизоляционных материалов из пластифицированного поливинилхлорида (ПВХ-П) под маркой «Алькорплан»® для устройства кровли, бассейнов, гидроизоляции подземных сооружений (фундаментов, тоннелей и др.) и является европейским лидером в этой области. В 2003 г. общий объем производства составил более 25 млн м<sup>2</sup> мембран. Материалы поставляются во многие страны мира и используются во всех климатических зонах от Арктики до тропиков.

Компания «Алькор Драка» является дочерним подразделением бельгийского химического концерна «Сольвей» – одного из крупнейших мировых производителей смол ПВХ и других композиций. В отличие от других производителей полимерных гидроизоляционных мембран компания «Алькор Драка» опирается на собственные разработки в области полимерной химии и собственную сырьевую базу. Концерн «Сольвей» производит сырье для мембран, обеспечивает им свои предприятия, а также поставляет его другим производителям ПВХ-мембран и материалов.

Ежегодный оборот концерна «Сольвей» составляет более 10 млрд USD в год. Основанный около 150 лет назад, в настоящее время он объединяет 400 предприятий и более 32 тыс. служащих в 50 странах мира. В составе концерна исследовательский центр, где работает более 1200 высококвалифицированных специалистов.

Все это позволяет компании «Алькор Драка» предлагать на международном рынке современный высококачественный продукт – гидроизоляционные материалы под торговой маркой «Алькорплан»®.

Эффективные гидроизоляционные материалы на основе ПВХ «Алькорплан»® характеризуются высокими физико-техническими характеристиками, укладываются только в один слой, обеспечивая снижение трудоемкости при производстве работ и высокую эксплуатационную надежность – более 25 лет для кровли и более 100 лет для гидроизоляции подземных сооружений.

Эти материалы находят широкое применение при гидроизоляции в строительстве как за рубежом, так и в России. Их главная отличительная особенность – сварное соединение полотнищ материала между собой горячим воздухом, для чего используется специальное оборудование. При этом получают однородные гидроизоляционные покрытия из ПВХ любых размеров и форм. Прочность сварного шва выше прочности самого материала, так как имеет практически двойную толщину.

Мембраны «Алькорплан»® около 10 лет поставляются в Россию и страны СНГ. За это время было применено более 1,5 млн м<sup>2</sup> материалов на кровлях и при устройстве бассейнов на объектах в Москве, Петербурге, Казани, Ханты-Мансийске, Мурманске, Ярославле, Самаре, Тольятти, Нижнем Новгороде, Волгограде, Новосибирске и других городах.

Материалы имеют высокую механическую прочность и эластичность в диапазоне температур –35 – +110°C. Укладку можно производить круглогодично при температуре до –20°C.

Использование материала «Алькорплан»® практически не создает дополнительных нагрузок на конструкцию сооружения, так как масса 1 м<sup>2</sup> мембраны составляет всего 1,6 кг. Высокие противопожарные свойства – группа горючести Г2 – позволяют использовать его для устройства кровли различных зданий и сооружений без ограничений по площади поверхности.

Большая площадь рулонов мембраны (ширина до 2,1 м, длина до 25 м) позволяет существенно снизить расход материала и ускорить процесс укладки. При эксплуатации кровли не требуется специального обслуживания, а ремонт возможен даже после многих лет использования в случае возникновения механических повреждений.

При устройстве кровли «Алькорплан»® укладывается с использованием механического крепления к основанию. Свободная укладка создает эффект так называемой дышащей кровли, так как сам материал обладает высокой паропроницаемостью. Работы по гидроизоляции производятся без использования открытого пламени, что особенно важно при работе на пожароопасных объектах.

Материал изготавливается со специальной ультрафиолетовой защитой, стоек к атмосферным воздействиям, перепаду температур, может использоваться на крышах с любым уклоном.

Компания «Алькор Драка» производит не только ПВХ-мембраны, но и ряд комплектующих (неармированную мембрану для выполнения сложных примыканий, накладки на внутренние и внешние углы, ламинированную ПВХ-жесть, флюгарки и др.), которые вместе составляют гидроизоляционную систему. Это позволяет обеспечить надежную гидроизоляцию объекта в самых уязвимых местах и значительно облегчает работу строителей.

Широкая цветовая гамма выпускаемых материалов обеспечивает сохранение эстетических свойств различных объектов.

Компания «Алькор Драка» предлагает различные виды ПВХ-мембран для кровель и подземных сооружений. Один из крупнейших проектов, который был реализован в 2003 г. в России, – гидроизоляция Лефортовского тоннеля третьего транспортного кольца в Москве. Общая площадь уложенного материала «Алькорплан»® составила около 150 тыс. м<sup>2</sup>.

Для устройства бассейнов выпускается специальный материал «Алькорплан 2000»®, который выполняет двойную функцию – гидроизоляции и отделки. На мембрану нанесено специальное акриловое покрытие, она обладает высокой цвето- и износостойчивостью, и выпускается широкой цветовой гаммы. Материал прекрасно зарекомендовал себя в России, использовался при строительстве частных и общественных бассейнов, аквапарков в Сочи, Евпатории, Краснодаре, Казани, Центральной России. Следует отметить, что в странах Западной Европы около 70% бассейнов выполнены с использованием материала «Алькорплан»®.

### Представительство компании «Алькор Драка»

Россия, 119334 Москва, ул. Вавилова, д. 24

Телефон: (095) 411-69-12

Факс: (095) 411-69-14

Интернет: [www.alkorproof.ru](http://www.alkorproof.ru)

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



УДК 661.683.684:666.966

О.Н. ГВОЗДЕВА, инженер, отряд государственной противопожарной службы № 2, пожарная часть № 20 (г. Магнитогорск Челябинской обл.)

## Огнезащитные составы на основе жидкого стекла и расширяющегося графита

Металлические конструкции промышленных и гражданских зданий обладают низким пределом огнестойкости. На практике для его повышения используют огнезащитные покрытия. Их задача замедлить прогрев металла и тем самым сохранить эксплуатационные свойства конструкции в течение заданного периода времени.

Большую группу огнезащитных покрытий для металлических конструкций составляют обмазки на основе жидкого стекла. Растворимое стекло обладает высокой температуростойкостью и является одним из наиболее перспективных и доступных вяжущих для изготовления огнезащитных составов высокой прочности при низкой плотности (200–300 кг/м<sup>3</sup>). Огнезащитные покрытия на его основе обладают хорошей адгезией ко многим материалам. Для повышения эксплуатационных свойств в их состав вводят пористые

заполнители, волокнистые материалы, отвердители и добавки.

В последнее время в огнезащитных покрытиях на основе органических связующих, например ВПМ-2, «Металлакс ВМ» и др. [1], в качестве компонента используют термически расширяющиеся графиты, которые получают путем обработки графита растворами сильных окислителей с последующей промывкой и сушкой. Согласно [1] в результате окисления графита в растворе серной кислоты и перманганата калия образуется соединение C<sub>24</sub>(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (бисульфат графита). При температуре 500–1000°C бисульфат графита увеличивается в объеме (вспучивается), так как при термическом пиролизе бисульфат-ион разрушается с выделением сернистого газа, воды и кислорода, раздвигая пакеты плоскостей структуры графита. Вспученный графит обладает высокими теплоизолирующими свойствами.

Целью работы являлось создание огнезащитных покрытий на основе растворимого стекла и термически расширяющихся графитов.

В качестве компонентов огнезащитных покрытий использовали растворимое натриевое стекло (ГОСТ 13078–81), расширяющийся графит, полученный по методике [1], а также наполнители в виде вспученного вермикулита (ГОСТ 12865–67), распушенного асбеста (ГОСТ 12871–83).

Огнезащитную обмазку готовили путем смешения жидкого стекла с порошком расширяющегося графита и в зависимости от назначения состава с наполнителями. Лабораторные образцы готовили путем нанесения исследуемого состава на металлическую пластину с последующим испытанием по методике ГОСТ 30247.0–94. Приготовленные образцы выдерживали в течение 3 сут для затвердения. Составы экспериментальных огнезащитных покрытий приведены в табл. 1.

Физические свойства образцов приведены в табл. 2.

Результаты огневых испытаний, указанных в табл. 1 составов, выполненные по ГОСТ 30247.0–94, приведены на рис. 1.

Как следует из рис. 1, огнезащитный состав 1 до температуры 400°C практически не защищает металл, что обусловлено его высокой средней плотностью – 1810 кг/м<sup>3</sup> и повышенным коэффициентом теплопроводности – 0,436 Вт/(м·К). По результатам экспериментов определено, что с температуры 410°C до 850°C происходит уменьшение теплопроводности защитного слоя до

Таблица 1

№ состава	Компоненты состава	Содержание, %
1	Графит терморасширяющийся Жидкое стекло Кремнефтористый натрий	15 80 5
2	Графит терморасширяющийся Вермикулит Жидкое стекло Кремнефтористый натрий	10 8 77 5
3	Графит терморасширяющийся Асбест Жидкое стекло Кремнефтористый натрий	10 5 80 5
4	Графит терморасширяющийся Гранулят Жидкое стекло Кремнефтористый натрий	13 12 70 5

Таблица 2

№ состава	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)		Плотность, кг/м <sup>3</sup>	
	до вспучивания	после вспучивания	до вспучивания	после вспучивания
1	0,436	0,132	1810	315
2	0,405	0,161	1643	342
3	0,301	0,143	1363	243
4	0,435	0,158	1487	324

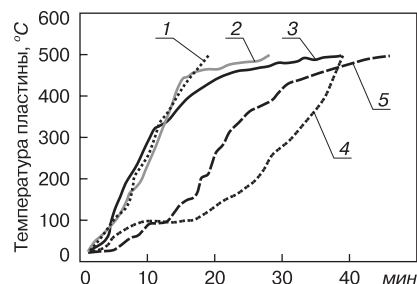


Рис. 1. Огневые испытания составов: 1 – чистая пластина; 2 – состав 1; 3 – состав 2; 4 – состав 3; 5 – состав 4

Материал	Фазовые переходы при температурах, °С				
	60–170	200	230–350	420–700	750–800
Жидкое стекло с кремнефтористым натрием	Удаление адсорбционной воды, удерживаемой гелем кремниевой кислоты	–	Разрушение связей геля кремниевой кислоты	–	Полимеризация кремнекислородных тетраэдров
Термически расширяющийся графит	–	Удаление физически связанной воды	–	Ступенчатый пиролиз с выделением SO <sub>2</sub>	–

0,132 Вт/(м·К), что вызвано началом ступенчатого разложения бисульфата графита и разуплотнением структуры покрытия с эндотермическим эффектом (табл. 3).

Механизм огнезащиты можно представить в виде нескольких одновременно протекающих и взаимовлияющих процессов. Наибольшее влияние на огнезащитные свойства оказывают теплопередача и эндотермические физико-химические эффекты, выявленные при дифференциально-термическом анализе при нагреве бисульфата графита и жидкого стекла с кремнефтористым натрием (табл. 3).

Процесс разложения кремнекислоты и последующая полимеризация кремнекислородных тетраэдров также происходят с увеличением объема, благодаря чему увеличивается время прогрева пластины на 10 мин по сравнению с незащищенной эталонной пластиной.

На основании вышеизложенного можно заключить, что существенно повысить огнезащитные свойства можно, снизив среднюю плотность покрытия на начальном этапе нагрева. Это возможно лишь введением в состав легких заполнителей: вспученного вермикулита (состав 2) и асбеста (состав 3).

Вермикулит как теплоизоляционный материал способствует незначительному уменьшению теплопроводности огнезащитной обмазки – на 7,11%. Такое снижение теплопроводности вызвано наличием открытых пор большого размера. При приготовлении состава эти поры заполняются жидким стеклом, что и повышает среднюю плотность. Более низкая средняя плотность данного состава и наличие адсорбированной в порах

вермикулита воды приводят к изменению кинетики прогрева образца. Огнезащитные свойства проявляются уже после 350°С, что приводит к увеличению общей продолжительности прогрева по сравнению с незащищенной эталонной пластиной в два раза. Однако при температуре нагрева печи до 900–1000°С происходит шелушение огнезащитного покрытия из-за отслаивания вермикулита, что снижает термическую стабильность образующегося вспененного слоя.

Использование асбеста в качестве заполнителя привело к изменению характера прогрева вследствие резкого снижения средней плотности по сравнению с составом, содержащим вермикулит (1363 и 1643 кг/м<sup>3</sup> соответственно), и повышению теплопроводности (0,301 и 0,405 Вт/(м·К)). Изменение характера нагрева пластины обусловлено трубчатым строением волокон асбеста. Внутрь волокон при перемешивании состава не попадают жидкое стекло и вода из-за размера пор, соизмеримого с размером молекулы воды. В связи с этим огнезащитные свойства начинают проявляться с 50°С. С другой стороны, волокна асбеста ведут себя как минеральная фибра, что позволяет сохранять сплошность покрытия при его расширении. Состав 3 имеет недостаток, проявляющийся в образовании больших пузырей, образующихся из-за испарения физически связанной асбестом воды. Этим объясняется аномальный характер прогрева образца состава 3. Однако вспененный слой данного состава спекается без выгорания и разрушения.

Состав 4 в качестве наполнителя, выполняющего роль структурной добавки, содержит гранулы,

приготовленные из терморасширяющегося графита и жидкого стекла.

Характер кривой нагрева образца с покрытием составом 4 занимает промежуточное положение между кривыми нагрева образцов с покрытием составами 2 и 3 и отличается увеличением как общей продолжительности нагрева пластины до предельной величины – температура на необогреваемой поверхности металла 500°С – на 25% по сравнению с составами 2 и 3 и изменением теплозащитных свойств с самого начала нагрева. Введение предварительно затвердевших и высушенных гранул привело к снижению влажности затвердевшего покрытия. Процессы, проходящие при нагреве состава 4, аналогичны процессам, проходящим при нагреве состава 1, и обусловлены термическим разложением бисульфата графита и жидкого стекла (табл. 3). Недостатком данного покрытия является возможность отшелушивания вспененного слоя за счет вспучивания более глубоких слоев покрытия.

Анализ проведенных испытаний показывает, что на увеличение термического сопротивления покрытия благоприятное влияние оказывает введение в состав обмазки наполнителей в виде гранул и нецелесообразность использования пористых заполнителей, которые снижают ее среднюю плотность и теплопроводность. Однако применение незначительного количества асбеста как минеральной фибры оказывает благоприятное воздействие на процесс вспучивания, при этом сохраняется монолитность покрытия.

На основании вышеизложенного была разработана новая композиция, включающая терморасширяющийся

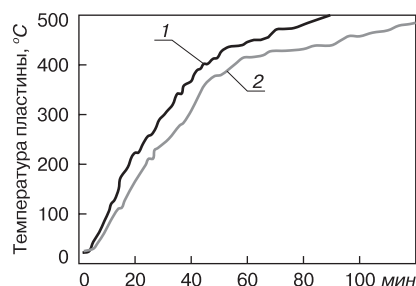


Рис. 2. Сравнительные огневые испытания обмазок из «Металлакса ВМ» (1) и состава 5 (2)

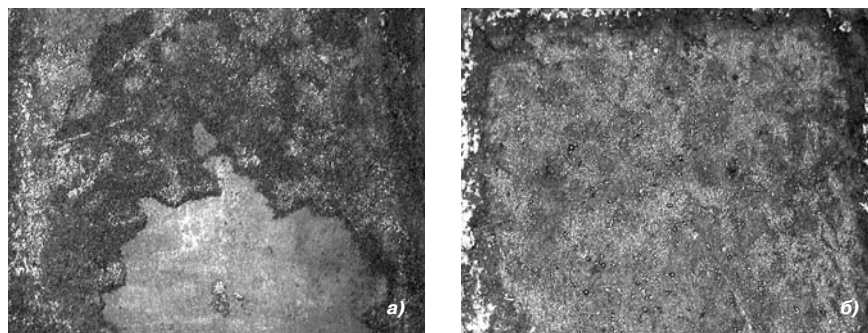


Рис. 3. Сравнимые составы после огневых испытаний: а – «Металлак ВМ»; б – состав 5

графит, гранулят, асбест, жидкое стекло и кремнефтористый натрий. Она позволила получить качественно новые теплозащитные свойства огнезащитного покрытия (состав 5).

Огневые испытания полученной обмазки показали, что разработанный состав обеспечивает наибольшую огнестойкость — до 125 мин. Гранулы из затвердевшего жидкого стекла и термически расширяющегося графита в сочетании с асбестом позволяют создать структуру огнезащитного покрытия, обеспечивающую эффективное равномерное вспучивание состава.

Сравнение обмазки состава 5 проводили с огнезащитным покрытием «Металлакс ВМ». Сравнительные испытания на огнестойкость проводили по принятой методике (рис. 2).

Как видно из рис. 2, кривые нагрева обмазок из «Металлакса ВМ» и состава 5 до 50°C совпадают, что свидетельствует об одинаковой теплопроводности. Со 150 до 450°C кривые имеют близкий характер, что обусловлено схожестью процессов, протекающих в материале при нагревании.

В обмазке из «Металлакса ВМ» начинает вспучиваться слой, соприкасающийся с металлом, и общий объем увеличивается в 10–15 раз. При дальнейшем нагреве в обмазке состава 5 происходит увеличение

объема за счет термического разложения геля кремниевой кислоты, а в обмазке из «Металлакса ВМ» начинает выгорать органическое связующее, что сопровождается выделением газов, токсичность которых не превышает допустимые нормы. Выгорание связующего в обмазке из «Металлакса ВМ» приводит к разрушению вспененного слоя и его оседанию (рис. 3а), чего не наблюдается у разработанной обмазки (рис. 3б).

Таким образом, огнезащитная обмазка, полученная на основе бисульфата графита, хризотилового асбеста и жидкого стекла, позволяет повысить огнестойкость металлических конструкций на 50% по сравнению с обмазкой «Металлакс ВМ».

Одним из основных эксплуатационных свойств для огнезащитных покрытий является их адгезия. Низкая адгезионная прочность покрытия к защищаемой поверхности, особенно при нагреве, может привести к отслаиванию защитного слоя и оголению защищаемой поверхности.

Определение адгезионной прочности сравниваемых покрытий показало, что разрушение при испытании на растяжение у составов имеет когезионный характер, то есть адгезионная прочность жидкого стекла к стальной пластине превышает его

когезионную прочность и на 45% превышает адгезионную прочность обмазки «Металлакс ВМ».

В результате проведенных исследований установлено: разработанная огнезащитная обмазка на основе жидкого стекла, термически расширяющегося графита и асбеста обеспечивает повышение огнестойкости конструкций до 125 мин и по эксплуатационным показателям значительно превосходит известную обмазку «Металлакс ВМ».

#### Список литературы

1. Романенков И.Г., Левитес Ф.А. Огнезащита строительных конструкций. М.: Стройиздат. 1991. 320 с.
2. ГОСТ 30247.0–94 «Строительные конструкции. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования». М.: Издательство стандартов. 1996. 12 с.
3. ГОСТ 14760–69\* «Клеи. Метод определения прочности при отрыве». М.: Издательство стандартов. 1986. 12 с.
4. ТУ 2313-003 24505934–2000 «Технические условия на огнезащитный состав по металлу «Металлакс ВМ». 2000. 4 с.
5. Собоурь С.В. Огнезащита строительных материалов и конструкций: Справочник. М.: Спецтехника. 2001. 3-е изд. доп. (с изм.). 112 с.

11-15 МАЯ

# СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕМОНТ 2004

**10-я международная выставка**  
стройматериалов, строительной техники,  
оборудования и технологий для  
стройиндустрии и ремонта

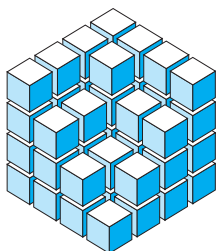
ПЕРМСКАЯ ЯРМАРКА  
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР

614077, г. Пермь, бульвар Гагарина, 65, тел. (3422) 65-65-25, www.fair.perm.ru

# Международная строительная неделя в Сокольниках

Москва

24–28 февраля 2004 г.



Двенадцатый раз на выставочных площадях КВЦ «Сокольники» состоялась одна из старейших выставок в области строительства – Международная строительная неделя в Сокольниках.

В 2004 г. в рамках недели проходило девять специализированных выставок: **Стройтех**, **Цементы, бетоны в капитальном и ландшафтном строительстве**, **Кровля и гидроизоляция**, **Керамика и камень**, **Мир света**, **Мир ковров и напольных покрытий**, **Декор стен и потолков**, **Текстиль для дома**, **Мир окон и дверей** и специализированные салоны: **Инженерные коммуникации и оборудование**, **Быстровозводимые и мобильные здания**, **Фасадные теплоизоляционные материалы**.

В экспозиции строительной недели свою продукцию продемонстрировало более 650 фирм из различных регионов России, стран СНГ и дальнего зарубежья. Общая площадь экспозиции составила около 33 тыс. м<sup>2</sup>. На стендах были представлены современные строительные материалы и конструкции различного назначения, технологии и оборудование для их производства, отделочные материалы, строительный инструмент и др.

Старейшая выставка Международной строительной недели в Сокольниках – **Стройтех** известна специалистам более 10 лет как одна из ведущих в области строительной техники и технологий производства строительных материалов и ведения строительных работ. В тематике мероприятия всегда отражаются актуальные проблемы современного строительства.

Так, в рамках предыдущей Международной строительной недели в Сокольниках проходила конференция «Автоклавный ячеистый бетон: производство, проектирование, строительство, бизнес», которая получила продолжение в экспозиции выставки «Стройтех-2004». Здесь особенно широко были пред-

ставлены технологии производства ячеистого бетона – одного из перспективных материалов для возведения энергоэффективных стен зданий. Специалисты могли познакомиться с автоклавными и неавтоклавными технологиями отечественного и импортного производства. Компания «**СтройМеханика**» из Тулы представила установку собственного производства УПБС-250М для неавтоклавного пенобетона, для которых не требуется пеногенератор. С помощью такой установки можно изготавливать пенобетон плотностью 400–1400 г/м<sup>3</sup>. Аналогичное оборудование (производительностью 4 и 12 м<sup>3</sup>/ч представила фирма «**Металлист-Стройметаллоконструкция**» из Харькова (Украина). Кавитационный способ производства пенобетонов предлагала московская фирма «**Фибробетон**» (Москва). Достоинства импортных технологий в этом разделе представляла компания «**Кварк**» из Ижевска.

Горький опыт катастроф и чрезвычайных ситуаций, произошедших в России за последние годы, показал актуальность технологии строительства быстровозводимых и модульных зданий. Такие технологии пригодны

для сооружения временного жилья в районах катастроф, на малоосвоенных территориях, при строительстве дорог и др. В рамках салона **Быстровозводимые и мобильные здания** были представлены основные разработки в этой области – здания на основе сэндвич-панелей с утеплителем из пенополистирола, минераловатных плит, пенополиуретана и др.

Одноименную архитектурно-строительную систему представила компания «**Элевит**» из Волгограда. Система создана на базе легких деревометаллических конструкций. Конструкция и технология изготовления элементов системы достаточно просты, но предъявляют высокие требования к точности изготовления изделий, обеспечить которые возможно только на машиностроительных предприятиях с высокой культурой производства. Деревянные элементы для обеспечения срока службы в 45–50 лет пропитываются био- и огнезащитными препаратами, склеиваются и гидрофобизируются. Металлические элементы защищены от коррозии и огня. Система «Элевит» состоит из каркаса, панелей перекрытия и покрытия и стеновых панелей. Все элементы каркаса соединяются



Боди-арт на околостроительные темы также способ борьбы за внимание посетителей



Коллекцию новых обоев с металлизированной поверхностью под золото и серебро представила фирма «Гомельстрой» (Республика Беларусь)



Новинка сезона – выгнутое окно компании «Оникс»

между собой с помощью кронштейнов болтовыми соединениями. Все кронштейны унифицированы и имеют одинаковые типоразмеры. Для сборки каркаса применяются два типа стоек длиной до 9 м. Балки состоят из сварных и прокатных тонколистовых металлических сердечников и деревянных накладок и могут быть четырех типов: легкие, средние (двух типов), тяжелые. Стеновые панели имеют каркас, усиленный металлическим профилем. Наружная сторона панелей может быть выполнена из деревянного, пластикового сайдинга или из фиброцементных плит; внутренняя – из ГКЛ, ГВЛ и др. Внутренние стены укладываются утеплитель. Строительные конструкции системы производятся с *машиностроительными допусками* и поставляются комплектами с завода-изготовителя. Систему «Элевит» можно применять для строительства быстровозводимых зданий в любых регионах, для мансардного строительства. Такие здания характеризуются высокой сейсмостойкостью и способны выдерживать землетрясение до 9 баллов.

Наиболее востребованными материалами в современном строительстве являются гидроизоляция и кровля. Ведущие отечественные производители этой группы материалов хорошо знакомы читателям журнала «Строительные материалы» по обзорам выставок, конференций, тематическим номерам и подборкам. Однако высокий авторитет выставки в Сокольниках привлекает все новых игроков этого сегмента строительства.

**НПО «Алкид»** из Минска (Республика Беларусь) представило группу СБС-каучуковых материалов для устройства кровель на различных основаниях. Линейка материалов включает мастику «Аутокрин» для ре-



Компания «СтройМеханика» представила специалистам не только установку для производства пенобетона, но и формы для отливки декоративных изделий



Технологию монолитного пенобетона представляла компания «Кварк»

монта и устройства мягкой кровли, приклеивания рулонных материалов, гидроизоляции санузлов, ванных и др.; праймер «Аутокрин»; антикор «Аутокрин-177» для металлических поверхностей; защиты кузовов автотранспорта; преобразователь ржавчины «Аутокрин» и др.

Комплексный подход к проблеме гидроизоляции постепенно становится определяющим для многих фирм этой области. Примером такого подхода стала участница выставки – группа компаний «*Стрим*» (Москва). Специалисты компании проводят комплексное обследование объектов, выдают рекомендации и выполняют работы с помощью материалов, разработанных совместно с НИИ Цемент и НИИ Синтетических каучуков. В арсенале компании материалы: «Стримсесь» – гидроизоляционная сухая смесь проникающего действия, «Стримплаг» – быстросхватывающийся безусадочный герметик на цементной основе, «Стримпласт» – битумно-полимерная кровельная мастика холодного применения, «Аквидур ЭС» – полиуретановая система для инъектирования, «Стримфоб» – кремнийорганическое соединение с высокой проникающей способностью. Особенностью цементных гидроизоляционных материалов является применение в их составе сульфоалюминатного клинкера.

Экспозиция выставки **Мир окон и дверей** включала пластиковые, деревянные и металлические конструкции, фурнитуру, герметики для производства стеклопакетов и дополнительные элементы. Особенно широко представлены были деревянные конструкции. Среди традиционных деревянных окон компания «*Оникс*» из Ростова-на-Дону представила уникальную конструкцию выгнутого деревянного окна. В отличие от пластиковых образцов окон с нелинейной поверхностью,

реализованных пока только для глухих (неоткрывающихся) элементов, выгнутое деревянное окно компании «*Оникс*» открывается в одной плоскости. Применение таких окон позволит архитекторам в полной мере реализовать идею эркеров и других оригинальных решений.

Другие разделы Строительной недели в Сокольниках привлекали также специалистов и индивидуальных застройщиков. Тенденции развития моды в области отделочных материалов можно было проследить на выставке **Декор стен и потолков и Керамика и камень**.

В рамках отраслевых семинаров собирались ведущие специалисты в области кровли и гидроизоляции, промышленного домостроения из клееной древесины, теплоизоляции и устройства фасадов, быстровозводимых зданий и др. На этих мероприятиях обсуждались важнейшие вопросы технологии ведения работ, способы избежания ошибок при монтаже и проектировании и др. Жаркие споры и активное обсуждение важных вопросов продолжалось не только на семинарах и конференциях, но и на стендах участников выставки. 26 февраля 2004 г. Международная строительная неделя в Сокольниках принимала участников годовой коллегии Госстроя РФ. Здесь проходили круглые столы по различным направлениями строительства и ЖКХ.

Опрос участников, проведенный специалистами компании МВК, показал, что Строительная неделя в Сокольниках привлекает специалистов из различных регионов России, ближнего и дальнего зарубежья как одно из наиболее гармоничных и информационно насыщенных мероприятий строительного выставочного бизнеса в России.

*С.Ю. Горегляд*

А.И. ВЕЗЕНЦЕВ, д-р техн. наук, С.М. НЕЙМАН, канд. техн. наук,  
Е.А. ГУДКОВА, мл. научн. сотрудник (Белгородский государственный университет),  
Л.Н. НАУМОВА, инженер (Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова), И.В. САНОЦКИЙ, д-р мед. наук, (НИИ медицины труда РАМН, Москва)

## К вопросу о безопасном применении асбестоцемента

Асбестоцементные изделия являются эффективными строительными материалами. Однако перед асбестоцементной промышленностью России и других стран стоит проблема выживания. Она связана с установкой Европейского сообщества об одинаково вредном воздействии на здоровье людей всех видов добываемого асбеста, а также асбесто-содержащей продукции, в том числе асбестоцемента. При этом сознательно игнорируется то, что асбест в природе представлен минералами двух различающихся по свойствам групп – амфиболовой и серпентиновой, и что в асбесто-содержащих изделиях на поверхности волокон асбеста находятся связующие их вещества.

Амфиболовые и серпентиновые асбесты различаются по своей структуре, минералогическому составу, физико-химическим свойствам, а также степени отрицательного воздействия на организм человека [1].

Амфиболовые асбесты обладают высокой биологической, в том числе канцерогенной активностью, их волокна при попадании в органы дыхания человека не разлагаются под воздействием внутренней среды и практически не выводятся из организма. В связи с этим добыча и применение амфиболов полностью запрещены.

Серпентиновую группу представляет хризотил-асбест, наиболее часто встречающийся в природе. В России добывается и используется только хризотил-асбест. Он обладает во много раз меньшей, чем амфиболы, биологической активностью, разлагается под действием кислой среды организма и в течение 1–1,5 лет выводится из него [2]. Этот асбест применяют в производстве более чем 3,5 тыс. различных материалов. Уникальное сочетание химических, физических и механических свойств хризотилового асбеста пока не позволяет найти ему достойный заменитель.

В производстве асбестоцемента применяется более 70% всего добы-

ваемого хризотилового асбеста, поэтому получение научного обоснования безопасного применения асбестоцемента позволит сохранить асбестодобывающую и асбестоцементную отрасли.

В наших предыдущих исследованиях [3–5] впервые наглядно показано, что в процессе эксплуатации асбестоцемента с его поверхности эмитируют не чистые асбестовые волокна, которые первоначально вводят в асбестоцементную композицию. На поверхности волокон хризотил-асбеста обнаружены продукты гидратации клинкерных фаз портландцемента и последующей их карбонизации. Между продуктами гидратации и поверхностью асбестовых волокон установлено химическое взаимодействие. Это подтверждено присутствием на энергодисперсионных спектрах волокон, находившихся в асбестоцементе, несвойственных хризотил-асбесту химических элементов: калия (9 мас. %), кальция (3 мас. %), серы (6 мас. %), хлора (6 мас. %), а также увеличением количества железа (от 3 мас. % в реальной структуре хризотил-асбеста до 6%) и существенным уменьшением количества магния (от 42 до 15 мас. %). Неизменным остается лишь количество кремния (42 мас. %).

Установлено также изменение поверхностных свойств волокон хризотил-асбеста и их структуры как под действием цементной матрицы, так и воздуха окружающей среды. В первом случае изменение структуры волокон зафиксировано в виде перехода из клинохризотила в ортохризотил и даже к полностью аморфизированному состоянию, во втором – в виде изменения параметров элементарной ячейки кристаллической решетки.

Из работ [2, 6] известно, что при некоторых нарушениях структуры хризотил-асбеста может измениться его биологическая активность.

Проверка возможности изменения биологических характеристик хризотил-асбестовых волокон под действием цементной матрицы и

воздуха окружающей среды была выполнена в НИИ медицины труда РАМН. В сравнительных условиях изучали биологические свойства пыли хризотил-асбеста до введения его в производство асбестоцемента, продуктов деструкции асбестоцемента и товарного хризотил-асбеста, подвергнутого воздействию атмосферы в течение трех лет в Белгороде. Продукты деструкции получали с поверхности асбестоцементных водонасыщенных образцов, выпиленных из листов Белгородского комбината асбестоцементных изделий. Даже при очень жестком воздействии на образцы замораживания и оттаивания (до 150 циклов от  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+20^{\circ}\text{C}$ ) [7] продукты деструкции выделяются с поверхности асбестоцемента чрезвычайно медленно [3], поэтому использованная в эксперименте проба была смесью малых проб из асбестоцементных листов разного возраста – от 3 до 38 лет.

Все препараты по условиям эксперимента должны были иметь близкую дисперсность, приблизительно равную дисперсности пыли, витающей в воздухе рабочей зоны: содержание в пробах частиц наиболее активной фракции размером менее 15 мкм составляло 70–80% (см. таблицу). Пыли проб хризотил-асбеста, используемого в производстве асбестоцемента (контрольная), и продуктов деструкции при отборе имели указанную дисперсность; пыль пробы товарного асбеста, хранящегося длительное время в атмосфере, для достижения заданных размеров растерли в агатовой ступке.

В качестве индикатора биологической активности пылей выбрали один из пусковых механизмов патологических процессов – их способность активизировать образование свободных радикалов на мембранах клеток культуры человеческой крови. Возникновение свободных радикалов лежит в основе болезнетворного действия волокнистых материалов, в частности асбестов [8].

Наименование проб	Количество частиц в пробах						Характеристики биологической активности		
	<5 мкм	5–15 мкм	16–30 мкм	31–40 мкм	41–60 мкм	60–140 мкм	Активность (mV)	Время достижения максимума (s)	Скорость реакции (mV/s)
Хризотил-асбест до воздействия атмосферы и цементной матрицы	10	70	15	5	ед	ед	1,4	15	0,09
Хризотил-асбест, подвергнутый воздействию атмосферы более 3-х лет	10	60	15	10	5	ед	2,1	240	0,009
Продукты деструкции асбестоцемента	10	70	5	5	10	ед	2,5	900	0,003

Для определения генерации свободных радикалов использовали метод возбужденной флуоресценции. Свечение клеток и тканей при ультрафиолетовом возбуждении является признанным тестом измерения реакции. Препараты для исследований готовили на основе крови человека, выделенной из локтевой вены. Показателями активности изучаемых препаратов были определенные на хемилуминометре Bioorbit 1251 (Швеция) величины максимумов флуоресценции в mV и время достижения указанных максимумов в секундах. По этим значениям вычисляли скорость взаимодействия исследуемых проб с мембранами клеток культуры крови (mV/s).

Данные таблицы показывают, что значения максимальной интенсивности воздействия изучаемых проб на клетки культуры крови человека имеют один порядок. Однако максимум активности достигается в существенно различающееся время. Для контрольной пробы хризотил-асбеста оно оказалось минимальным – 15 с. Для проб, подвергнутых воздействию окружающей среды и продуктов гидратации клинкерных фаз, время достижения максимума больше в 16 и 60 раз. Отсюда понятно, что главным критерием для используемой методики является скорость реакции образования свободных радикалов на поверхности клеток.

Величина биологической активности, оцененная по значению скорости реакции, оказалась в 10 и 30 раз меньше для асбеста, подвергнутого влиянию окружающей среды и цементной матрицы. Таким образом, впервые экспериментально подтверждена гипотеза о снижении биологической активности хризотил-асбестовых волокон, находящихся под действием воздушной атмосферы, и продуктов гидратации портландцемента. Именно в этих средах асбест находится, соответственно, в виде витающих природных волокон или продуктов деструкции асбестоцемента.

Результаты критического анализа литературы и собственных исследований позволяют считать необоснованными имеющиеся утверждения о загрязнении окружающей среды биологически активными продуктами деструкции асбестоцемента. Во-первых, в производстве асбестоцемента после запрета применения амфиболового асбеста, в том числе и в нашей стране, используется только хризотил-асбест, имеющий пониженную, по сравнению с амфиболовым, биологическую активность. Во-вторых, производители и потребители хризотил-асбеста, учитывая требования Международной конвенции № 162 по его безопасному применению, соблюдают защитные меры по обеспечению ПДК и ПДВ этих веществ в воздухе рабочей зоны и окружающей среды. В-третьих, как показали исследования, количество выделяющихся при эксплуатации и обработке асбестоцементных изделий волокнистых частиц очень мало и все они покрыты продуктами гидратации и карбонизации портландцементных фаз, а поверхностный слой асбестовых волокон взаимодействует с этими продуктами. Такое же взаимодействие происходит у волокон хризотил-асбеста с химическими компонентами окружающей среды. В результате изменяются поверхностные, химические и структурные характеристики хризотил-асбестовых волокон, но, самое главное, существенно снижается их биологическая активность: на порядок при нахождении волокон в воздухе окружающей среды и на два порядка – в среде портландцементного камня.

Все это позволяет сделать вывод о безопасном применении асбестоцемента и аргументировано рекомендовать пересмотр существующих в ряде стран решений о запрете его применения и необходимости изъятия из эксплуатируемых объектов.

## Список литературы

1. *Соболев Н.Д.* Введение в асбестоведение. М.: Недра. 1971. С. 21–29.
2. *Пылев Л.Н., Васильева Л.А., Кулагина Т.Ф.* Экспериментальное изучение канцерогенного действия асбеста // Экспериментальная онкология. 1982. 4. № 4. С. 3–7.
3. *Лугинина И.Г., Везенцев А.И., Нейман С.М., Турский В.В., Наумова Л.Н., Нестерова Л.Л.* Изменение свойств хризотил-асбеста в асбестоцементных изделиях под действием цементного камня и погодных факторов // Строит. материалы. 2001. № 9. С. 16–18.
4. *Нейман С.М., Лугинина И.Г., Везенцев А.И., Турский В.В., Наумова Л.Н., Нестерова Л.Л., Горшков А.И., Сивцов А.В.* Видоизменение поверхности асбестовых волокон в асбестоцементе под действием продуктов твердения цемента // Строит. материалы. 2002. № 4. С. 30–31.
5. *Горшков А.И., Везенцев А.И., Сивцов А.В., Нейман С.М., Турский В.В.* Исследование хризотил-асбеста, эмитированного с поверхности асбестоцемента, методами аналитической электронной микроскопии // Доклады академии наук. 2002. Т. 384. № 1. С. 89–91.
6. *Яхьяев А.В., Величковский Б.Т., Деева И.Б., Коркина Л.Г.* Биологическое значение поверхностных свойств фиброгенных пылей // Гигиена и санитария. 1986. № 6. С. 37–42.
7. *Наумова Л.Н., Везенцев А.И., Нейман С.М., Богомолов А.С.* Методика определения эмиссии асбеста из асбестоцементных изделий под действием климатических факторов // Строит. материалы. 1999. № 6. С. 21–24.
8. *Величковский Б.Т.* Молекулярные и клеточные основы экологической пульмонологии // Пульмонология. 2000. № 3.

Д.Р. ДАМДИНОВА, канд. техн. наук, А.Д. ЦЫРЕМПИЛОВ, д-р техн. наук, И.И. БУДАЕВА, В.Е. ПАВЛОВ, М.М. ЗОНХИЕВ, инженеры, Восточно-Сибирский государственный технологический университет (г. Улан-Удэ, Республика Бурятия)

## Влияние оксидного состава сырья на физико-механические свойства пеноситалла

Создание пористых структур в стеклокристаллических материалах на основе ситаллизирующихся стекол и разработка пеноситаллов по несложной технологии при сравнительно невысоких температурах вспенивания является одной из актуальных задач энерго- и ресурсосберегающей технологии. Одним из путей решения поставленной задачи является подбор таких компонентов шихты, в процессе обжига которых образуется кристаллическая фаза при невысокой температуре. Вместе с тем применение пеноситаллов в строительстве целесообразно лишь в том случае, если при их производстве используются сырьевые материалы, которые имеют невысокую стоимость и доступны в достаточном объеме. Получение пеноситаллов без введения каталитических добавок позволило бы повысить эффективность их применения. Такой подход к подбору сырьевых материалов стал обоснованием выбора в качестве основных компонентов шихты природных вулканических стекол Мухор-Талинского месторождения и боя тарного стекла. Соотношение оксидов кремния, алюминия и натрия в стеклошихте подбирались таким образом, чтобы состав шихты не требовал дополнительного введения этих же оксидов. Суммарное содержание других оксидов и примесей, вводимых в стеклошихту исходными сырьевыми материалами, составило не более 10%.

Известно, что есть возможность синтеза ситаллов в системе  $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O}$ , к которой можно отнести рассматриваемые нами составы. Получение пеноситалла из смеси природного и искусственного стекла основано на обеспечении неразрывности порируемой массы. Это обеспечивается, как и в классической технологии пеностекла [1], переводом пеностекольной шихты из твердого в пиропластическое состояние путем нагревания до определенной температуры, которая соответствует процессу интенсивного газообразования.

Основные положения технологии получения вспененного алюмосиликатного материала изложены в работе [2] и включают: подбор составов, помол сырьевых компонентов, перемешивание с щелочными добавками, прессование образцов, вспенивание по специальному режиму в интервале температур 800–900°C.

Анализ оксидного состава исходных веществ, приведенный в табл. 1, позволяет предположить, что наличие в них оксидов железа, титана будет способствовать кристаллизации стекол без введения дополнительных затравок кристаллизации.

В качестве основных исследуемых характеристик в настоящей работе были выбраны: средняя плотность образцов  $\rho_0$ , кг/м<sup>3</sup>, и прочность при сжатии  $R_{сж}$ , МПа.

Для решения поставленной задачи и получения математических моделей, отражающих зависимость указанных свойств пеноситалла от состава, использован полный факторный эксперимент (ПФЭ) типа 23. Подбор составов шихты и режимов получения материала обычно связан с проведением большого количества экспериментов. В ходе эксперимента изменялись три фактора на двух уровнях  $X_1 - \text{SiO}_2$ ;  $X_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $X_3 - \text{Na}_2\text{O}$  (мас. %). Критерием оценки качества пеноситалла являются средняя плотность ( $Y_1$ ) и прочность при сжатии ( $Y_2$ ) (табл. 2).

Средние величины характеристик пеноситаллов, определенные по стандартным методикам, приведены в табл. 3.

В результате обработки экспериментальных данных были получены уравнения регрессии, адекватно описывающие основные физико-механические свойства пеноситаллов в зависимости от оксидного состава материала. Уравнения регрессии свойств имели вид:

$$Y_1 = 439,8 - 97,9X_1 - 13,9X_2 + 3,9X_3 + 9,5X_1X_2 - 3,7X_1X_3 - 5,5X_2X_3 \quad (1)$$

$$Y_2 = 6,8 - 0,8X_1 - 0,2X_2 + 0,075X_3 + 0,05X_1X_2 - 0,075X_1X_3 - 0,125X_2X_3 \quad (2)$$

Проверку адекватности уравнений регрессии осуществляли для каждой проверочной точки по критерию Стьюдента при уровне значимости 0,05.

По уравнениям регрессии были определены расчетные величины физико-механических свойств (табл. 3).

Анализ полученных уравнений показывает, что исследуемые факторы оказывают различное влияние на физико-механические свойства пеноситалла. Рост содержания оксида кремния в составе синтезируемого материала по сравнению с оксидами алюминия и натрия оказывает наибольшее влияние на свойства пеноситалла. С увеличением его содержания значения показателей средней плотности  $\rho_0$  и прочности при сжатии  $R_{сж}$  понижаются. Это можно объяснить тем, что  $\text{SiO}_2$  в присутствии щелочных компонентов снижает вязкость алюмосиликатного расплава, вследствие чего тормозится процесс объемной кристаллизации в пеноситалле. Также выяснены эффекты взаимодействия в уравнениях регрессии свойств в отношении указанных оксидов. Оптимальное содержание оксидов должно быть на уровне:  $\text{SiO}_2 - 71,68\text{--}71,69$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3 - 7,06\text{--}8,01$ ;  $\text{Na}_2\text{O} - 10,55\text{--}11$  (мас. %).

Таблица 1

Материал	Содержание оксидов на сухое вещество, мас. %										
	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	FeO	CaO	MgO	$\text{TiO}_2$	$\text{SO}_3$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	п.п.п.
Бой тарного стекла	72,5	2	–	–	6	3,5	–	0,5	–	15,5	–
Перлит-стекло	70,4	14,72	0,76	0,44	0,85	0,27	0,14	следы	3,91	3,41	5,63



Таблица 2

Фактор	Код	Основной уровень	Интервал варьирования	Нижний уровень	Верхний уровень
SiO <sub>2</sub>	X <sub>1</sub>	71,66	0,21	71,45	71,87
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	X <sub>2</sub>	7,09	1,27	8,36	5,82
Na <sub>2</sub> O	X <sub>3</sub>	10,66	0,21	9,46	11,87

Таблица 3

Со- став	Координаты составов, отн. ед.			Средняя плотность ρ <sub>0</sub> , кг/м <sup>3</sup>		Прочность при сжатии R <sub>сж</sub> , МПа	
	SiO <sub>2</sub> (x <sub>1</sub> )	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (x <sub>2</sub> )	Na <sub>2</sub> O (x <sub>3</sub> )	экспериментальная	расчетная	экспериментальная	расчетная
1	-1	-1	+1	558,2	574,2	7,9	7,3
2	+1	-1	+1	368	352	6,5	7,1
3	-1	+1	+1	532,4	516,4	7,6	7,7
4	+1	+1	+1	316,2	332,2	5,5	5,2
5	-1	-1	-1	564	546	7,8	6,8
6	+1	-1	-1	324,5	340,6	5,8	6
7	-1	+1	-1	496,2	512,2	7,1	7,2
8	+1	+1	-1	359	342,8	6,2	6,8

**Основные физико-механические свойства пеноситалла**

Средняя плотность, кг/м<sup>3</sup> .....300–450  
 Прочность при сжатии, МПа .....4,5–6,9  
 Водопоглощение, мас. % .....2–3  
 Теплопроводность, Вт/(м·°C) .....0,071–0,084  
 Морозостойкость, циклы .....более 30

Физико-механические свойства полученного пеноситалла превосходят свойства традиционного пеностекла. Это связано с наличием в пеноситалле различных кристаллических фаз, появление которых изучалось с помощью рентгенофазового анализа. Так, на рентгенограмме (в статье не приводится) полученного пеноматериала обнаружены интенсивные рефлексы с d/n = 2,6; 2,75; 2,84; 3,23; 8,25; 9,1; 9,4, чего не наблюдалось в пеностекле. По-видимому, этим и объясняется прирост прочности образцов пеноситалла по сравнению с контрольными образцами пеностекла на 40%. Улучшенные физико-механические свойства позволяют использовать пеноситалл в качестве изоляционно-конструкционного материала в малоэтажном строительстве. Данный материал можно выпускать в виде мелкоштучных блоков по технологии, адаптированной к керамической.

Хорошее сцепление с кладочным раствором благодаря активной поверхности пеноблоков способствует повышению сейсмостойкости возводимых зданий и сооружений.

Экономический эффект от использования пеноситаллов в строительстве, а также на предприятиях теплоэнергетики и при теплозащите трубопроводов складывается за счет снижения расхода топлива и электроэнергии на этапе его синтеза благодаря содержанию вулканических стекловатых пород и отходов стекла за счет исключения энерго-, материалоемкого процесса стекловарения. Теплофизические свойства материала позволяют уменьшить толщину стен по сравнению со стенами из керамического кирпича.

**Список литературы**

1. Демидович Б.К. Производство и применение пеностекла. Минск: Наука и техника. 1975. 304 с.
2. Дамдинова Д.Р., Цыремпилов А.Д., Константина Д.Р. Состав для получения пеностекла. Патент РФ № 2. 164898. 2001.

**СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО**  
**СКБ СТРОЙПРИБОР**  
 ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ  
 Лицензия Госстандарта РФ на изготовление средств измерений №000110-ИР

**Измерители прочности бетона**

**ИПС-МГ4.01** Метод ударного импульса по ГОСТ 22690. Оснащен функциями ввода коэффициента совпадения K<sub>c</sub> типа контролируемого изделия и вычисления класса бетона В.

**ИПС-МГ4.03** Расширенный режим измерений с возможностью выбора вида заполнителя, возраста и условий твердения бетона. Диапазон 3...100 МПа.

**ПОС-50МГ4** Метод отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690.

**ПОС-50МГ4 «Сколь»** Метод скалывания ребра и отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690. Электронный силоизмеритель, индикация цифровая, время подготовки к работе не более 5 мин. Оснащен электронным силоизмерителем. Индикация скорости нагружения, автоматическая обработка измерений. Диапазон 5...100МПа.

**Измерители адгезии**

Предназначены для контроля прочности сцепления керамической плитки, штукатурки, защитных и др. покрытий с основанием методом нормального отрыва по ГОСТ 28089. 28574. Максимальное усилие отрыва:

**ПСО-2,5МГ4** .....2,45 кН (250кгС)  
**ПСО-5МГ4** .....4,90 кН (500кгС)  
**ПСО-10МГ4** .....9,80 кН (1000кгС)

**Измерители параметров армирования**

**ИПА-МГ4** Измеритель защитного слоя бетона, расположения и диаметра арматуры железобетонных конструкций магнитным методом по ГОСТ 22904. Диапазон измерения защитного слоя 3...100 мм при диаметре арматуры 3...40 мм

**ЗИН-МГ4** Измеритель напряжений в арматуре ж/б изделий частотным методом по ГОСТ 22362.

**ДО-40МГ4** Измеритель силы натяжения арматуры методом поперечной оттяжки по ГОСТ 22362.

**Приборы для теплофизических измерений**

**ИТП-МГ4 «100/250»** Измеритель теплопроводности и термического сопротивления материалов при стационарном режиме по ГОСТ 7076 и методом теплового зонда по ГОСТ 30256.

**ИТП-МГ4.03 «Поток»** Обеспечивается определение плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции зданий и теплоизоляцию энергообъектов. Имеет режим самосцида (до 15 суток). Диапазон.....2...500 Вт/м<sup>2</sup>; -30...+100°С.

**Измерители параметров вибрации**

**Вибротест-МГ4** Измеритель виброскорости, виброускорения, амплитуды и частоты колебаний виброустановок и др. объектов.  
**Вибротест-МГ4+** Имеет режим самосцида (до 25 часов).

**Измерители влажности и температуры**

**Влагомер-МГ4** Измерители влажности стройматериалов по ГОСТ 16588, 21718.

**МГ4Д** Измеритель влажности древесины.  
**МГ4Б** Измеритель влажности бетона, кирпича, древесины.  
**МГ4У** Универсальный измеритель влажности стройматериалов, включая сыпучие.

**ТГЦ-МГ4.01** измеритель влажности и температуры воздуха с режимом самосцида (до 5 суток). Диапазон 0...100%, -20...+85°С.  
**ТЗЦ-МГ4.01** Термометр цифровой зондовый. Одно- и двухканальный, с режимом самосцида (до 15 суток). Диапазон -30...+250°С.  
**Анемометр ИСП-МГ4** Измеритель скорости воздушных потоков и их температуры в вентиляционных системах, средней скорости ветра с режимом самосцида (до 24 часов). Диапазон 0,4...30м/с, -20...+100°С.

Приборы сертифицированы, имеют энергонезависимую память, режим связи с ПК.

454084, г. Челябинск, а/я 8538, ул. Калинина, 11г,  
 Тел./факс (3512) 90-16-85, 90-16-13,  
 г. Москва, тел.(095) 174-78-01, 174-72-05  
 E-mail: stroypribor@chel.surnet.ru http://www.stroypribor.ru

Т.Н. ЧЕРНЫХ, инженер, Б.Я. ТРОФИМОВ, д-р техн. наук,  
Л.Я. КРАМАР, канд. техн. наук, ЮУрГУ (Челябинск)

## Влияние эфиров целлюлозы на свойства растворных смесей и растворов

В современном строительстве все больше отделочных работ производится с помощью сухих строительных смесей (ССС). В состав ССС входят вяжущие вещества, заполнители, наполнители и комплекс необходимых химических добавок. Практически ни одна качественная сухая смесь не обходится без добавки эфиров целлюлозы. Эту добавку вводят для улучшения удобообрабатываемости растворных смесей и снижения потерь при использовании за счет повышения их водоудерживающей способности и адгезии к основанию.

Существует несколько мнений о влиянии целлюлозы на свойства растворов и процессы гидратации цемента. Некоторые исследователи полагают, что при введении в смесь этой добавки гидратация цемента происходит полнее за счет того, что в растворе дольше сохраняется вода, и как следствие этого, раствор набирает большую прочность как при сжатии, так и при изгибе [1]. По другим данным [2], эфиры целлюлозы в малых количествах тормозят процессы гидратации, но при этом повышают трещиностойкость, прочность растворов при изгибе и сцепления растворов с основанием.

То есть единого мнения о влиянии этой добавки на свойства растворов и процессы гидратации цемента нет. Нет также и однозначных сведений о том, как следует рассчитывать добавку: на массу вяжущего или массу ССС.

Цель исследования — изучение влияния добавки эфиров целлюлозы на процессы гидратации и набор прочностных характеристик цементных растворов. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- изучить влияние добавки на водоудерживающую способность растворных смесей;
- выяснить, в каком количестве и как необходимо рассчитывать данную добавку: на массу цемента или на массу всей ССС;
- исследовать влияние добавки на интенсивность набора прочности раствора и полноту процессов гидратации.

Для проведения работ применяли портландцемент Коркинского цементного завода ПЦ 400 Д 20, пе-

сок Кичигинского месторождения с  $M_k = 1,2$  и добавку метилгидрооксипропилцеллюлозы (МГПЦ) Mecellose FMC 22501.

Подготовку образцов, определение водоудерживающей способности растворных смесей и прочности растворов при сжатии проводили по ГОСТ 5802. В ходе работы использовали дериватографический и рентгенографический методы анализа полученных материалов.

Для решения первой задачи определяли водоудерживающую способность растворных смесей с различным количеством добавки Mecellose FMC 22501 (0–0,1% от массы ССС). Полученные зависимости (рис. 1, 2) позволяют отметить, что водоудерживающая способность растет прямо пропорционально количеству добавки. Введением МГПЦ в пределах 0,1% от массы ССС водоудерживающую способность растворных смесей можно повысить с 95 до 99%. Однако большее количество добавок, при которой они не расслаиваются и легко наносятся, достаточно иметь водоудерживающую способность около 97%. Следовательно, необходимое количество добавки МГПЦ составляет 0,04–0,06% от массы ССС (рис. 2).

Анализ изменения водоудерживающей способности растворных смесей в зависимости от расхода цемента и количества добавки МГПЦ показывает, что если рассчитывать количество последней на массу цемента (рис. 1), то с увеличением количества вяжущего в растворной

смеси повышается водоудерживающая способность, а при расчете количества МГПЦ на массу всей ССС (рис. 2) на водоудерживающую способность оказывает влияние только изменение дозировки добавки, а зависимость от цементно-песчаного отношения не прослеживается.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что добавка распределяется по всему объему растворной смеси, связывая воедино цемент и песок, что способствует образованию удобоносимой вязкой массы. Следовательно, количество добавки эфиров целлюлозы необходимо рассчитывать на всю массу ССС.

Для выявления влияния эфиров целлюлозы на прочность растворов при сжатии изготовленные образцы испытывали в возрасте 1, 3, 7 и 28 суток твердения. Динамика набора прочности (рис. 3) показывает, что повышение количества добавки эфиров целлюлозы ведет к существенному снижению прочности растворов, и чем выше дозировка добавки, тем сильнее снижаются прочностные показатели.

Для выявления причины снижения прочности при сжатии проводили дериватографический анализ растворов, по результатам которого построены зависимости количества химически связанной воды в растворах от времени твердения и наличия МГПЦ (рис. 4).

Анализируя эти данные, можно сделать вывод, что нет существенной разницы между количеством

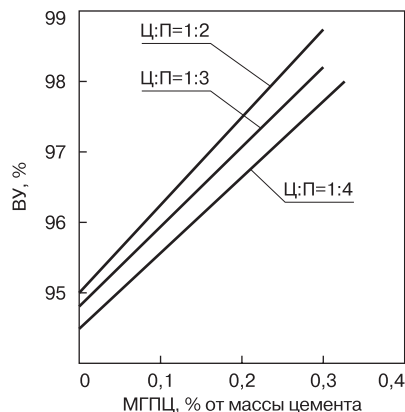


Рис. 1. Зависимость водоудерживающей способности (ВУ) от цементно-песчаного отношения (Ц:П) и количества МГПЦ в % от массы цемента

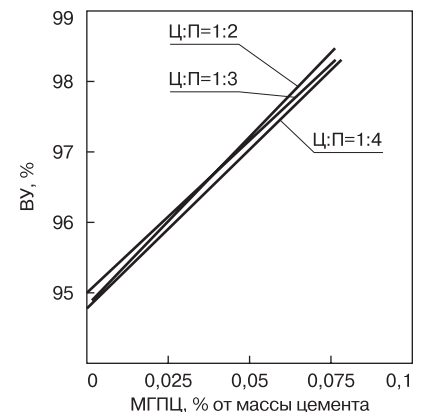


Рис. 2. Зависимость водоудерживающей способности (ВУ) от цементно-песчаного отношения (Ц:П) и количества МГПЦ в % от массы всей ССС

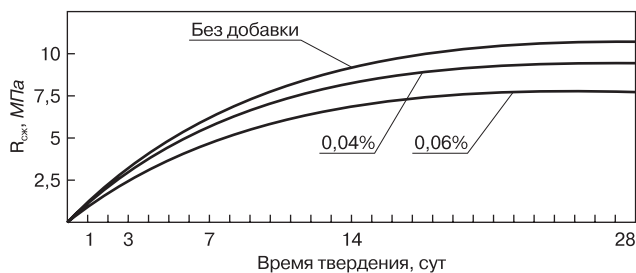


Рис. 3. Динамика набора прочности растворов в зависимости от количества добавки МГПЦ

химически связанной воды в растворах с добавкой 0,06% эфиров целлюлозы от массы ССС и без добавки. То есть образцы в присутствии МГПЦ гидратируют настолько же полно, что и образцы без эфиров целлюлозы. Рентгенофазовый анализ также показал, что в возрасте 7 и 14 суток твердения в растворах без добавки и с добавкой МГПЦ 0,06% от массы ССС выделяется примерно одинаковое количество  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , что также свидетельствует о том, что эфиры целлюлозы не препятствуют гидратации цементного камня.

Существенное снижение прочности при сжатии схватившихся растворов с добавкой эфиров целлюлозы по сравнению с бездобавочными при достаточно полной гидратации цемента в растворе можно

объяснить тем, что эфиры целлюлозы, находясь в объеме материала, распределяются по поверхности зерен заполнителя и тем самым снижают прочность сцепления песка с цементным камнем. Вследствие этого раствор при нагружении разрушается по ослабленной зоне контакта песка и цементного камня.

В результате проведенной работы подтверждено, что добавки эфиров целлюлозы улучшают удобообрабатываемость растворных смесей, повышают их водоудерживающую способность, снижают потери при использовании растворных смесей, а также повышают липкость растворных смесей к основанию.

Выявлено, что рассчитывать добавку МГПЦ необходимо на всю массу ССС.

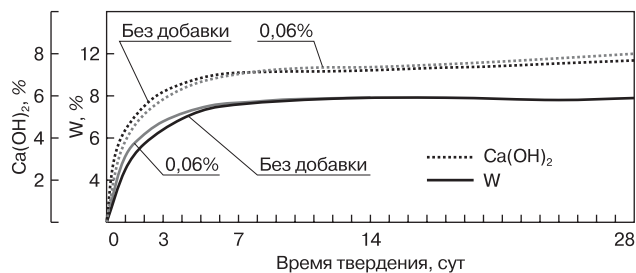


Рис. 4. Зависимость количества химически связанной воды (W) и выделившегося  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в растворе от времени и наличия МГПЦ

При введении эфиров целлюлозы в растворные смеси происходит распределение добавки по всем составляющим, а в схватившемся растворе добавка эфиров целлюлозы распределяется в зоне контакта заполнителя с цементным камнем, ухудшая сцепление, что приводит к снижению прочности растворов при сжатии при достаточно полной гидратации цемента.

#### Список литературы

1. Мешков П.И., Мокин В.А. Способы оптимизации составов сухих строительных смесей // Строит. материалы. 2000. № 5. С. 12.
2. Естемесов З.А., Васильченко Н.А. Влияние Тилозы на процессы гидратации цемента // Строит. материалы. 2000. №7. С. 10.



**ЕвроХим-1**



**ОМИТИ**  
ГРУППА КОМПАНИЙ

## Добавки для сухих строительных смесей

- Эфиры целлюлозы **Mecellose®**
- Редиспергируемые порошки **Mowilith Pulver®**
- Супер- и гиперпластификаторы **Melment®** и **Melflux®**
- Антивспениватели **Agitan®**
- Целлюлозные волокна **Technocel®**
- Полиакриловые волокна **Ricem®**
- Регуляторы схватывания
- Гидрофобизаторы
- И другие поверхностно - активные модификаторы

115432, г.Москва, ул.Трофимова, д.2а

Тел. (095) 975-75-05 Факс (095) 975-76-00 E-mail: sss@eurohim.ru www.eurochem.ru

# УРАЛЬСКАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ НЕДЕЛЯ

2–5 марта 2003 г. в Челябинске в пятый раз с успехом прошла Уральская строительная неделя, объединившая ряд специализированных выставок: Теплый дом, Энергосбережение, Все о природном камне, Деревообработка. Ее организатором является выставочный центр «ЮжуралЭкспо» при поддержке правительства Челябинской области, Союза строителей Урала, управления Госэнергонадзора по Челябинской области, ОГПУ «Энергосбережение».

На относительно небольшой площади ДС «Юность» разместилась экспозиция, включавшая около 170 предприятий и организаций из 40 городов России, а также компании из Латвии и Казахстана.

 **ТЕПЛЫЙ ДОМ**
 **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ**
 **ДЕРЕВООБРАБОТКА**
 **ВСЁ О ПРИРОДНОМ КАМНЕ**

Уральская строительная неделя – комплексное мероприятие, отражающее достижения и разработки специалистов в области строительства, энерго- и ресурсосбережения. Выставки призваны содействовать решению основных задач, поставленных перед строительным комплексом Челябинской области на 2004 г.: увеличить объем производства строительных материалов; совместно с муниципальными образованиями продолжить реализацию областной целевой программы «Жилье на период 2002–2010 годы», уделив основное внимание строительству доступного для населения жилья, программам «Реализация системы ипотечного жилищного кредитования» и «Свой дом» в сельской местности; добиться увеличения объемов строительства жилья до 795 тыс. м<sup>2</sup>. Экспозиция выставок Уральской строительной недели наглядно продемонстрировала потенциальные возможности решения этих задач. Был представлен широкий спектр материалов и конструкций для строительства – стеновых, теплоизоляционных, кровельных, отделочных.

**Фирма «Алга»** (Челябинск), входящая в промышленную группу компаний «Роспрокат», представила на выставке не только продукцию собственного производства – металлический сайдинг, металлочерепицу, профнастил, но и фасадные системы с отделкой металлическими кассетами, композитными материалами и плитами CemStone и ФАССТ. В комплектацию поставок входят теплоизоляционные материалы, различные строительные пленки, профили, мансардные окна, а также инструмент и крепеж.

**ООО «Челябинский завод современного стекла»** – молодое предприятие по переработке стекла, созданное в 2002 г. и оснащенное современным высокотехнологичным оборудованием ведущих мировых производителей. На заводе производят закалку, резку и комплектную обработку стекла, наносят на него эмаль и шелкографию. Наличие на предприятии конструкторского отдела позволяет выпускать не только простые двери, офисные перегородки, душевые кабины и двери для саун, но и элементы для сложного остекления фасадов, балконов и лоджий, зимних садов, панорамных лифтов и др. Для выполнения заказов кроме отечественного используется стекло известных мировых производителей из Бельгии, Великобритании, США, Франции, Турции.

На выставке было представлено закаленное стекло различной толщины (до 19 мм), продемонстрированы возможности оборудования по раскрою стекла сложной конфигурации. Посетители могли ознакомиться с каталогами объектов, выполненных с применением стекла «ЧЗСС».

**ЗАО ПСК «Геккон»** (г. Трехгорный Челябинской обл.) предлагает специальные фасадные кассеты «Геккон», изготовленные из оцинкованной стали толщиной 0,5–1,5 мм с последующим нанесением порошкopolyмерного покрытия широкой цветовой гаммы. Элементы подконструкции (горизонтальные и вертикальные составляющие, кронштейны) выполнены из оцинкованной стали толщиной 1,2–1,5 мм. В комплекте с фасадными кассетами поставляются дополнительные элементы (карнизы, откосы, отливы и др.), которые придают зданию законченный внешний вид.



ООО «Пром-Метиз» из г. Чебаркуль Челябинской обл. предлагало широкий ассортимент канатных строп и специальных прокладок. Материалы не строительные, но без них ничего не построишь!



Челябинский центр ландшафтного дизайна «Терра» убедительно продемонстрировал талант и находчивость своих дизайнеров. Небольшой стенд был оформлен буквально воздухом



Фасадные кассеты «Геккон» успешно применены при новой отделке Южно-уральского государственного университета. Форма и цвет кассет полностью имитируют первоначальную облицовку керамической плиткой

Разработаны две системы фасадных кассет – открытая, в которой крепежные винты остаются снаружи прикрепляемых деталей, и закрытая, где крепежные винты скрыты краем верхней кассеты.

По заказам фасадные кассеты «Геккон» могут быть изготовлены из нержавеющей стали, меди, алюминия. Форма, размер, тип кассет и цветовые решения определяются в зависимости от размеров и формы объекта.

Необычное применение известной технологии «Систром» нашли специалисты **ООО «Производственная строительная компания»** (г. Златоуст Челябинской обл.). Они разработали технологические приемы и специальное оборудование, позволяющие офактуривать традиционные стеновые материалы – керамический кирпич, шлакоблоки и др. Тонкое (3–5 мм) полимербетонное покрытие имеет не только широкую цветовую гамму и качественную поверхность, но и очень высокую прочность (до М1000) и адгезию к основанию. Кирпич производится офактуренный с ложка, тычка и угла.

Применение офактуренного кирпича позволяет, используя материал относительно невысокой стоимости, получить кладку высокого качества и эстетичности.

Разработана технологическая линия, включающая несколько агрегатов и практически исключая ручные операции, которая в ближайшее время будет установлена на одном из кирпичных заводов Челябинска.

Одним из краеугольных камней реформы ЖКХ является снижение потерь тепла в сетях. Для решения этой задачи в г. Салават Республики Башкортостан в 1999 г. было создано **ООО «Термоизопласт»**. Предприятие производит и поставляет элементы прокладки тепловых сетей в полной комплектации: трубы, отводы, тройники, компенсаторы различной формы и др. в пенополиуретановой изоляции с полиэтиленовой оболочкой для подземной прокладки и в оцинкованной оболочке для надземной прокладки. Налажен выпуск цилиндров и пластин для теплоизоляции трубопроводов диаметром 57–1020 мм и строительных конструкций. Все элементы трубопроводов оснащаются сигнальными проводами системы оперативно-диспетчерского контроля (ОДК), которая указывает на наличие влаги в теплоизоляционном слое в случае повреждения наружной оболочки или внутренней коррозии труб.

Недорогим и эффективным утеплителем является пенополистирол. Уфимское **НПО «Полимер»** с 1991 г. выпускает плитный пенополистирольный утеплитель, постоянно наращивая мощности и повышая качество продукции. На выставке была представлена продукция нового поколения – утеплитель, выпускаемый на новой технологической линии из сырья ведущих мировых производителей. Характеристики нового материала превышают требования ГОСТ. Например, водопоглощение за 24 ч плит ПСБ-С-15 составляет 0,6 об.% при требовании ГОСТ 3 об.%. Специалисты смогли также оценить перспективную продукцию предприятия – несъемную пенополистирольную опалубку, линия по производству которой будет запущена к лету 2004 г.

Украшением выставки стала экспозиция «Царская палата XVII века» **творческо-производственного предприятия «Екатеринбургский художественный фонд»**, предлагающего услуги по разработке программ монументально-художественного оформления городов и населенных пунктов, а также по созданию монументальных произведений искусства.

В рамках Уральской строительной недели состоялась обширная деловая программа. В один из дней на выставке работали члены коллегии Главного управления строительства и архитектуры Челябинской области.

По результатам работы выставки ее участники были награждены дипломами и медалями.



В один из дней работы выставки консультации на стенде проводил генеральный директор «Челябинского завода современного стекла» И.В. Кирчанов



На глазах посетителей выставки каменщик выкладывал фрагмент стены из офактуренного керамического кирпича на стенде ООО «Производственная строительная компания»

### 3-й Международный научно-практический семинар

## Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения



26–27 мая  
2004 года

Министерство архитектуры и строительства  
Республики Беларусь,  
УП «НИИСМ», УП «Институт БЕЛНИИС»,  
ОАО «Забудова», НПО «Стринко»

На семинаре планируется обсудить следующие вопросы:

- ✓ Снижение плотности ячеистого бетона и переход на выпуск изделий плотностью 400 кг/м<sup>3</sup> с высокими физико-техническими показателями.
- ✓ Организация массового производства ячеистобетонной теплоизоляции плотностью 150–200 кг/м<sup>3</sup>.
- ✓ Достижение точности разреза массива сырца с допусками 1,0–1,5 мм.
- ✓ Снижение расхода газообразователей.
- ✓ Технологическое оборудование.
- ✓ Нормативная база применения ячеистого бетона.
- ✓ Ячеистобетонные изделия в несущих и ограждающих конструкциях.
- ✓ Наружное утепление ячеистым бетоном жилых домов средней этажности.

Оргкомитет: 220114, Минск,  
Староборисовский тракт, д. 15, оф. 401 в.  
Тел./факс: (+375 17) 263 66 20, 264 61 75,  
e-mail: bsr@telecom.by



Генеральный спонсор семинара фирма  
«MASA International Group» (Германия)

## Обеспечение надежности нагруженных строительных изделий из полимерных материалов на этапах проектирования, производства и эксплуатации

Среди нагруженных строительных изделий из полимерных материалов можно выделить группу изделий для инженерного обеспечения объектов строительства и обустройства территорий [1]. К таким изделиям относятся трубы, соединительные и фасонные изделия из конструкционных термопластов, используемые в системах холодного и горячего водоснабжения, отопления, водоподготовки, пневмопроводах и технологических трубопроводах. В системах поверхностного водоотвода при обустройстве территорий используются пластмассовые водостоки: желоба, дождеприемники, решетки и т. д. На предприятиях, производящих строительные материалы, применяются полимерные противоналипающие футеровочные пластины. Полимерные материалы используются при ремонте технологического оборудования. Конструкционные термопласты широко применяются в зданиях и сооружениях, построенных по технологии домостроительной системы SOPOS: стержневые элементы несъемной опалубки для крепления арматуры, втулки крепления навесных конструкций.

Широко применяемыми полимерными материалами являются термопласты на основе полипропилена (ПП), включающие в себя базовые марки полипропилена, статистические сополимеры, блоксополимеры (БСП), наполненные и морозостойкие композиции (МПП).

В настоящее время отсутствуют методы оценки надежности, учитывающие особенности поведения полимерных строительных материалов на этапах проектирования, производства и эксплуатации. Полимерные композитные материалы (ПКМ) имеют значительное рассеяние прочностных и деформационных характеристик в исходном состоянии, а также в процессе эксплуатации.

В данной работе рассматривается влияние факторов, действующих на надежность строительных изделий из полимерных материалов на этапах

проектирования, производства и эксплуатации. Разработана концепция поэтапной оценки надежности строительных изделий из полимерных материалов по различным критериям в зависимости от назначения изделия и характера его работы.

Для поэтапной оценки надежности изделий из полимерных материалов по основным критериям необходимо иметь статистическую информацию по деформационно-прочностным, упругим, дилатометрическим и усадочным характеристикам.

Оценка надежности начинается с анализа изделия, его назначения, режима работы, условий эксплуатации, вида ожидаемых отказов. На этой основе выбирается критерий работоспособности изделия. Наиболее распространенными критериями являются прочность, точность, климатическая устойчивость, стойкость к агрессивным средам и др.

Модель расчета надежности по критерию прочности основана на анализе распределения действующих и предельных напряжений, по критерию точности — на анализе распределения усадочных характеристик и размерного допуска изделия, по критерию климатической устойчивости — на анализе распределения текущего и предельного параметров.

В качестве основного критерия оценки надежности строительных изделий из полимерных материалов, работающих под нагрузкой, является критерий прочности. На рис. 1 приведена структурная схема поэтапной оценки надежности изделий из полимерных композитных материалов по критерию прочности.

Для полимерных покрытий материалов с различными коэффициентами линейного теплового расширения, полимерных деталей, армированных металлическими вставками, металлополимерных изделий оценка надежности также проводится по критерию прочности. Для оценки надежности по критерию прочности необходимо определить вероятность того, что прочность изделия или его элемента больше, чем расчетные напряжения.

Для оценки прочностной надежности необходимо знать распределение случайных величин — максимального эквивалентного напряжения и прочности. Распределение случайных величин напряжения и прочности для элементов конструкций из полимерных материалов может быть описано нормальным законом. Зная это распределение случайных величин, на основе статистической модели надежности можно определить вероятность безотказной работы элемента по критерию прочности [2, 3].

Выражая вероятность безотказной работы  $R(t)$  через нормированную функцию нормального распределения, имеем

$$R(t) = 1 - \Phi \left[ - \frac{\bar{\sigma}_m - \bar{\sigma}_{экв}}{\sqrt{S_{\sigma_m}^2 + S_{\sigma_{экв}}^2}} \right], \quad (1)$$

где  $\bar{\sigma}_m$  — среднее значение предела текучести при растяжении;  $\bar{\sigma}_{экв}$  — среднее значение эквивалентного напряжения;  $S_{\sigma_m}$  — среднеквадратическое отклонение предела текучести при растяжении;  $S_{\sigma_{экв}}$  — среднеквадратическое отклонение эквивалентного напряжения.

В данной работе в качестве объектов исследования были выбраны материалы на основе ПП. Образцы в форме лопаток с площадью поперечного сечения  $A_0$ : 2,5×1; 5×2; 13×3; 25×8 мм<sup>2</sup> были изготовлены методом литья под давлением в количестве 30 шт. для каждого типоразмера. Образцы испытывали на растяжение на испытательной машине 2167 Р-50 при скорости растяжения 50 мм/мин.

На этапе проектирования при выборе материала следует иметь в виду, что при одинаковом коэффициенте безопасности существенное значение для оценки вероятности безотказной работы будет иметь изменчивость этих величин, определяемая их среднеквадратическими отклонениями. Коэффициент безопасности определяется как отношение среднего значения предела текучести  $\bar{\sigma}_m$  к среднему значению эквивалентного напряжения  $\bar{\sigma}_{экв}$ .

Таблица 1

Материал	$\bar{\sigma}_m$ , МПа	$S_{\sigma_m}$ , МПа	Материал	$\bar{\sigma}_m$ , МПа	$S_{\sigma_m}$ , МПа
ПП 21060-16	32	0,37	ПП 21060-16 А20	32	0,43
МПП 15-04, бесцветный	24,7	0,53	ПП 21060-16 Т20	33,7	0,35
МПП 15-04, черный	26,9	0,51	БСПЭ 22013-С	23,6	0,52
МПП 15-06, бесцветный	25,4	0,7	БСПЭ 22015-16	29,1	0,52
МПП 15-06, черный	25,3	0,7	БСПЭ 22007-16	29,4	0,39

**Примечание.**  $\bar{\sigma}_m$  – среднее значение предела текучести измеряли по ГОСТ 11262–80 на образцах сечением 10 мм<sup>2</sup>;  $S_{\sigma_m}$  – среднеквадратическое отклонение предела текучести. БСПЭ – блоксополимер ПП с этиленом.

Таблица 2

Материал		Величина площади поперечного сечения $A_0$ , мм <sup>2</sup>			
		2,5	10	39	200
МПП 15-04 бесцветный	$\bar{\sigma}_m$ , МПа	31,85	24,74	24,69	21,94
	$S_{\sigma_m}$ , МПа	1,35	0,53	1,16	0,22
БСПЭ 2200716	$\bar{\sigma}_m$ , МПа	40	29,35	28,64	28,1
	$S_{\sigma_m}$ , МПа	2,28	0,39	0,31	0,1

Таблица 3

Материал	E, МПа	$\mu$	$\alpha_{ст}$ , 10 <sup>6</sup> град <sup>-1</sup>	$\alpha_{в.э}$ , 10 <sup>6</sup> град <sup>-1</sup>	$T_{ст}$ , К
БСПЭ 22007-16	1170/95	0,37/0,02	–	98/12	–
МПП 15-04, бесцветный	1110/77	0,36/0,018	–	104/14	–
МПП 15-04, черный	1100/76	0,36/0,017	–	101/13	–
СНП 21060-16-С30	1500/114	0,26/0,016	15/2,7	30/3,2	272/2

**Примечание.** Над чертой – среднее значение, под чертой – среднеквадратическое отклонение модуля упругости E, коэффициента Пуассона  $\mu$ , коэффициентов линейного теплового расширения в стеклообразном  $\alpha_{ст}$  и в высокоэластическом  $\alpha_{в.э}$  состояниях и температуры стеклования  $T_{ст}$  соответственно.

Так, для базовых марок полипропилена (ПП) среднеквадратическое отклонение прочности меньше, чем у наполненных композиций ПП и у морозостойких композиций ПП (МПП), представляющих собой механическую смесь базовых марок ПП с бутилкаучуком или полиизобутиленом (табл. 1). Следует учитывать, что статистические характеристики деформационно-прочностных свойств ПКМ различаются для разных партий одного и того же материала.

В табл. 2 приведены среднее значение и среднеквадратическое отклонение предела текучести при различной величине  $A_0$ , мм<sup>2</sup>, для термопластов на основе ПП. Увеличение площади поперечного сечения  $A_0$  образцов вызывает уменьшение среднего значения и значительно изменяет среднеквадратическое отклонение предела текучести исследуемых термопластов. Кроме того, величина  $A_0$  оказывает существенное влияние на другие деформационно-прочностные свойства материалов на основе полипропилена.

На разброс значений эквивалентных напряжений влияет рассеяние упругих, деформационных и теплофизических характеристик. В табл. 3 представлены значения средних и среднеквадратических отклонений модуля упругости E, коэффициента Пуассона  $\mu$ , коэффициентов линейного теплового расширения в стеклообразном  $\alpha_{ст}$  и в высокоэластическом  $\alpha_{в.э}$  состояниях и температуры стеклования  $T_{ст}$ .

Приведенные материалы на основе полипропилена в эксплуатационном диапазоне температур находятся в высокоэластическом состоянии, за исключением стеклонаполненного полипропилена СНП 21060-16-С30.

На рис. 2 показано влияние среднеквадратических отклонений параметров, составляющих модели надежности: предела текучести, коэффициента Пуассона, модуля упругости на вероятность безотказной работы. Вероятность безотказной работы рассчитана для случая нанесения полимерного покрытия из МПП 15-04-901 на жесткую основу. Равное двухосное напряженное состояние возникает из-за разницы коэффициентов линейного теплового расширения жесткой основы и полимерного покрытия. Задан коэффициент безопасности  $n = 1,2$ . Эквивалентные напряжения рассчитываем по гипотезе наибольших касательных напряжений при постоянной деформации их вызывающей. Среднеквадратическое отклонение исследуемого параметра рассчитывалось при 20, 50 и 100% увеличении его исходного значения, при

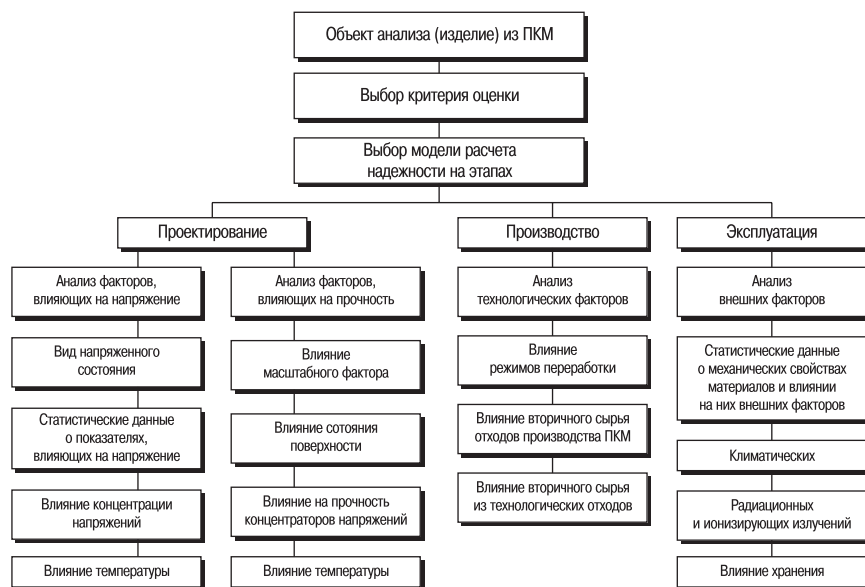
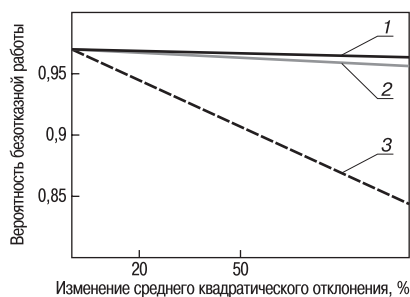
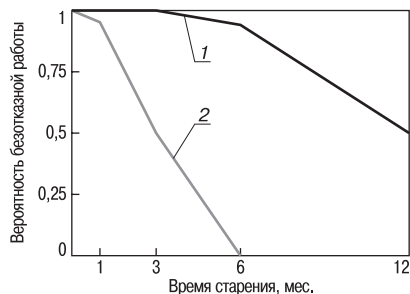


Рис. 1. Структурная схема поэтапной оценки надежности



**Рис. 2.** Влияние изменения среднеквадратического отклонения параметра на вероятность безотказной работы: 1 – предел текучести; 2 – коэффициент Пуассона; 3 – модуль упругости



**Рис. 3.** Зависимость вероятности безотказной работы от времени старения термопластов на основе полипропилена: 1 – МПП 15-04, бесцветный; 2 – БСПЭ 22007-16 в условиях холодного климата

этом остальные параметры не изменялись. Из графика видно, что наибольшее влияние на вероятность безотказной работы оказывает модуль упругости. При росте среднеквадратического отклонения модуля упругости в два раза от исходного значения вероятность безотказной работы уменьшается с 0,973 до 0,841. Увеличение в два раза среднеквадратического отклонения коэффициента Пуассона и предела текучести приводит к незначительному уменьшению надежности покрытия.

В строительных изделиях из полимерных материалов в местах резкого изменения формы, в полимерных деталях, армированных металлическими вставками, в полимерных покрытиях имеются места концентрации напряжений. Максимальные местные напряжения определяются через коэффициенты концентрации напряжений. Результаты испытаний образцов частично кристаллических полимерных материалов с концентратором напряжений показывают увеличение разброса значений прочностных характеристик. Например, для термопласта блоксополимера БСПЭ 22007-16 среднеквадратическое отклонение прочности при растяжении образцов без концентратора напряжений равно 0,39 МПа, а с концентратором напряжений – 0,53 МПа. Испытания показали, что материалы на основе ПП нечувствительны к концентраторам напряжений.

Результаты экспериментальных исследований средних значений и среднеквадратических отклонений предела текучести термопласта БСПЭ 22015-16 с ростом содержания отходов переработки показали некоторое колебание прочности в пределах 29,4 МПа (при содержании 0% отходов) до 27,6 МПа (при содержании 100% отходов) и незначительное снижение ее среднеквадратического отклонения с 1 до 0,98 [4]. При этом вероятность безотказной работы изделия из термопласта БСПЭ 22015-16 с различным содержанием отходов переработки изменяется нелинейно и равна 0,95 в образцах, не содержащих отходов; 0,82 при добавке 10% отходов; 0,97 и 0,86 при 50 и 100%-ном содержании отходов соответственно. Это связано, вероятно, с незначительным изменением модуля упругости до 6% и значительным изменением его среднего квадратического отклонения до 70% при увеличении содержания массовой доли технологических отходов. Максимальное изменение среднеквадратического отклонения модуля упругости наблюдалось при 10% и 100% содержания массовой доли технологических отходов.

Для оценки влияния эксплуатационных факторов на надежность строительных изделий из полимерных материалов, работающих под нагрузкой, рассмотрим влияние естественных климатических факторов. В качестве примера рассмотрены бесцветные конструкционные термопласты, имеющие значительное изменение свойств при старении.

Экспонирование образцов материала проводилось в течение 12 месяцев на климатической площадке в районе г. Якутска. Оказалось, что в течение года экспонирования предел текучести уменьшается. Например, для образцов МПП 15-04 бесцветного с 24,7 до 10,2 МПа, а для образцов из БСПЭ 2207-16 – с 29,4 до 9,5 МПа. Среднеквадратическое отклонение предела текучести с увеличением времени старения возрастает. Модуль упругости при растяжении за этот же период изменяется незначительно. Так, для МПП 15-04 бесцветного модуль упругости изменяется от 1100 до 920 МПа, а для БСПЭ 2207-16 – с 1170 до 1390 МПа.

На рис. 3 показана зависимость вероятности безотказной работы от времени старения термопластов на основе ПП в условиях холодного климата. Вероятность безотказной работы рассчитана для случая одноосного напряженного состояния при исходном коэффициенте безопасности, равном 1,5 для обоих материалов. Действующие напряжения определялись для постоянной деформации при изменении модуля упругости при

старении. Из графика видно, что вероятность безотказной работы для рассмотренной модели существенно зависит от времени старения, особенно для слабо стабилизированных бесцветных термопластов.

Таким образом, концепция поэтапной оценки надежности строительных изделий из полимерных материалов включает следующие положения.

Первое положение связано с выбором критерия работоспособности на основе анализа изделия, его назначения, режима работы, условий эксплуатации, вида ожидаемых отказов.

Второе – с установлением комплекса свойств выбранного на основе критерия работоспособности изделия. Характеристики этих свойств являются составляющими статистической модели надежности. Важным моментом является выбор предельной характеристики, по отношению к которой осуществляется расчет надежности. Для материала на основе ПП такой характеристикой является предел текучести.

Третье положение устанавливает этапы оценки надежности, включающие полностью или частично учет влияющих факторов при проектировании, производстве и эксплуатации изделия.

Анализ статистической модели надежности при воздействии конструкторских, технологических и эксплуатационных факторов показывает, что вероятность безотказной работы изделий чувствительна к изменению прочностных и упругих статистических характеристик материала.

Обеспечение надежности осуществляется выбором материала, регулированием и оптимизацией его состава, режимов переработки, видом внешних воздействий.

#### Список литературы

1. *Реутов Ю.И.* Технология производства изделий для инженерного обеспечения объектов строительства из конструкционных термопластов и отходов их переработки // Строит. материалы. 1995. № 6. С. 2–5.
2. *Капур К., Ламберсон Л.* Надежность и проектирование систем. М.: Мир, 1980. 351 с.
3. *Reutov A.I.* Prediction of the Reliability of Plastic Products. The 7 Korea-Russia Int. Symp. of Science and Technology. KORUS, 2003. Vol. 1. P. 355–359.
4. *Реутов Ю.И., Реутов А.И., Грошев А.П.* Проблемы качества изделий из вторичных полимерных материалов // Известия Томского политехнического университета. 2002. Т. 305. Вып. 5. С. 192–196.



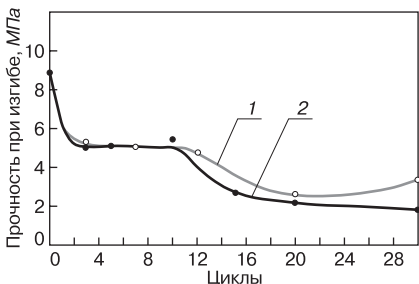
О.А. КИСЕЛЕВА, канд. техн. наук, В.П. ЯРЦЕВ, д-р техн. наук  
(Тамбовский государственный технический университет)

## Влияние циклического действия температуры и влаги на прочность древесно-стружечных плит

В процессе эксплуатации материалы подвержены попеременному замачиванию-высушиванию и замораживанию-оттаиванию, что существенно сказывается на их сроке службы. Было исследовано влияние циклического воздействия влаги и температуры (выше +25°C и ниже -15°C) на прочность древесно-стружечных плит (ДСП) при разных видах нагружения.

Исследования проводили на ДСП различной плотности и крупности стружки (800 кг/м<sup>3</sup> – с мелкой стружкой, 700 и 850 кг/м<sup>3</sup> – с крупным размером наполнителя). Образцы замачивали в воде в течение 1 ч, а затем часть из них сушили при температуре 25°C, а остальные выдерживали при (-15) – (-20)°C до полного промерзания, оттаивали и высушивали. После заданного числа циклов замачивания-высушивания или замораживания-оттаивания образцы испытывали на кратковременную прочность при поперечном изгибе по ГОСТ 19592–80. Полученная зависимость представлена на рисунке.

Из рисунка видно, что уже после 3 циклов наблюдается значительное снижение прочности (на 42%). Затем процесс замедляется и при 20 циклах



Влияние циклов замачивания (1) и замораживания-оттаивания (2) на прочность при изгибе ДСП плотностью 800 кг/м<sup>3</sup>

наступает его стабилизация. При этом прочность образцов составляет всего лишь 22% от первоначальной.

Причиной разрушения многих материалов при многократном замораживании-оттаивании является расширение воды, содержащейся в порах, при замерзании [1]. Для древесно-стружечных плит зависимость прочности при циклическом замачивании-высушивании совпадает с зависимостью прочности при многократном замораживании-оттаивании (см. рисунок). Это означает, что потеря прочности прежде всего вызвана влиянием жидкой воды на связи смолы с древесным наполнителем. Специфическое действие замораживания начинает проявляться только после 12 циклов.

В таблице приведены значения прочности ДСП после многократного замораживания-оттаивания. Из нее видно, что для двух материалов (ДСП плотностью 700 и 850 кг/м<sup>3</sup>) падение прочности приблизительно одинаковое и равно 2–3 МПа после 30 циклов. Можно предположить, что плотность не оказывает сильного влияния на падение прочности. Снижение прочности зависит от размера древесного наполнителя. Для ДСП плотностью 800 кг/м<sup>3</sup> с мелкой стружкой наблюдается максимальное падение прочности (7,4 МПа). По-видимому, это связано с количеством связей, соединяющих древесную стружку с полимером.

Было изучено влияние многократного замораживания-оттаивания на падение прочности при разных видах нагрузки. Наибольшее снижение прочности наблюдается при поперечном изгибе, а наименьшее – при сжатии. Кроме того, при

сжатии уже после 20 циклов замораживания-оттаивания вместо хрупкого разрушения наблюдается сильное сплющивание образцов или потеря ими устойчивости. Исключение составляет ДСП плотностью 800 кг/м<sup>3</sup> (с мелкой стружкой), для которого влияние поперечного изгиба и сжатия одинаково.

На основе полученных данных был определен срок службы древесно-стружечных плит, работающих в режиме многократного замораживания-оттаивания. Критическая величина циклов, соответствующая полной потере прочности ДСП, получается экстраполяцией линейного (последнего) участка кривой (см. рисунок) на ось абсцисс. При поперечном изгибе для ДСП плотностью 800 кг/м<sup>3</sup> она равна 65 циклам, а для ДСП плотностью 850 кг/м<sup>3</sup> – 80. При сжатии соответственно получаем 65 и 95. По данным ЦСУ Гидрометцентра для Тамбова, в течение года количество циклов замораживания-оттаивания колеблется в пределах 20–25. Это означает, что срок службы составляет для первого материала 3–3,5 года, второго – 3,5–4 года, что превышает срок службы цементно-стружечных плит (3 года) [2]. Следовательно, в несъемной опалубке предпочтительнее использовать ДСП.

### Список литературы

1. Казанский В.М., Новоминский В.А. Морозостойкость строительных материалов при разных температурах замораживания // Строит. материалы. М., 1988. № 9. С. 22–24.
2. Ярцев В.П. Прочность и долговечность цементно-стружечных плит // Вестник ТГТУ. Тамбов, 2000. Т. 6. № 1. С. 137–147.

Плотность материала, кг/м <sup>3</sup>	Вид нагрузки	Прочность ДСП после воздействия циклов замораживания-оттаивания, МПа						
		0	3	7	10	15	20	30
850	Поперечный изгиб	12,4	5,8	5,8	5,4	5,4	4,8	3,6
	Сжатие	10,8	10,8	9	9	9	8,8	7,2
	Пенетрация	13,2	8,9	8,9	8,9	8	6,5	6,5
800	Поперечный изгиб	9,2	5,3	5,3	5,3	3,1	2,1	1,8
	Сжатие	9	4,8	4,5	4,5	3,1	2,1	1,8
	Пенетрация	12,2	6,6	6,6	6,6	6,2	5,2	4,9
700	Сжатие	10,2	10,2	7,6	7,6	7,4	6,8	8,5

А.В. ФЕРРОНСКАЯ, д-р техн. наук, В.В. ОЛЕЙНИКОВ, инженер, МГСУ,  
И.М. БАРАНОВ, канд. техн. наук, ООО «НТЦ ЭМИТ» (Москва)

## Модифицированный бетон для ремонта железобетонных конструкций транспортных сооружений

В последнее время в результате резкого увеличения интенсивности транспортных потоков, ухудшения окружающей среды из-за увеличения влияния автомобильных выхлопов, горюче-смазочных материалов, антигололедных реагентов и т. п. существенно возросли нагрузки на железобетонные конструкции транспортных сооружений, что приводит к преждевременному выходу их из строя и требует постоянного ремонта.

Анализ литературы показывает, что существующие материалы и технологии для ремонта железобетонных конструкций транспортных сооружений зачастую не соответствуют этим жестким условиям эксплуатации [1].

Для качественного ремонта этих конструкций требуется разработка новых и совершенствование традиционных материалов и технологий.

В настоящее время при ремонте железобетонных конструкций транспортных сооружений широко приме-

няются мелкозернистые бетоны (МЗБ). Для повышения их эксплуатационной стойкости используются различные способы подготовки сырьевых материалов, модифицирующие добавки, совершенствуются методы приготовления, нанесения и уплотнения бетонной смеси и т. п. [1, 2].

Среди модифицирующих добавок наиболее широко распространены химические добавки (пластифицирующие, воздухововлекающие, гидрофобизирующие и др.). Кроме того, для модифицирования МЗБ все чаще применяются добавки на основе различных полимеров [3]. В отличие от МЗБ с химическими добавками, вносимыми микродозами и не меняющими коренным образом химизм твердения и структуру цементного камня, полимерная составляющая, вводимая в МЗБ в больших количествах, служит связующим материалом в дополнение к минеральным вяжущим веществам. При совмещении этих столь различных по свойствам веществ образу-

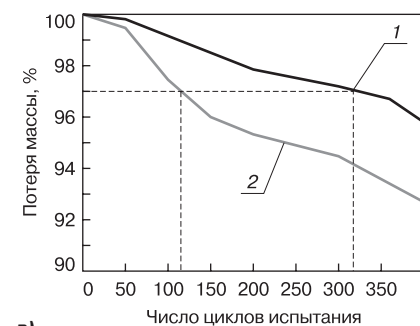
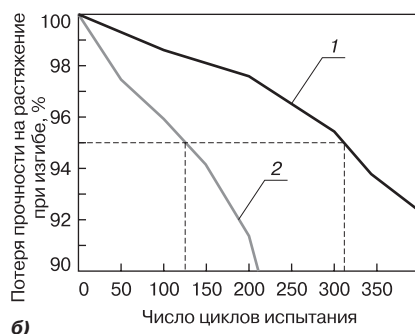
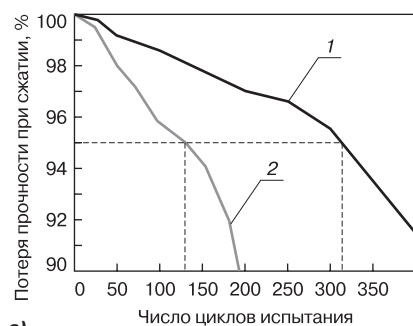
ются материалы со сложной органо-минеральной структурой и специфическими свойствами, присущими как цементу, так и полимеру. Изменяя природу и количество вводимого полимера, можно широко регулировать технологические свойства мелкозернистой бетонной смеси и конечные характеристики МЗБ.

В последнее время для повышения эксплуатационной стойкости МЗБ используются модифицирующие добавки на основе акриловых сополимеров зарубежного производства. Они хотя и придают МЗБ свойства, необходимые для повышения его эксплуатационной стойкости, слишком дороги. Стоимость 1 м<sup>3</sup> МЗБ с их использованием составляет примерно 30–40 тыс. р, что существенно увеличивает общую стоимость ремонта.

Проведенные нами исследования показали, что одним из путей повышения эксплуатационной стойкости МЗБ для ремонта железобетонных конструкций транспортных сооружений при одновременном снижении стоимости по сравнению с зарубежными аналогами является модифицирование его комплексной добавкой, состоящей из акриловой эмульсии «АКРЭМОС 101» отечественного производства, кремнийорганической жидкости ГКЖ-11 и воздухововлекающей добавки СНВ [4].

При проведении исследований использованы портландцемент марки 500 Белгородского завода, кварцевый песок с  $M_{кр} = 2,5$  месторождения Ярославской области и предлагаемая комплексная добавка.

Свойства	Предлагаемый ММЗБ	МЗБ, взятый в качестве эталона
Прочность при сжатии, МПа	34	31
Прочность на растяжение при изгибе, МПа	14	5
Условная предельная растяжимость, 10 <sup>-3</sup>	0,37	0,094
Прочность сцепления с бетонным основанием, МПа	3	1,1
Водопоглощение, мас. %	1,8	6,5
Истираемость, г/см <sup>2</sup>	0,19	1,83



Кривые потери, %: а – прочности при сжатии; б – прочности на растяжение при изгибе; в – массы образцов при испытании на морозостойкость; 1 – ММЗБ; 2 – МЗБ

Подбор оптимального состава модифицированного мелкозернистого бетона (ММЗБ) и исследование влияния комплексной добавки на его свойства осуществляли с помощью модели, полученной на основании математического планирования эксперимента по плану типа В5.

Свойства ММЗБ оптимального состава определяли по стандартным методикам и сравнивали со свойствами МЗБ того же класса по прочности при сжатии, модифицированного химическими добавками (суперпластификатором С-3 и воздухововлекающей добавкой СНВ), который в настоящее время широко применяется для ремонта железобетонных конструкций транспортных сооружений. Основные свойства этих бетонов приведены в таблице.

Из данных, приведенных в таблице, видно, что у предлагаемого ММЗБ прочность на растяжение при изгибе и прочность сцепления с бетонным основанием выше почти в 3 раза, условная предельная растяжимость — в 4 раза, а водопоглощение и истираемость ниже соответственно в 3,6 и 9,6 раза, чем у МЗБ, взятого в качестве эталона.

Для исследования эксплуатационной стойкости ММЗБ проводили испытания на морозостойкость по методике, изложенной в ГОСТ

10060.2–95 для бетонов дорожных и аэродромных покрытий. Согласно этой методике образцы подвергали попеременному замораживанию и оттаиванию в состоянии насыщения 5%-ным водным раствором хлорида натрия. При проведении испытаний определяли потерю прочности при сжатии, потерю прочности на растяжение при изгибе и потерю массы образцов.

Из данных, приведенных на рисунке, видно, что ММЗБ обладает повышенной более чем в 2 раза морозостойкостью по сравнению с МЗБ, взятым в качестве эталона. Следует отметить, что особенностью ММЗБ в отличие от МЗБ является его способность при твердении в условиях невысокой относительной влажности воздуха набирать большую прочность, чем при твердении в условиях 100%-ной влажности. Это позволит исключить из технологии ремонта мероприятия, связанные с необходимостью повышения влажности воздуха, окружающего свежееуложенный ММЗБ.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

Получен ММЗБ повышенной эксплуатационной стойкости для ремонта железобетонных конструкций транспортных сооружений.

Использование в этом бетоне разработанной комплексной добавки позволяет не только уменьшить его стоимость по сравнению с зарубежными аналогами и снизить общую стоимость ремонта, но и поддерживать отечественных производителей акриловых сополимеров.

#### Список литературы

1. Перспективы и эффективность применения цементобетона в дорожном строительстве // Тезисы докладов Международного семинара. М., 2002. 138 с.
2. *Баженов Ю.М., Батаев Д.К.* Материалы и технологии для ремонтно-восстановительных работ в строительстве. М.: Комтех. 2000. 233 с.
3. *Урецкая Е.А., Плотникова Е.М., Жукова Н.К., Кухта Т.Н.* Ремонтная система: современный подход к восстановлению строительных конструкций // Строит. материалы. 2003. № 1. С. 29–31.
4. *Ферронская А.В., Баранов И.М., Олейников В.В.* Преимущества модифицированного бетона повышенной долговечности для ремонта и восстановления конструкций мостов, тоннелей и тепловодов // Строитель. 2003. № 5. С. 37–38.

Госстрой России, РААСН, Ассоциация строительных вузов, Российское научно-техническое общество строителей, Башкирское Республиканское НТО строителей, МГСУ, ВНИИСтром им. П.П. Будникова, НИИСФ

в т о р о й в с е р о с с и й с к и й с е м и н а р с м е ж д у н а р о д н ы м у ч а с т и е м

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ**

2–4 июня 2004 г.

Уфа

Современное состояние промышленного производства и применения гипсовых материалов в России и зарубежом.

Номенклатура гипсовых вяжущих и изделий.

Влияние рыночных отношений на производство гипсовых вяжущих и изделий.

Теплофизические и акустические свойства гипсовых материалов и изделий.

Долговечность гипсовых материалов и изделий.

Новые разработки в области гипсовых вяжущих.

Архитектурные возможности гипса.

Эколого-экономические аспекты производства и применения гипсовых вяжущих и изделий в строительстве.

Состояние нормативно-технической базы.

Одновременно с семинаром в Уфе будет проходить 11-я выставка «Город. Архитектура и строительство».

Информацию о семинаре можно получить в оргкомитете: (095) 917-70-38, 482-39-29, 557-30-11, (3472) 22-57-11

**НОВЫЕ КНИГИ**

## **СПРАВОЧНИК «ГИПСОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ»**

Производство и применение.

Под научной редакцией доктора техн. наук, профессора А.В. Ферронской

Справочник содержит основные сведения о производстве и применении гипсовых материалов и изделий за последние 50 лет в нашей стране и за рубежом. Издание адресовано специалистам научно-исследовательских и проектных организаций, строителям и производителям гипсовых материалов и изделий. Может быть использовано в качестве учебного пособия в строительных вузах и средних специальных учебных заведениях. Выход в свет справочника планируется в июне 2004 г.

Приобрести справочник можно в издательстве Ассоциации строительных вузов:  
Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, тел./факс: (095) 183-56-83

А.Д. ДИКУН, канд. техн. наук, В.Я. ФИШМАН, инженер,  
В.Н. ДИКУН, канд. техн. наук, ГАСИС, И.Н. НАГОРНЯК, инженер, Госстрой РФ (Москва)

## Развитие отечественного дилатометрического метода прогнозирования свойств бетона

Надежное прогнозирование требуемого проектного уровня морозостойкости на стадии лабораторных испытаний — гарантия предотвращения наиболее распространенной причины разрушения бетонных и железобетонных конструкций и сооружений. При этом важнейшим фактором является оперативность и достоверность полученных результатов лабораторной проверки.

Действующий в настоящее время метод прогнозирования морозостойкости бетона, предложенный в 1884 г. в Санкт-Петербургском институте путей сообщения профессором Н.А. Белолобским, основан на попеременном замораживании и оттаивании бетона. Инструментальное обеспечение метода — пресс и весы. При этом профессор Н.А. Белолобский отмечал, что замораживание камней не дает никакого указания на абсолютное сопротивление действию мороза и значение вышеприведенного исследования только относительное, так как оно позволяет лишь узнать, какие из камней скорее всего могут пострадать от действия мороза. К тому же этот метод весьма трудоемкий, энергоемкий и продолжительный.

Необходимость разработки ускоренных методов определения морозостойкости на основе измерения, например деформации замораживаемых образцов или других характеристик изменений структуры материала, высказывалась в работе [1].

При этом перспективным направлением создания ускоренного метода определения морозостойкости являлось использование природного явления расширения тела при переходе воды в лед — «аномального скачка», что предопределило создание дилатометрического метода (ДМ) измерения.

Созданию ДМ в связи с его перспективностью для прогнозирования морозостойкости бетона посвящен ряд работ [2–5].

Творческие поиски коллективов сотрудников ВНИИЖелезобетона, ВНИИФТРИ, лаборатории № 458 Минобороны СССР, ЦМИПКС были направлены на создание приборного обеспечения метода, объемного дилатометра и установление соотношения между морозостойкостью бетона по первому базовому методу и его объемными деформациями. С 1994 г. все работы по созданию ДМ и приборов ДОД-100 (дифференциальных объемных дилатометров) сосредоточились в испытательной лаборатории ЦМИПКС-испытания ГАСИС с участием специалистов Госстроя России.

В основу работы дилатометра положен дифференциальный принцип измерения температурных объемных деформаций материала. При этом эталоном сравнения является стандартный образец из алюминия (СО), имеющий размеры и форму образцов испытываемого материала.

Конструктивно прибор выполнен по блочному принципу и состоит из рабочего и опорного камерных блоков, блока датчиков перемещений, пятиканального контроллера для ввода измеряемой информации в компьютер через последовательный интерфейс.

Работа прибора осуществляется следующим образом. Водонасыщенный образец исследуемого материала помещают в одну из рабочих камер дилатометра. Во вторую камеру помещают стандартный образец, камеры заполняют рабочей жидкостью, в ка-

честве которой используют керосин. После этого камеры герметизируют. Дилатометр с размещенными в нем образцами устанавливают в морозильную камеру и проводят непрерывные измерения в течение не менее 2,5 ч разностных объемных деформаций образца материала и стандартного образца при динамическом замораживании со скоростью  $\sim 0,3^\circ\text{C}/\text{мин}$  до температуры  $-18 \pm 2^\circ\text{C}$ .

Создание дилатометрических приборов началось в 1997 г. Первые двухкамерные приборы ДОД-100 предназначались для измерения одного образца и фиксирования объемных деформаций на графопостроителе Н-307. С 2000 г. выпускаются приборы ДОД-100К и ДОД-100К/3, измеряющие соответственно один образец или три образца одновременно с выводом информации на компьютер.

Дилатометры (ДОД) разработаны в блочном исполнении с единым контроллером. Это дает возможность потребителю двухкамерных приборов ДОД-100К при необходимости доукомплектовать его до прибора ДОД-100К/3.

### Характеристики ДОД-100К (ДОД-100К/3)

Диапазон температуры, $^\circ\text{C}$ . . . . .	$-20 - +20$
Чувствительность . . . . .	$10^{-5}$
Измеряемый диапазон, $\text{см}^3$ . . . . .	$0,05 - 3$
Число камер . . . . .	2(4)
Габаритные размеры камер, мм . . . . .	$200 \times 230 \times 450$
Масса камеры, кг . . . . .	5,2
Устройство ввода в компьютер . . . . .	5-канальный контроллер
Продолжительность цикла измерения, ч . . . . .	3–4

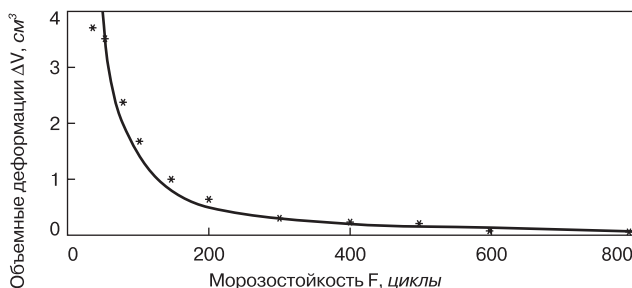


Рис. 1. График зависимости между объемными деформациями и морозостойкостью

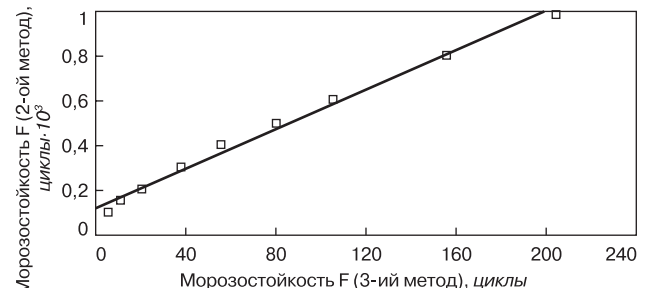


Рис. 2. Корреляционная зависимость между вторым и третьим методами определения морозостойкости по ГОСТ 10060.2–95

Таблица 1

Метод	Морозильная камера	Мощность двигателя, кВт	Продолжительность испытаний, ч	Продолжительность включения, %	Время работы, ч	Расход электроэнергии, кВт·ч
ГОСТ 10060.2-95	SGS-300/1000	9	324	60	194,4	1749,6
ГОСТ 10060.3-95	Морозильный прилавок	0,2	4	100	4	0,8

**Примечание.** ПВ – продолжительность включения, равная отношению полного времени работы компрессоров к продолжительности испытаний, выраженная в %.

Таблица 2

Материалы и характеристики смесей	Состав		
	1	2	3
Мальцевский цемент ПЦ500ДО, кг	370	460	320
Песок Мансуровского карьера Мкр-3, кг	715	690	720
Щебень мытый Коростеньского карьера (фр. 5-20), кг	1136	1046	1150
Вода, кг	179	170	192
С-3, кг	2,22	3,22	0,64
СНВ, кг	0	0,023	0
В/Ц	0,48	0,37	0,6
ОК, см	7	6	9
Объем вовлеченного воздуха, %	1,8	5,4	1,4
Плотность свежесуспензированной смеси, кг/м <sup>3</sup>	2390	2341	2382

При разработке отечественного ДМ ускоренного прогнозирования морозостойкости бетона изначально были поставлены требования установления соотношения между измеряемыми деформациями и традиционно принятыми в России классами морозостойкости по циклам испытаний. Основываясь на многочисленных испытаниях, проведенных во ВНИИЖелезобетона, ЦМИПКС-испытания совместно с лабораторией № 458, такие соотношения были установлены [4, 5]. Они вошли в ГОСТ 10060.3-95 и графически представлены на рис. 1.

В дилатометрических измерениях величина «аномальных» деформаций является информативным показателем состояния бетона при замораживании и его способности сопротивляться деструктивным повреждениям при попеременном многократном замораживании и оттаивании. Таким образом, при дилатометрических измерениях доступными для производственных условий средствами обеспечивается не только оперативная информация, но и устанавливается объективное фактическое состояние бетона. Потребитель получает данные не о проектной марке морозостойкости бетона, а о фактической сопротивляемости воздействию замораживания бетона, классифицированной по циклам морозостойкости.

Экспериментальными исследованиями установлено, что разность величины объемных деформаций между двумя последовательными измерениями остается для водонасыщенного бетона практически постоянной на протяжении многих циклов измерений (N), меньших некоторой критической величины (N<sub>кр</sub>). Физическое обоснование использования величины объемной деформации, измеренной в первом цикле замораживания для определения морозостойкости бетона, приводится в работе [6].

Отечественный дилатометрический метод прогнозирования морозостойкости бетона по одному циклу замораживания существенно превосходит стандарт ASTM-C671-94, принятый в США и других странах, ос-

нованный на измерениях линейных деформаций «аномального» скачка при многократном замораживании-оттаивании образца с доведением количества циклов до N<sub>кр</sub>.

Таким образом, в соответствии с ГОСТ 100 60.3-95 отечественная строительная индустрия обладает методом ускоренного, в течение 3-4 ч, определения морозостойкости тяжелых и легких бетонов, тротуарных и фасадных плиток, бордюрных камней на образцах-кубах 100×100×100 мм, кернах 70×70, 100×100 мм, отобранных из эксплуатируемых конструкций, и плитках 100×100×S мм. ДМ определения морозостойкости бетона может применяться лабораториями предприятий стройиндустрии и промышленности сборного монолитного железобетона, а также подразделениями научно-исследовательских и тех-

нологических институтов и сертификационными центрами (лабораториями) строительного комплекса России.

Сравнительная энергоемкость процессов рассматривается на примере непрерывных испытаний на морозостойкость вторым методом ГОСТ 10060.2-95 в течение 13,5 сут, что соответствует 37 циклам в климатической камере SGS-300/1000 в автоматическом режиме с дилатометрическими измерениями по ГОСТ 10060.3-95 (табл. 1).

Отдельным направлением развития ДМ является измерение объемных деформаций бетона дорожных и аэродромных покрытий. Стандартом ГОСТ 10060.0-95 разрешено для экспрессного определения морозостойкости бетона дорожных и аэродромных покрытий дилатометрическим методом ГОСТ

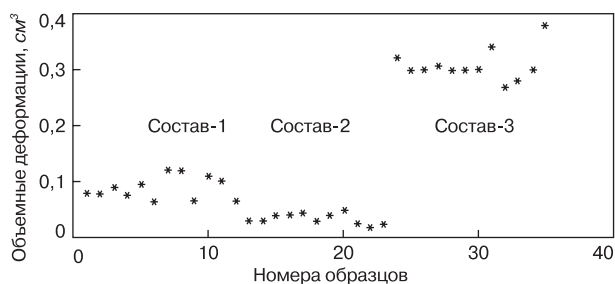


Рис. 3. График распределения «аномальных» перепадов объемных деформаций образцов бетонов для дорожных и аэродромных покрытий первого, второго и третьего составов

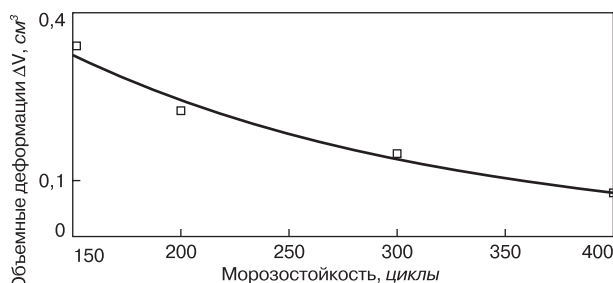


Рис. 4. График зависимости объемных деформаций образцов бетонов для дорожных покрытий от морозостойкости

Таблица 3

Среда	Объемные деформации, см <sup>3</sup>		
	Состав 1	Состав 2	Состав 3
5%-ный раствор NaCl	0,091	0,035	0,306
H <sub>2</sub> O	0,133	0,075	0,537

Таблица 4

№ карточки подбора. Маркировка в партии	$\Delta V$ , см <sup>3</sup>	Морозостойкость по ГОСТ 10060.2–95 после			
		10 циклов испытаний	20 циклов испытаний	37 циклов испытаний	55 циклов испытаний
329	0,147			Соответствует F300	
330	0,16			То же	
331	0,169			То же	
312	0,215		Соответствует F200		
319	0,249		То же		
В-25/319	0,269	Соответствует F150			
В30/329	0,105			Соответствует F300	
049	0,15			То же	
МРЗ-1	0,202		Соответствует F200		
	0,268	Соответствует F150			
	0,413	То же			
ОП-4	0,281	То же			
М-3	0,237		Соответствует F200		
М-4	0,327	Соответствует F150			
М-5	0,472	То же			
Ш21-12	0,162			Соответствует F300	
	0,176				
300	0,24		Соответствует F200		
305	0,128			Соответствует F300	
306	0,09			То же	
307	0,061				Соответствует F400
308	0,048				То же
ПР-4	0,178			Соответствует F300	

10060.3–95 установить соотношение со вторым базовым методом ГОСТ 10060.2–95.

Некоторые организации самостоятельно применительно к своим маркам бетона дорожных и аэродромных покрытий провели сопоставительные испытания определения морозостойкости по ГОСТ 10060.2–95 (многократное замораживание и оттаивание в 5%-ном водном растворе NaCl) с определением объемных деформаций дилатометрическим методом по ГОСТ 10060.3–95. Первым такую работу в 1996 г. выполнило ТОО «Стройтехнолог» (г. Южно-Сахалинск).

Производственными организациями неоднократно выдвигалось предложение о создании экспресс-метода определения морозостойкости бетона дорожных и аэродромных покрытий. Так, в 1998 г. ООО «Организатор» была поставлена такая тема с привлечением НИИЖБ, ОАО «ЦНИИС», СоюздорНИИ, Института № 26 МО, ЦМИПКС и ряда других организаций.

После рассмотрения отчетов этих организаций НТС ОАО «ЦНИИС» для экспрессного прогнозирования морозостойкости бетона был рекомендован дилатометрический метод определения объемных деформаций.

Существующий метод ускоренного определения морозостойкости бетона дорожных и аэродромных покрытий по ГОСТ 10060.2–95 (замораживание в 5%-ном водном растворе хлористого натрия при температуре  $-50 \pm 5^\circ\text{C}$ ) (третий метод) весьма трудоемок и продолжителен. Испытания бетона марки по морозостойкости F-300 требуют 37 циклов замораживания и оттаивания, что в идеальном случае при непрерывной трехсменной работе составляет не менее 13,5 сут. Эти данные свидетельствуют об актуальности экспресс-метода определения морозостойкости бетонов дорожных и аэродромных покрытий.

Установление соотношения между морозостойкостью бетонов дорожных и аэродромных покрытий (ГОСТ 10060.2–95) и объемными деформациями бетона при замораживании (ГОСТ 10060.3–95) проводили по следующим этапам.

1. Выбор среды насыщения образцов.
2. Определение морозостойкости бетона по ГОСТ 10060.2–95.
3. Определение объемных деформаций дилатометрическим методом по ГОСТ 10060.3–95.
4. Установление корреляции между циклами замораживания-оттаивания (ГОСТ 10060.2–95) и объемными деформациями (ГОСТ 10060.3–95) для определения морозостойкости бетона. При по-

строении корреляции морозостойкость бетона определяли по третьему ускоренному методу ГОСТ 10060.2–95, поскольку второй метод ГОСТ 10060.2–95 длителен и трудоемок.

Между вторым и третьим методами ГОСТ 10060.2–95 имеется корреляционная связь:

$$y = 120,41 + 4,14415x,$$

где  $y$  – морозостойкость по второму методу ГОСТ 10060.2–95;  $x$  – коли-

чество циклов по третьему методу ГОСТ 10060.2–95. При этом коэффициент корреляции равен 0,996438.

График зависимости между вторым и третьим методами представлены на рис. 2.

Из приведенных данных видна сильная связь между переменными. Основываясь на сильной корреляционной связи между вторым и третьим методами ГОСТ 10060.2–95, последний был принят для установления соотношения с дилатометрическим

Таблица 5

Морозостойкость F, циклы ГОСТ 10060.2-95	Объемные деформации бетона $\Delta V$ , см <sup>3</sup>		
	Лигнопан Б-1	ЛСТ+СНВ	С-3+СНВ
150	0,27–0,37	0,27–0,56	–
200	0,215–0,25	0,2–0,24	0,2–0,24
300	0,105–0,18	0,16–0,176	0,08–0,13

Таблица 6

ГОСТ 10060.2-95	F, циклы	150	200	300	400
ГОСТ 10060.3-95	$\Delta V_{ср}$ , см <sup>3</sup>	0,336	0,224	0,144	0,06

Таблица 7

Марка морозостойкости бетона	Средняя деформация $\Delta V$ ср, см <sup>3</sup>	Коэффициент вариации Kv	Коэффициент надежности измерений Kt
150	0,336	0,029	5%
200	0,224	0,11	2%
300	0,143	0,135	2,5%
400	0,07	0,138	3,98%

Таблица 8

Вид бетона	Метод испытания	Морозостойкость			
		F150	F200	F300	F400
Бетоны дорожных и аэродромных покрытий	ГОСТ 10060.2-95 второй метод, циклы				
	ГОСТ 10060.2-95 третий метод, циклы	10	20	37	55
	ГОСТ 10060.3-95	0,25–0,5	0,18–0,25	0,08–0,18	0,05–0,08

методом ГОСТ 10060.3-95 при определении морозостойкости бетона дорожных и аэродромных покрытий.

При измерении объемных деформаций одним из важнейших методологических вопросов являлся выбор среды насыщения образцов: 5%-ный водный раствор NaCl или вода. Для этого разработчиками метода совместно с ОАО «ЦНИИС» были проведены сопоставительные дилатометрические измерения бетонов трех составов, насыщенных в воде и 5%-ном водном растворе хлористого натрия. Подбор составов бетонов дорожных покрытий и изготовление образцов выполнялись в секторе ЦЛТ ОАО «ЦНИИС». Расход материалов на 1 м<sup>3</sup> бетона приведен в табл. 2

В табл. 3 приведены результаты измерений объемных деформаций образцов этих бетонов, насыщенных в 5%-ном водном растворе NaCl и параллельно в воде в течение четырех суток по ГОСТ 10060.0-95.

Данные свидетельствуют о том, что объемные деформации водонасыщенных образцов в 1,5–2 раза выше, чем у образцов, насыщенных в 5%-ном водном растворе хлористого

натрия. Это обусловлено тем, что солевой раствор полностью не замерзает при температуре испытания –18°C.

В связи с этим совместно с ОАО «ЦНИИС» было признано целесообразным при дилатометрических измерениях бетонов дорожных и аэродромных покрытий ограничиться насыщением образцов водой.

По заданию ООО «Организатор» лабораторией ЦМИПКС-испытания ГАСИС совместно с ОАО «ЦНИИС» были проведены дилатометрические измерения трех составов бетона на образцах-кубах с ребром 100 мм по 12 образцов каждого состава с одновременным испытанием их на морозостойкость по ГОСТ 10060.2-95. Результаты измерений представлены на рис. 3.

Экспериментальные исследования показали, что ДМ четко различает объемные деформации различных бетонов и, следовательно, их морозостойкость. При испытании по третьему методу установили, что второй состав бетона обладает морозостойкостью больше 400, первый больше 200, третий больше 100.

При ДМ измерениях и установлении соотношения с циклами мо-

розостойкости по ГОСТ 10060.2-95 можно не только принять заключение «СООТВЕТСТВУЕТ» проектной марке, но и установить фактическую морозостойкость бетона.

Для параллельного определения морозостойкости по ГОСТ 10060.2-95 (третий метод) и объемных деформаций по ГОСТ 10060.3-95 использовали бетоны различных изготовителей: Мостоотряд-19 (Санкт-Петербург), бетонный завод (Тверь), ЖБИ-17 (Москва) и др. Составы бетонов с проектной маркой по морозостойкости F300 были представлены соответствующими карточками подборов каждого предприятия. Отдельные результаты по определению морозостойкости бетона и измерению объемных деформаций представлены в табл. 4.

Необходимо отметить, что бетоны дорожных покрытий разных изготовителей отличались не только составами, но и видами добавок. Результаты испытаний этих бетонов на морозостойкость и измерения объемных деформаций, условно сгруппированные по маркам добавок, представлены в табл. 5.

Данные таблицы свидетельствуют, что бетон с добавками Лигнопан Б-1 и ЛСТ+СНВ имеет объемные деформации одного порядка, что соответствует одинаковым маркам по морозостойкости. Использование комплексной добавки С-3+СНВ способствует некоторому уменьшению объемных деформаций.

Объемные деформации бетона для дорожных и аэродромных покрытий можно связать с его маркой по морозостойкости F в циклах, подобрав оптимальную модель зависимости  $F \sim \Delta V$ .

Для нахождения этой зависимости методом регрессионного анализа необходимо сопоставить результаты многоцикловых испытаний образцов разных составов с величиной объемных деформаций образцов тех же составов, измеренных на дилатометре.

В табл. 6 сведены значения объемных деформаций по 30 образцам для четырех марок бетона по морозостойкости, определенных по ГОСТ 10060.2-95 (третий метод).

Оценка результатов измерений объемных деформации представлена в табл. 7. Эти результаты можно считать надежными, так как коэффициент Kt меньше или равен 5%.

Для обработки экспериментальных данных по объемным деформациям образцов бетонов дорожных покрытий различных составов и соответствующей им морозостойкости марок F150–F400, определенной по второму базовому методу, использовалась система STATGRAPHICS PLUS .V5.

Связь между объемными деформациями и числом циклов замораживания — оттаивания по второму методу ГОСТ 10060.2–95 представлена на рис. 4.

Подобранная обратная  $\Delta V$  модель описывает связь между морозостойкостью  $F$  в циклах и величиной деформации  $\Delta V$  в  $\text{см}^3$ , уравнение модели имеет вид:

$$1/\Delta V = -0,885771 + 0,026219 \times F. (1)$$

Коэффициент корреляции полученной модели равен 0,998906. Уровень вероятности  $P = 0,0298$ , что говорит о статистически значимой связи между  $F$  и  $\Delta V$  на 90%-ном доверительном уровне. Уравнение (1) может быть использовано для расчета марок бетона по морозостойкости.

Для практического использования полученные данные представлены в табл. 8, где объемные деформации разбиты по диапазонам в соответствии с 95%-ным доверительным интервалом. Эта таблица предназначена для экспрессного определения морозостойкости бетона для дорожных и аэродромных покрытий, у которого по проекту требуется определение марки морозостойкости в солях по ГОСТ 10060.2–95.

Для экспрессного определения морозостойкости бетона дорожных и аэродромных покрытий установлена зависимость между результатами мно-

гоцикловых испытаний замораживания и оттаивания по второму базовому методу и объемными деформациями, измеряемыми dilatометрическим методом. Данная зависимость распространяется на бетоны дорожных и аэродромных покрытий с марками по морозостойкости F150–F400.

В настоящее время приборами ДОД-100 оснащены ряды испытательных лабораторий организаций и строительных университетов, в том числе испытательная лаборатория им. проф. Н.А. Белолобского Санкт-Петербургского университета путей сообщения.

ДМ определения морозостойкости воплотил идеи отечественных ученых и производственников об экспрессном методе, дающем информацию о структурных изменениях бетона при замораживании и получении достоверных результатов простыми техническими средствами в лабораторных и строительных (полевых) условиях одновременно с результатами прочностных испытаний бетона [7].

#### Список литературы

1. Подвальный А.М. Об испытании бетона на морозостойкость // Строит. материалы. 1996. № 4.
2. Горчаков В.И., Меркин А.П., Левин С.Н., Дикун А.Д. Низкотемпературная dilatометрия — экспрессный метод определения

морозостойкости: Сб. трудов конференции «Долговечность конструкций из автоклавных бетонов». Таллин, 1979. С. 108–112.

3. Горчаков Г.И., Меркин А.П., Левин С.Н., Дикун А.Д. Ускоренное прогнозирование морозостойкости ячеистых бетонов на основе низкотемпературной dilatометрии // Бетон и железобетон. 1975. № 9. С. 11–12.
4. Долгополов Н.Н., Дикун А.Д., Суханов М.А., Фишман В.Я. Ускоренное определение морозостойкости строительных материалов // Строит. материалы. 1995. № 8. С. 12–13.
5. Красновский Б.М., Дикун А.Д., Суханов М.А., Фишман В.Я. Экспрессное определение морозостойкости строительных материалов dilatометрическим методом. Сб. МАИ. Вып. 1. 1995.
6. Дикун А.Д., Фишман В.Я., Нагорняк И.Н., Тюрина Т.Е. Прогнозирование морозостойкости бетонов // Строит. материалы. 2003. № 11. С. 28–30.
7. Дикун А.Д., Фишман В.Я., Нагорняк И.Н., Тюрина Т.Е., Алексеев А.В. Экспрессное определение морозостойкости бетонов дорожных покрытий dilatометрическим методом // Проектирование и строительство в Сибири. 2002. № 1. С. 31–34.

## Экспрессное определение морозостойкости бетонов dilatометрическим методом (ГОСТ 100.60.3-95)

Dilatометрический метод основан на связи морозостойкости материала с величиной «аномальных» объемных деформаций, измеряемых на объемных dilatометрах ДОД-100 при охлаждении водонасыщенных образцов.

Dифференциальные объемные dilatометры выпускаются двух модификаций: ДОД-100К и ДОД100К/3, предназначенных для измерения одного или трех образцов одновременно. Данные в процессе измерения вводятся через контроллер в компьютер и представляются на экране в графическом виде. Для охлаждения используется морозильный прилавок (ларь).

Dilatометрический метод предназначен для определения морозостойкости тяжелых и легких бетонов, бетонов дорожных и аэродромных покрытий, тротуарной и фасадной плиток, бордюрных камней на образцах: куб — 100×100×100 мм, керн — 70×70 мм, 100×100 мм.

#### Характеристики ДОД-100К (ДОД-100К/3)

Диапазон температуры, °С	–20 – +20
Чувствительность	10 <sup>-5</sup>
Измеряемый диапазон, см <sup>3</sup>	0,05–3
Число камер	2 (4)
Габаритные размеры камер, мм	280×230×450
Масса камеры, кг	5,2
Устройство ввода в компьютер	трехканальный (пятиканальный) контроллер
Продолжительность цикла измерения	3–4 ч.

В настоящее время экспрессный dilatометрический метод определения морозостойкости строительных материалов используется в различных регионах России.

Академия ГАСИС, лаборатория ЦМИПКС-испытания  
Тел./факс: (095) 684-59-20, тел.: (095) 251-90-30. А.Д. Дикун, В.Я. Фишман



УДК 666.63

Л.А. КРОЙЧУК, канд. техн. наук, ОАО «НИИЦемент» (Москва)

## Использование биогаза в производстве грубой керамики

По материалам журнала «Ziegelindustrie International» за 2004 г.

Проблема переработки или складирования отходов жизнедеятельности городов является мировой проблемой. В разных странах ее решают с различной степенью успешности. В развитых странах законодательная база построена таким образом, что простое складирование отходов становится чрезвычайно дорогостоящим. Это стимулирует разработку и внедрение различных технологий переработки и утилизации отходов. Кроме того, во многих странах, в том числе и в России, существует проблема обеспечения взрыво- и пожаробезопасности организованных захоронений отходов, проще говоря, свалок. Причиной этого является выделение биогаза.

Биогаз самопроизвольно образуется на любых свалках (захоронениях отходов) при воздействии микроорганизмов на содержащиеся там материалы растительного и животного происхождения в условиях практически полного отсутствия кислорода. В результате образуется смесь метана с углекислым газом, кислородом и сероводородом.

Биогаз, образующийся в захоронениях, имеет характерный неприятный запах и при попадании на воздух может самопроизвольно воспламениться. Поэтому из соображений безопасности горючий биогаз необходимо собирать с помощью

системы коллекторов, проложенных внутри захоронения отходов. В этом случае создаются предпосылки для использования биогаза в качестве альтернативного источника энергии.

Первым шагом в утилизации биогаза является обустройство свалки для предотвращения утечки биогаза в атмосферу. Для начала необходимо изолировать захоронение от влияния воздуха. Для этого на поверхность свалки укладывают питательный грунт и высаживают в него растения. Одновременно для удаления дождевых и грунтовых вод прокладывают систему каналов. Система насосов обеспечивает дегазацию захоронения и транспортировку биогаза в сборные емкости, откуда он поступает потребителю.

Использование биогаза способствует сокращению инвестиций в рекультивацию занятых свалками земель. В настоящее время за рубежом биогаз используют для получения электроэнергии путем сжигания в двигателях внутреннего сгорания. Для этого применяют в основном двигатели мощностью не более 200 кВт, электрический КПД которых не превышает 25%. КПД более крупных агрегатов (600–1000 кВт) составляет до 38%.

При использовании биогаза для производства электроэнергии в сис-

теме выхлопа и охлаждения одновременно получается горячая вода и пар, которые также полезно используют.

**Проблемы сжигания биогаза.** Получаемый в анаэробных условиях биогаз характеризуют два показателя, от которых зависят конструкции устройств для его сжигания. Это теплотворная способность биогаза, величина которой зависит от содержания в нем метана, и концентрация содержащегося в биогазе сероводорода.

Энергетическая ценность биогаза зависит от соотношения в нем метана и диоксида углерода, что, в свою очередь, определяется составом переработанной биомассы. Содержание в биогазе метана в среднем составляет около 50%, диоксида углерода – около 40%, содержание кислорода – около 2–3%, азота – до 6%. Наличие сероводорода влияет на выбор материалов для изготовления сжигающих устройств, так как образующаяся при сгорании сероводорода серная кислота может корродировать металлические поверхности. Перед использованием биогаз следует очищать от сероводорода. Скрубберный процесс очистки биогаза происходит с использованием жидкой (вода) или твердой (активированный уголь) среды.

В таблице сопоставлены некоторые свойства биогаза из захоронения бытовых отходов Кан-Мата вблизи г. Барселона (Испания) и природного газа.

Одним из направлений использования биогаза является промышленность, имеющая различные тепловые агрегаты, например производство строительной керамики. Завод, работающий на биогазе, построен близ упомянутого захоронения бытовых отходов Кан-Мата.

Использование биогаза в керамическом производстве позволяет эффективно заменить традиционное невозобновляемое топливо: 1 м<sup>3</sup> биогаза эквивалентен 0,7 кг угля, 0,55 кг нефтяного кокса, 0,46 м<sup>3</sup> природного газа, 0,4 кг мазута и 0,2 кг сжиженного газа.

Данные таблицы позволяют сопоставить условия сжигания биогаза

Характеристика	Биогаз	Природный газ
Максимальная теплота сгорания, кДж/м <sup>3</sup>	19552	38100
Минимальная теплота сгорания, кДж/м <sup>3</sup>	17501	34332
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1,302	0,825
Расход воздуха на горение, м <sup>3</sup>	4,24	10,27
Суммарный выход отходящих газов, м <sup>3</sup>	5,24	11,328
Содержание в отходящих газах, %		
CO <sub>2</sub>	15	1,11
N <sub>2</sub>	2,13	12
SO <sub>2</sub>	0,02	–
H <sub>2</sub> O	6	2,1
Критерий взаимозаменяемости газов, характеризующий тепловую нагрузку газопотребляющих устройств	4165	10507

и природного газа при их совместном использовании в обжиговом оборудовании, например туннельной печи. Ввиду того, что расход воздуха, необходимого для горения этих газов, разный, при изменении вида топлива необходимо изменять коэффициент избытка воздуха. Следует регулировать давление подаваемого газа: при использовании биогаза оно должно составлять 0,3–0,5, а природного газа — 1,5–2 бара.

Учитывая возможности перебоев подачи биогаза (остановка подачи, пиковые нагрузки, нарушения в технике безопасности, изменение величины минимальной теплоты сгорания), аппаратура печного агрегата проектируется таким образом, чтобы обеспечить быстрый переход на резервное топливо — природный газ. При таком изменении типа технологического топлива не требуется изменения режима работы установленных клапанов. Ввиду того, что устойчивость работы горелок зависит от скорости распространения пламени и диапазона воспламеняемости топлива, при замене вида газообразного топлива следует обеспечить соответствующие скорость горения и газо-воздушное отношение.

Контроль и регулирование работы горелочных устройств осуществляется автоматически при изменении подачи и качества топлива.

Датчик давления, показания печных термомпар и скорость толкания вагонеток определяют расход технологического топлива. Специальный трехходовой клапан позволяет менять вид используемого газа, предотвращая любую возможность смешивания биогаза и природного газа. Контуры подачи каждого из газов оснащают датчиками давления и непроходными клапанами, исключая возможность смешивания газов в результате аварии.

Затраты на устройства для извлечения и подготовку биогаза за хранения бытовых отходов Кан-Мата составили около 1 млн евро. Стоимость сооружения двух технологических линий на кирпичном заводе Пиерола — 0,5 млн евро. Суточная производительность двух технологических линий — 400 т кирпича. Суточное потребление энергии в системах сушки и обжига — 535744 МДж. За счет снижения потребления природного газа более чем на 60% экономия составляет 1025 евро в сутки. Таким образом, возврат инвестиций на строительство кирпичного завода осуществляется через 11 месяцев, а на комплекс в целом через 32 месяца.

Можно пойти и другим путем — разместить не кирпичный завод вблизи свалки отходов, а установить специальные автоклавы для ана-

эробной варки растительных, животных и муниципальных отходов, в результате которой получается биогаз, в непосредственной близости от действующего керамического производства.

Устанавливаемые на кирпичном производстве автоклавы могут работать в замкнутом цикле: в дополнение к биогазу, служащему технологическим топливом при сушке и обжиге кирпича, твердые остатки после автоклавной ферментации можно использовать в качестве добавок к глине, а жидкие отходы ферментации — в качестве добавок к воде затворения при обработке исходной глины в смесителе и экструдере.

Безусловно, целесообразность использования биогаза в кирпичном и любом другом производстве во многом определяется экономическими реалиями конкретного региона. Вместе с тем с любыми поправками на местные особенности использование биогаза является достаточно универсальным решением такой проблемы, как захоронение бытовых, растительных и животных отходов — неизбежных спутников жизнедеятельности человека. Хозяйственное использование биогаза создает экономические предпосылки эффективной рециркуляции значительных площадей, занятых отходами.

УДК 621.928.2

Г. ФЕЛЬДМАН, президент компании «Kroosh Technologies Ltd.», А.А. РАДЗИВАН, канд. техн. наук, генеральный директор, В.П. ДЕХАНОВ, канд. техн. наук, зам. генерального директора ООО «Вибротехцентр» (Москва)

## **Новый стандарт вибрационных технологий – многочастотные вибрационные грохоты**

В России и за рубежом в различных подотраслях промышленности строительных материалов используются десятки тысяч вибрационных грохотов. Виброгрохоты применяются для фракционирования материалов по крупности сухим и мокрым способами и обезвоживания суспензий (пульп). Существующие недостаточно эффективные методы и оборудование для разделения сдерживают выпуск более качественных, а значит, и более конкурентоспособных строительных материалов.

Хорошо зарекомендовавшая себя в различных производствах многочастотная вибрационная технология Kroosh® и созданное на ее основе оборудование обеспечивает конкурентные преимущества при

продвижении качественно новых строительных материалов на рынок.

При подаче сыпучего материала на виброгрохот традиционной конструкции все частицы материала попадают под действие возбуждения одной и той же частоты. При этом надрешетный материал из нижних слоев блокирует сетку и затрудняет просеивание подрешетного материала слоев, расположенных выше. На многочастотном вибрационном грохоте «Идеальный грохот» каждая частица на сетке находится в постоянном активном движении (виброкипении) за счет мощного импульсного воздействия в широком спектре частот колебаний. Поэтому практически каждая частица подрешетного продукта успевает пройти сквозь сетку, чем обеспе-

чивается высокая эффективность и большая производительность процесса.

Существенным недостатком традиционного грохочения является забивание сеток, что снижает эффективность процесса, приводит к потерям полезных компонентов и ухудшает качество продукции.

Основных причин засорения сеток три: забивание ячеек сеток влажным/липким материалом; застревание в ячейках частиц неправильной формы, близких по размеру самой ячейке; агломерация. В большинстве случаев многочастотный «Идеальный грохот» устраняет эти причины.

В отличие от традиционных грохотов, у которых вертикальная амплитуда колебаний сетки и корпуса

Исходный материал	Сетка, мм	Традиционные грохоты		«Идеальный грохот»		Государство
		Производительность, т/ч на м <sup>2</sup>	Эффективность, %	Производительность, т/ч на м <sup>2</sup>	Эффективность, %	
Известь порошкообразная гидратная	0,08 0,2	0 0	– –	0,75 0,75	80 99	Россия
Кварцевый песок, суспензия	0,08	8 (по питанию)	60	45 (по питанию)	90	Германия
Дробленый известняк, влажность 3%	2	0	–	10	82	Австралия
Песок, влажность 3,5%	1,2	0	–	1,5	97	Израиль
Глина, влажность 10–15%	2	1(0 при влажности выше 13%)	70	7,5	92	Южная Африка
Каолин, суспензия	0,15	3	70	10	93	Испания
Песчано-гравийная смесь, влажность 5%	3	5,4	93	25	95	Россия
Силикатный песок	0,2	0	–	1,22	98	Италия

машины примерно равны, в «Идеальном грохоте» амплитуда корпуса составляет до 1 мм в отличие от 2–5 мм у традиционных грохотов, тогда как амплитуда колебаний самой сетки достигает 10 мм. При таких режимах вибрации уменьшаются предпосылки для забивания сетки, так как если частица не проходит сквозь сетку, она отбрасывается обратно без шансов проникнуть внутрь ячейки частично и там остаться. Ускорения, передаваемые на сетку в «Идеальном грохоте», составляют 500–1000 g в отличие от традиционных грохотов с ускорениями в пределах 4–5 g. Забивание сеток в такой ситуации практически невозможно. Кроме того, сетке сообщаются мощные импульсы, возбуждающие ее многочастотные колебания, изменяющиеся во времени.

То же самое происходит и при работе с пульпой, с той разницей, что в «Идеальном грохоте», предназначенном для работы с пульпами, используются также гидростатические эффекты.

В таблице представлены примеры практического применения многочастотных вибрационных грохотов в технологиях производства различных строительных материалов в разных странах.

Значительный эффект дает сочетание многочастотной вибрационной технологии Kroosher® с традиционными технологиями, например когда необходимо глубокое обезвоживание песка, вплоть до близкой к 0% остаточной влажности. В отличие от традиционных сушилок аппарат «Идеальный обезвоживатель» сочетает механический и термический методы. Путем вибрации достигается максимально воз-

можная степень обезвоживания, а затем к той же рабочей камере машины подключается обдув горячим воздухом. За счет многочастотной вибрации создается виброкипящий слой, в котором каждая частичка песка движется по собственной траектории отдельно от других и комки не образуются. При этом каждая частичка песка обдувается со всех сторон, благодаря чему преодолевается сила поверхностного натяжения и молекулы воды уносятся потоком воздуха. Количество влаги, которое требуется удалять с подключением термического метода, существенно меньше, чем при традиционном методе, так как значительная часть влаги уже удалена дешевым механическим путем. Производительность аппарата очень высока благодаря значительной высоте виброкипящего слоя, который примерно в 10 раз выше, чем в традиционных аппаратах, где применяется вибрация. Аппарат «Идеальный обезвоживатель» работает в непрерывном режиме, его применение позволяет снизить затраты во много раз.

Другой пример – обеспыливание. Традиционные грохоты принципиально не могут удалять пыль из множества нерудных материалов из-за быстрого и плотного забивания сеток. Циклоны (воздушные классификаторы) при значительной производительности не обеспечивают высокого качества обеспыливания. Их эффективность не превышает 70%. Они требуют большого расхода сжатого воздуха.

Линия по обеспыливанию известняка, созданная фирмой «KROOSH Technologies Ltd.» на базе многочастотных вибрационных грохотов, включает минимальный

набор оборудования и обеспечивает высокое качество продукции.

Еще один пример успешного внедрения многочастотной вибрационной технологии Kroosher® связан с разуплотнением (декомпактированием) слежавшихся материалов, упакованных в бумажную или пластиковую тару. В созданном аппарате мешок со слежавшимся материалом подвергается воздействию многочастотных колебаний. Процесс декомпактирования различных материалов длится от нескольких секунд до нескольких минут на мешок. При этом происходит разрушение всех агломератов внутри упаковки, но сохраняется ее целостность.

За счет реализации оригинальной резонансной колебательной системы (ноу-хау) многочастотные грохоты обеспечивают по сравнению с традиционными виброгрохотами:

- в несколько раз более высокую производительность на 1 м<sup>2</sup> площади просеивания;
- повышение качества просеивания;
- самоочистку сетки;
- просеивание тонких и сверхтонких материалов на сетках;
- переработку склонных к агломерации липких, влажных, абразивных и других так называемых непроемываемых материалов;
- увеличение срока службы сетки при одновременном уменьшении ее стоимости.

Высокая эффективность и качество отсева большой группы материалов подтверждены результатами испытаний института ВНИПИИ-стромсырье и опытом эксплуатации ведущих предприятий – производителей строительных материалов.

## Итоги работы строительного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства в 2003 году

В 2003 г. сохранились позитивные тенденции развития инвестиционно-строительной деятельности. По данным Госкомстата России, в 2003 г. объем инвестиций на развитие экономики и социальной сферы составил 2183,3 млрд р, или 112,5% к объему аналогичного периода 2002 г.

Строительный комплекс России сегодня — это свыше 130 тыс. организаций и предприятий различных форм собственности, 9,3 тыс. предприятий промышленности строительных материалов, более 10 тыс. проектно-изыскательских организаций. В строительном комплексе страны трудится свыше 7,5 млн человек.

Объем основных фондов предприятий и организаций строительной отрасли составил на начало 2003 г. 211,1 млрд р, или около 2% от стоимости основных фондов всех отраслей экономики России. Степень износа основных фондов в организациях отрасли — 43,9% (машин и оборудования — 57%). Доля машин с истекшим сроком службы составляет 47,4%.

В 2003 г. организациями всех форм собственности построено 36,3 млн м<sup>2</sup> общей площади жилых домов, или 107,2% к уровню ввода 2002 г. Населением за свой счет и с помощью кредитов построено 15,2 млн м<sup>2</sup> жилья.

Вместе с тем состояние жилищного фонда сегодня не отвечает потребностям населения. Площадь аварийных и ветхих домов достигла 87,8 млн м<sup>2</sup>. Около 4,5 млн российских семей нуждаются в улучшении жилищных условий. Среди них многие нуждаются в так называемом социальном жилье. В связи с этим остро стоит проблема формирования сегментированного рынка жилья, доступного для различных категорий граждан. Решение этой проблемы имеет важное социальное, экономическое и политическое значение.

Госстроем России был подготовлен и внесен в Правительство Российской Федерации Перечень проектов нормативных правовых актов и иных документов, необходимых для развития системы ипотечного жилищного кредитования в Российской Федерации. В настоящее время ипотечные кредиты предоставляют более 30 банков. Профес-

сиональные участники ипотечного рынка стали проявлять большую заинтересованность в координации своей деятельности. Около 300 банков объединяются в Комитете по ипотечному жилищному кредитованию Ассоциации российских банков и готовятся к запуску своих ипотечных программ.

В Российской Федерации сохраняется устойчивая тенденция роста подрядных конкурсов и обеспечения эффективности их проведения. Выполненный объем работ по договорам строительного подряда в 2003 г. составил 1164,8 млрд рублей, или 114,4% к уровню 2002 г. Однако на условиях подрядных конкурсов размещается не более 40% из общего числа заказов на выполнение работ для государственных и муниципальных нужд.

В 2003 г. Госстрой России являлся государственным заказчиком 7 программ и 9 подпрограмм. Общий объем государственных капитальных вложений по Госстрою России составил 5,8 млрд р.

В соответствии с Федеральной адресной инвестиционной программой на 2003 год предусматривалось выделение государственных инвестиций на строительство 2500 строек. Из намеченных к вводу в действие 739 строек в 2003 г. введено в эксплуатацию на полную мощность 122 стройки и 72 — частично.

В 2003 г. в целом в промышленности строительных материалов сохранялась тенденция роста объемов производства промышленной продукции. Индекс промышленного производства в отрасли за 2003 г. по сравнению с 2002 г. составил 106,4%. В табл. 1 пока-

Таблица 1

Материал	2003 г.	2002 г.	2003 г. к 2002 г., %
Цемент, млн т	40,99	37,76	108,7
Листы асбестоцементные(шифер), млн усл. плиток	1934,5	1894,8	102,1
Стекло строительное, млн м <sup>2</sup>	35,09	38,35	91,5
Стекло листовое термополированное, млн м <sup>2</sup>	65,45	63,49	103,1
Линолеум, млн м <sup>2</sup>	85,89	72,49	118,5
Мягкие кровельные материалы, млн м <sup>2</sup>	420,99	423,25	99,5
Санитарные керамические изделия, млн шт.	6,95	6,39	108,6
Плитки керамические, млн м <sup>2</sup> для внутренней облицовки стен для полов	48,45 26,76	39,47 19,51	122,7 137,2
Ванны, тыс. штук	974,7	838,6	116,2
Радиаторы и конвекторы, млн кВт	4	3,71	107,9
Раковины и мойки, тыс. штук	786,9	801,2	98,2
Минеральная вата и изделия из нее, млн м <sup>3</sup>	8,99	7,42	121,2
Стеновые материалы, в том числе кирпич строительный, млн шт. усл. кирпича	13,65 10,74	13,95 11,01	97,8 97,5
Сборный железобетон, в том числе панели и другие конструкции для крупнопанельного домостроения, млн м <sup>3</sup>	20,77 5,91	20,06 6,67	103,6 88,6
Нерудные строительные материалы, в том числе щебень и гравий, млн м <sup>3</sup>	185,341 14,56	191,82 111,22	96,6 103

Таблица 2

Наименование материалов	Количество объектов, производств, технологических линий	Единица измерения	Мощность
Теплоизоляционные материалы	21	млн м <sup>3</sup>	2,72
Стеновые материалы	27	млн шт. усл. кирпича	344,4
Оконные и дверные блоки	21	млн м <sup>2</sup>	1,39
Керамическая плитка	8	млн м <sup>2</sup>	13,6
Стекло строительное	3	млн м <sup>2</sup>	2,24
Нерудные материалы	8	млн м <sup>3</sup>	4,23
Гипсокартонные панели	2	млн м <sup>2</sup>	42,2
Известь	3	тыс. т	81,8
Облицовочный камень	5	тыс. м <sup>2</sup>	208,7
Тротуарная плитка	11	млн м <sup>2</sup>	1,6
Изделия из ячеистого бетона	15	млн м <sup>3</sup>	0,36
Гипсоволокнистые панели	1	тыс. м <sup>2</sup>	10
Панели типа «Сэндвич»	2	тыс. м <sup>2</sup>	560
Пазогребневые плиты	3	тыс. м <sup>2</sup>	770
Стеклопакеты	4	тыс. м <sup>2</sup>	318
Сухие смеси	13	тыс. т	541
Металлочерепица, профнастил	12	млн м <sup>2</sup>	3,99
Линолеум	1	млн м <sup>2</sup>	25
Сборный железобетон	18	тыс. м <sup>3</sup>	245,6
Сборное монолитное домостроение	7	млн м <sup>3</sup>	333,3
Сайдинг	2	тыс. м <sup>2</sup>	220
Тарированный цемент	1	тыс. т	300

зана динамика производства основных строительных материалов.

За 2003 г. введено в эксплуатацию более 260 объектов, а также производства и технологические линии, обеспечивающие выпуск широкого ассортимента конкурентоспособных строительных материалов. Наиболее значимые из них приведены в табл. 2. В Свердловской области введено 38 предприятий, 13 – в Саратовской области; по 9 предприятий – в Санкт-Петербурге, Московской и Самарской областях; по 8 – в Тамбовской и Челябинской областях; по 7 – в Нижегородской, Ленинградской, Калининградской и Костромской областях.

В истекшем году в процессе модернизации предприятий строительной индустрии более широко применялись технологии и оборудование, разработанные и выпускаемые отечественными производителями.

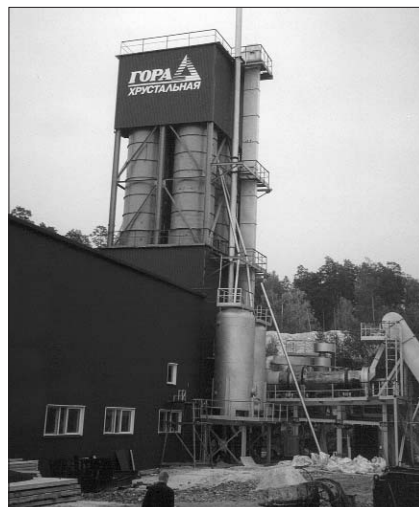
Наряду с положительными результатами и тенденциями в отрасли за последние годы часть отечественных строительных материалов продолжает уступать по качеству зарубежным аналогам, низок удельный вес конкурентоспособной продук-

ции по отдельным позициям. Ограничен ассортимент выпускаемых отечественных теплоизоляционных материалов на основе стеклянного и базальтового волокна, перлита и других природных минералов, санитарно-технических изделий, низкоэмиссионного, теплоотражающего и архитектурного стекла.

Степень износа основных фондов в отрасли достигла 54%, причем ежегодное выбытие превышает ввод. Это приводит к старению основных фондов, особенно их активной части, а также к фактическому сокращению производственных мощностей. Средний возраст основной части машин и оборудования – 17 лет.

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

Промышленность строительных материалов и изделий является одной из наиболее топливно- и энергоемких отраслей народного хозяйства. Удельный вес топлива и энергии



Крупнейшим российским производителем оборудования для выпуска сухих строительных смесей является фирма «Вселуг». В 2003 г. по ее проектам было построено 11 заводов в разных регионах страны



В мае 2003 г. в г. Новомосковск Тульской обл. на ОАО «Гипс Кнауф» запущены новые заводы по производству ГКЛ, пазогребневых плит и гипсового вяжущего



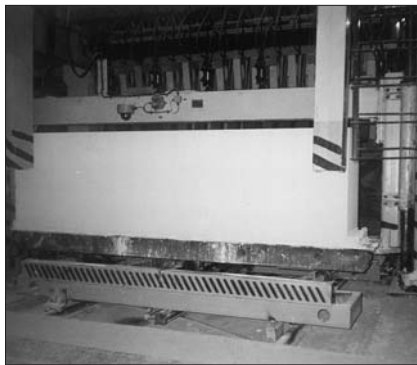
В мае 2003 г. в Новосибирске на ООО «Стилвуд» запущен самый современный завод в России по выпуску клееной конструкционной древесины мощностью 15 тыс. м<sup>3</sup> в год



В сентябре 2003 г. в г. Серпухов Московской обл. запущен второй завод компании «URSA Евразия» по производству теплоизоляции на основе стекловолокна мощностью 20 тыс. т в год



В октябре 2003 г. в г. Гусь-Хрустальный Владимирской обл. на ЗАО «Монолит» (бывший «Завод ЖБИ») вступил в строй региональный домостроительный комплекс мощностью 90–100 тыс. м<sup>2</sup> жилья (50 тыс. м<sup>3</sup> ЖБИ)



В октябре 2003 г. в Воронеже на ЗАО «ВКСМ» в результате реконструкции одного из участков производства силикатного кирпича создано производство ячеисто-бетонных блоков мощностью 70 тыс. м<sup>3</sup> в год



В ноябре 2003 г. в г. Нягань ХМАО открыт завод по выпуску нового для России строительного материала – LVL-древесины (брус, склеенный из шпона) мощностью 39 тыс. м<sup>3</sup> в год

в структуре затрат на производство и реализацию продукции в целом по отрасли составляет более 16%, а в цементной промышленности доходит до 41%. В связи с этим энергосбережение в промышленности строительных материалов является одной из первоочередных задач.

Таким образом, при разработке концепции развития строительного комплекса на перспективу до 2010 г. обращено особое внимание на решение проблем развития и модернизации строительного производства, жилищно-коммунального комплекса и предприятий промышленности строительных материалов. Большое внимание уделено механизмам реализации мер технического перевооружения отрасли, в том числе посредством обновления основных производственных фондов, внедрения прогрессивных технологий.

В 2003 г. уделялось значительное внимание социальным аспектам устойчивого развития и функционирования отрасли. Средняя заработная плата работников в отрасли составила, включая малые предприятия, 7018 р, что на 19,7% выше, чем в среднем по Российской Федерации. Задолженность по заработной плате работникам, занятым в строительстве на 1 ноября 2003 г., составила 2,9 млрд р.

Для определения стратегии развития градостроительства в Российской Федерации созданы Совет по вопросам градостроительства и архитектуры и Информационно-аналитический центр по подготовке законопроектов в этой сфере. Подготовлены проекты основных направлений развития градостроительства в Российской Федерации и концепции Федерального закона «О внесении изменений и дополнений в Градостроительный кодекс Российской Федерации». В законопроектах предусматривается установление единой иерархической системы, регулирующей все элементы градостроительной деятельности — градостроительное планирование,

градостроительное регулирование (регламентирование, зонирование), градостроительное проектирование — поэтапно от уровня Генеральной схемы расселения Российской Федерации (Генерального плана Российской Федерации) до уровня отдельного неделимого участка.

Градостроительный кодекс РФ в новой редакции должен стать базовым законом самостоятельной подотрасли административного и гражданского законодательства.

В рамках федеральной целевой программы «Сохранение и развитие архитектуры исторических городов» (2002–2010 гг.) осуществляются меры по возрождению, строительству и реконструкции этих городов в условиях экономической реформы. Реализация программных мероприятий позволила в 2003 г. завершить и сдать в эксплуатацию 17 объектов (50 объектов перешли на 2004 г.), создать дополнительно 701 и сохранить 398 рабочих мест. Участниками программы стали 73 города в 35 субъектах Российской Федерации.

В рамках подготовки к празднованию 300-летия основания Санкт-Петербурга выполнены работы по реконструкции и реставрации 18 объектов архитектурного наследия исторического центра, по модернизации и развитию инженерной и транспортной инфраструктур, а также строительству комплекса защитных сооружений города от наводнений.

В 2003 г. Госстрой России уделял постоянное внимание совершенствованию технической политики, направленной на обеспечение безопасности, надежности зданий и сооружений, повышение конкурентоспособности строительных материалов, конструкций и изделий, а также реформирование системы ценообразования в строительстве, применение новых нормативов и совершенствование сметных расчетов, обеспечение обоснованности стоимостных показателей в условиях рынка.

В рамках системы СНиП приняты 62 федеральных нормативных документа. Рассмотрено более 33 территориальных строительных норм, которые являются активными проводниками научно-технического прогресса в строительстве. Активизирована деятельность органов государственного архитектурно-строительного надзора, и прежде всего Управления главной инспекции Госархстройнадзора. Продолжалась аккредитация органов сертификации и испытательных лабораторий.

Вместе с тем увеличение объемов строительства жилья в два раза в свете Послания Президента Российской Федерации Федеральному собранию Российской Федерации предопределяет необходимость значительного повышения качества строительной продукции, осуществления комплекса мер по эффективному использованию и сохранности зданий, сооружений и иных объектов.

Из года в год увеличивается количество инженерных сетей, требующих замены или модернизации. Растут объемы ветхого и аварийного жилья. Мешают решению вопросов повышения инвестиционной привлекательности территорий и инвестиционной активности проживающего на них населения сложные процедуры согласования инвестиционных проектов и подготовки документации.

*Начало 2004 г. отмечено очередной реорганизацией управления строительным комплексом в рамках административной реформы. Пока нет информации, какие подразделения каких ведомств будут отвечать за решение задач, поставленных на последней коллегии Госстроя России, особенно в области промышленности строительных материалов.*

**Е.И. Юмашева**  
По материалам годовой коллегии  
Госстроя России, состоявшейся  
25–26 февраля 2004 г.