

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ
ЖУРНАЛ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ № 3/96

Издается с января 1955 г.

(495) марг

СОДЕРЖАНИЕ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И МАТЕРИАЛЫ

- Я. М. ПАНЦАВСКИС, П. В. ЭВИНГ, А. И. СЕЛЕЗСКИЙ, С. Н. КУЧИХИН,
С. А. ДАНКОВ Предпосылки дальнейшего развития производства
и применения ячеистого бетона в современных условиях 2

ОБОРУДОВАНИЕ

- † А. К. БРОВЦЫН, Г. С. ЧЕРИШЕВА Аэродинамическая очистка, дезинтеграция
и сепарация кварцевых песков и подобных сыпучих материалов 7
А. Г. ПОПОВ Системы автоматического учета воды - важный этап энергосбережения 10
† М. Д. СИЦЕЛЬНИК, А. В. КОЛЕНЬКО, Р. И. ГУЦИН, В. А. КОСТИН, В. Н. БАЖЕНОВ, А. М.
ПОЛТОРАЦКИХ, В. Г. АГАФОНОВ Применение целых фильтров для улавливания
цементной пыли 12

МАТЕРИАЛЫ

- Д. В. ПУСТОВАЛОВ, В. В. РЕМНЕВ Модифицированный жаростойкий бетон 14
В. В. РЕМНЕВ Жаростойкие бетоны и возможности их использования
для тепловых агрегатов 18
В. П. БАЛДИН, А. Е. ГРУШЕВСКИЙ, В. И. РЫБИЦИИ Искусственный мрамор
из гипсового камня 19

ОТРАСЛЬ В УСЛОВИЯХ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ

- С. В. БОЛЬШАКОВ Росстромбанк - расширение спектра фондовых операций 22
А. КОЗЬКО, Д. ПОЛИКАРПОВ Компьютер и бухгалтер. Tet-a-Tet 23

РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

- † А. П. ПРОШИН, В. И. СОЛОМАХОВ, В. А. ХУДЯКОВ, А. П. БОБРЫШЕВ Особо тяжелые
монокристаллические композиты для защиты от радиации 25
Е. Г. ВЕЛИЧКО, Ж. С. БЕЛЯКОВА Физико-химические и методологические основы
получения многокомпонентных систем оптимизированного состава 27
Д. П. ОРЕГЕЛИХЕР, В. И. ЛОГАНИНА Оценка старения покрытий цементных бетонов
с учетом наследственного фактора 31

Спонсор журнала — Росстромбанк

© ТОО РИФ «Стройматериалы», журнал «Строительные материалы», 1996

УДК 666.973.

Я. М. ПАПЛАВСКИС, П. В. ЭВИНГ (АО «Яйко», Таллин), А. И. СЕЛЕЗСКИЙ (АО «Силбвиндустрия», Москва),
С. Н. КУЧИХИН (АО «Строймаш», Москва), С. А. ЛАШКОВ (Бологовский завод «Строммашина»)

Предпосылки дальнейшего развития производства и применения ячеистого бетона в современных условиях

При оценке конкурентоспособности стеновых материалов в современных условиях необходимо учесть, что в течение последних лет произошло резкое увеличение стоимости энергоносителей, удорожание транспортных расходов, появилась ориентация на строительство односемейных и малоэтажных домов.

С целью экономии расхода энергоносителей Минстрой Российской Федерации постановлением 18.81 от 11.08.1995 г. утвердил и ввел в действие с 01.09.95 г. изменения №3 в СНиП П-3-79 «Строительная теплотехника» [1]. Для установления новых нормативов теплозащиты жилых зданий приняты уровни снижения удельного энергопотребления, которые составили: на первом этапе внедрения нового строительства — 20% и для малоэтажных и реконструируемых зданий — 40%. На втором этапе внедрения, то есть с 01.01.2000 г. — 40% для всех типов зданий. При этом необходимо отметить, что второй этап для малоэтажных и для всех реконструируемых зданий вводится с 01.07.96 г. [2].

Вышеупомянутое существенно меняет подход к решению задачи оптимизации капитальных и эксплуатационных затрат при производстве ограждающих конструкций из мелко-

штучных изделий. До введения изменений [1] мелкоштучные изделия — полнотелый керамический и силикатный кирпич, пустотелые камни и блоки из ячеистого бетона со средней плотностью 600–700 кг/м³ могли применяться в однослойных наружных стенах. При этом по показателям трудозатрат и энергозатрат на 1 м² стены из ячеистого бетона выгодно отличались от стен из кирпича или пустотелых камней [4]. Теперь однослойные стены со средней плотностью 600 кг/м³ возможны только в южной зоне России. В остальных зонах необходимо предусматривать слоистые конструкции с использованием таких эффективных теплоизоляционных материалов как минераловолокнистые плиты, пенополистирол и др. В связи с этим, не вникая в более подробный сопоставительный анализ, может возникнуть следующее мнение. Если требуемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций может быть обеспечено только с применением эффективного теплоизоляционного материала, то какой материал используется в сочетании с ним (кирпич, керамзитобетон, пустотелые камни, ячеистый бетон или др.) не имеет существенного значения. На примерах, приведенных ниже, покажем, что такая постановка вопроса является ошибочной.

Согласно [1] для таких городов средней полосы России как Москва, Тверь, Санкт-Петербург требуемое сопротивление теплопередаче $R_{0}^{стр}$ (м² °С/Вт) составляет соответственно 3,13, 3,21 и 3,10. На рис. 1 приведены варианты конструктивных решений наружных стен, при которых обеспечивается вышеуказанное требуемое сопротивление теплопередаче. Варианты стен из ячеистого бетона сопоставляются со стеной из керамического кирпича пустотностью 25–27%, как материала весьма широко применяемого. Для ячеистого бетона принята средняя плотность 600 кг/м³, так как выпуск изделий с такой средней плотностью освоен на ячеистобетонных заводах Российской Федерации. В трех вариантах стен принят одинаковый материал для их утепления. В четвертом варианте приведена конструкция однослойной стены из ячеистого бетона средней плотностью 400 кг/м³.

Сравнительные технико-экономические показатели рассматриваемых наружных стен приведены в табл. 1. Из нее видно, что стены из ячеистобетонных блоков, утепленных плитами из стекловолокна (или базальтового волокна) дешевле стены из керамического пустотелого кирпича с аналогичным утеплителем приблизительно на 40–50%, под-

Таблица 1

Позиция на рисунке	Конструкция стены	Толщина стены, см	Масса 1 м ² стены, кг	Сопротивление теплопередаче, м ² °С/Вт	Относительная стоимость 1 м ² стены, %	Трудозатраты на 1 м ² стены, чел.-час.		Энергозатраты в производстве материалов на 1 м ² стены, кг усл. топлива
						в производстве	в строительстве	
1	Ячеистый бетон с экранной листовой облицовкой	34,9	170	3,46	100	1,1	3,6	33,7
2	Ячеистый бетон с облицовкой из керамического кирпича	39,6	285	3,28	114	1,4	3,4	41,3
3	Кирпич керамический	50,3	535	3,15	156	2,1	4,3	50,5
4	Ячеистый бетон без утеплителя	37,8	175	3,28	112	1,3	2,7	41,1

ные трудозатраты на производство материалов и возведение стен из ячеистого бетона на 35 % меньше. Энергозатраты на производство материалов (с учетом производства соответствующего количества утеплителей, растворов, цемента, извести, пиломатериалов) в расчете на 1 м² стены из ячеистобетонных блоков меньше на 20–50 %. Технико-экономические показатели сплошной стены из ячеистого бетона находятся в основном на уровне показателей слоистых ячеистобетонных стен. Преимуществом сплошной кладки является уменьшение трудозатрат при возведении стен в 1,3 раза по сравнению со слоистыми ячеистобетонными сте-

нами и в 1,6 раз по сравнению со стеной из керамического кирпича.

Для средней полосы Российской Федерации реально обеспечение требуемого сопротивления теплопередаче $R_{0}^{тп} = 3,1–3,2 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ также при помощи однослойной конструкции наружной стены из ячеистого бетона (рис. 1, 4). Однако, в этом случае должны быть соблюдены следующие требования:

- средняя плотность ячеистого бетона должна быть не более 400 кг/м³
- кладка ячеистобетонных изделий должна вестись на клею, с толщиной клеевого шва 2 мм
- расчетный коэффициент теплопроводности λ (Вт /м [°]С) яче-

истого бетона должен быть принят равным 0,12 при расчетном массовом отношении влаги в материале равным 4 %.

Все вышеуказанные требования соблюдаются, например, известными фирмами «Сипорекс», «Итонг» и др. Соблюдение этих же требований в Российской Федерации до сих пор не обеспечивалось. Это происходило не потому, что их обеспечить невозможно, а потому что до введения изменений [1] к СНиП II-3-79 [3] в этом не было никакой необходимости. До введения изменений [1] из ячеистого бетона в средней полосе Российской Федерации могли применяться однослойные ячеистобетонные стены со средней плотностью 600 кг/м³ толщиной 30 см и кладкой на растворе. При кладке на растворе требуется меньшая точность геометрических размеров изделий ($\pm 5 \text{ мм}$), что в свою очередь, позволяет применять упрощенные конструкции резательных машин, например типа «люберецкой» или «Силбетблок».

Производство изделий из ячеистого бетона со средней плотностью 600 кг/м³ по сравнению с производством таких же изделий, но со средней плотностью 400 кг/м³, требует меньше энергозатрат на подготовку сырьевых материалов и их автоклавную обработку.

Введение новых, более высоких требований по теплозащите зданий полностью меняет сложившееся отношение к понижению средней плотности ячеистобетонных изделий и повышению точности их геометрических размеров до $\pm 1,5 \text{ мм}$ с целью возможности кладки на клею. Ниже будут более подробно изложены возможности обеспечения ячеистобетонных заводов необходимым оборудованием, выпускаемым на машиностроительных заводах Российской Федерации.

Что же касается расчетного коэффициента теплопроводности λ (Вт /м [°]С) при средней плотности 400 кг/м³, то величина $\lambda = 0,12$ обеспечивается, если расчетное массовое отношение влаги в ячеистом бетоне принимать равным 4 %. Однако, СНиП II-3-79 [3] для жилых зданий с нормальным влажностным режимом в регионе Москва, Тверь и Санкт-Петербурга рекомендуют для ячеистого бетона с плотностью 400 кг/м³ принимать $\lambda = 0,15$ (Вт /м [°]С) при расчетном массовом отношении влаги в материале 12 %. При этом в нормах [3] не приведено дифференцирование расчетного содержания влаги в материале в зависимости от наличия или отсутствия наружного влагозащитного

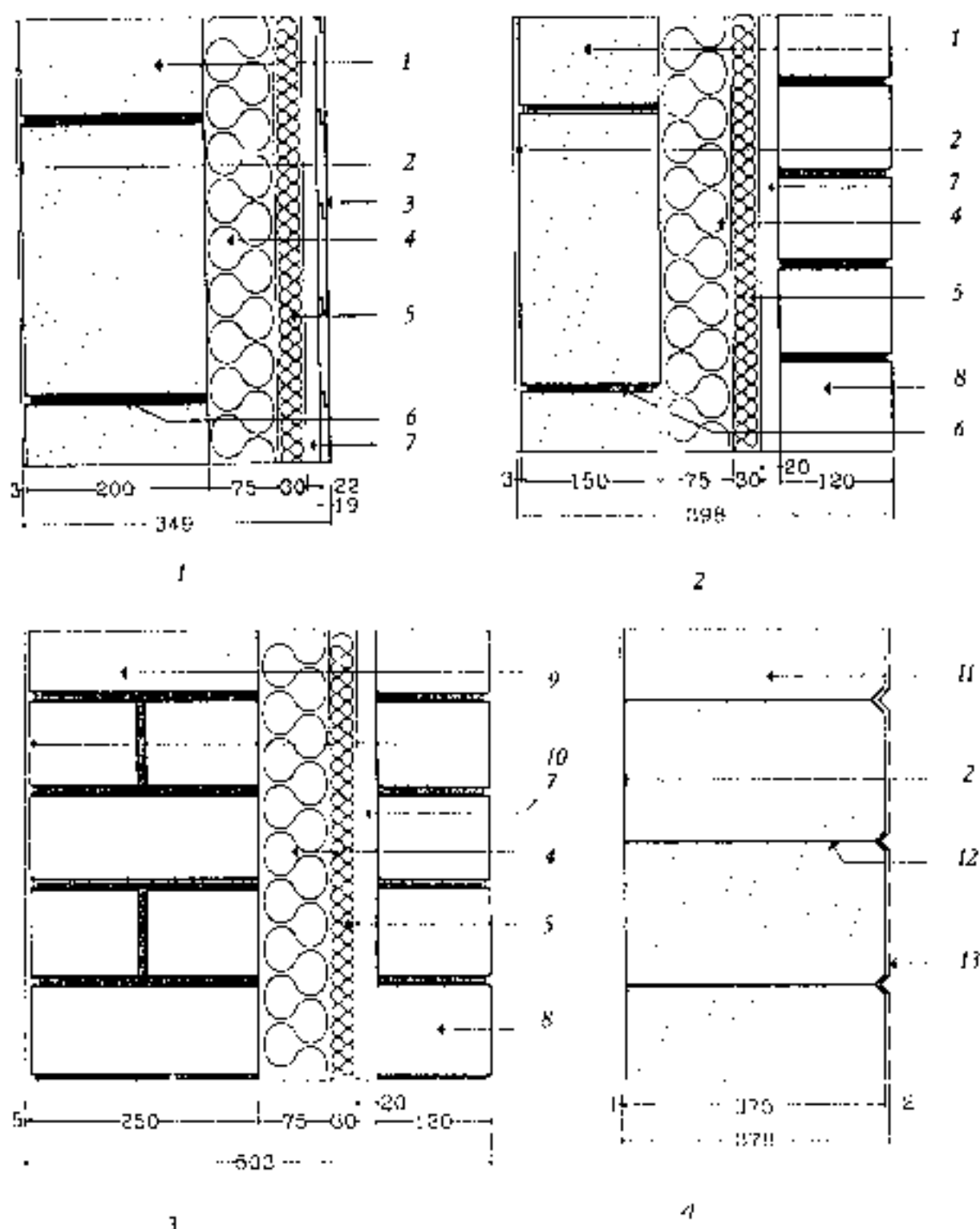


Рис. 1 Варианты конструкций наружных стен

1 — кладка из мелких блоков (ячеистый бетон плотностью 600 кг/м³), 2 — внутренняя затирка, 3 — экранная облицовка, 4 — минераловолокнистая плита плотностью 30 кг/м³, 5 — минераловолокнистая плита плотностью 90 кг/м³, 6 — растворный шов, 7 — воздушная прослойка, 8 — облицовочный кирпич, 9 — кладка из керамического пустотелого кирпича, 10 — внутренний штукатурный слой, 11 — кладка из мелких блоков (ячеистый бетон плотностью 400 кг/м³), 12 — клеевой шов, 13 — фактурный влагозащитный слой

покрытия, а также место расположения ячеистобетонной стены над или под уровнем земли. В нормах Финляндии, например, такой дифференцированный подход установлен [6]. Так, для наружных стен из ячеистого бетона средней плотностью 400 кг/м^3 , выполненных над уровнем земли, и имеющих влагозащитное отделочное покрытие расчетное массовое отношение влаги в ячеистом бетоне принято равным 4% и расчетный коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,12 \text{ (Вт/м}^\circ\text{С)}$. Обоснованность этих величин подтверждена многочисленным опытом эксплуатации зданий и экспериментальными исследованиями.

Представляется целесообразным в Российской Федерации при разработке методических рекомендаций по расчету и рекомендуемых конструкций стен с учетом требований [1] для ячеистобетонных конструкций также предусмотреть более дифференцированный подход при установлении расчетных характеристик по теплопроводности. Как видно из табл. 1, при одинаковом сопротивлении теплопередаче однослойные наружные стены из ячеистого бетона являются конкурентоспособными с многослойными стенами. Не менее важным аспектом является обеспечение комфортных условий при эксплуатации. Однослойные стены из ячеистого бетона наряду со стенами из дерева относятся к наиболее комфортным конструкциям наружных стен.

Вышеизложенные аспекты теплозащиты зданий относятся к так называемому поэлементному нормированию различных видов ограждающих конструкций, например, наружных стен. Поэлементное нормирование обеспечивает минимальные требования к теплозащите отдельных элементов ограждающих конструкций. При проектировании зданий в соответствии с новыми нормативами кроме поэлементного нормирования предусмотрено так называемое системное нормирование здания в целом или его отдельных замкнутых объемов [2]. Системное нормирование обязывает проектировщика применять такие требования для отдельных элементов, которые обеспечивают фиксированные величины удельных энергозатрат на отопление зданий, приходящиеся на 1 м^2 отапливаемой площади. Таким образом, важно не только обеспечить минимальное требование к теплозащите отдельных элементов, например, наружных стен, но рассматривать теплопотери здания в целом. Аналогичный подход рекомендуется также и нормами Швеции, Финляндии и других стран.

В рамках настоящей статьи не ставится цель более подробно останавливаться на отдельных аспектах системного нормирования. В качестве иллюстрации на рис. 2 приведены требуемые величины сопротивления теплопередаче R_o^{TP} ($\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{С/Вт}$) отдельных элементов ограждающих конструкций применительно к Московской области, определенные согласно [1, 2]. При использовании этих величин R_o^{TP} для жилого дома общей площадью 120 м^2 и площадью окон 15% от площади этажа рассчитаны теплопотери в $\%$ через отдельные элементы ограждающих конструкций (см. рис. 2). Очевидно, что теплопотери через наружные стены составляют всего 15% от общих теплопотерь здания. Это еще раз подтверждает насколько важно рассматривать теплозащиту здания в целом. С другой стороны, такой подход позволяет варьировать подбором конструкции и стоимости ограждений. Например, для той же Московской области, как видно из рис. 2 для окон $R_o^{TP} = 0,42 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{С/Вт}$. Однако, для этого региона рекомендуется трехслойное остекление с новой конструкцией окон, имеющих стеклопакеты с теплоотражающими покрытиями и др. [2]. Для таких окон сопротивление теплопередаче выше требуемого и составляет $0,565 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{С/Вт}$. Применяя эти окна для того же примера, приведенного на рис. 2, можно уменьшить R_o^{TP} для наружной стены, конструкции чердачного или подвального перекрытия. При этом важно, чтобы была обеспечена нормированная величина энергозатрат на 1 м^2 отапливаемой площади. С другой стороны, если в каком-то регионе окна с усовершенствованной конструкцией недоступны, а могут быть использованы только обычные деревянные окна, для которых сопротивление теплопередаче составляет $0,25\text{--}0,34 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{С/Вт}$, тогда R_o^{TP} для других ограждающих элементов того же здания должно быть повышено.

Таким образом, введение новых норм по теплозащите зданий [1] требует от проектировщика и строителя дома не только соблюдения этих норм, но и сопоставительного анализа стоимости различных вариантов и комбинаций материалов для ограждающих конструкций, окон и дверей. Конкурентоспособность жилого дома из ячеистого бетона заключается не только в эффективности этого материала в наружных стенах (см. табл. 1). Из ячеистого бетона могут изготавливаться перемычки и плиты средней плотностью $500\text{--}600 \text{ кг/м}^3$ для подвальных и чердачных перекрытий, чем обеспечивается еще более дешевое и экономичное строительство жилых домов. Строительство такого дома проиллюстрировано на обложке этого номера журнала.

Для решения вопросов строительства новых и модернизации существующих цехов или заводов по производству ячеистого бетона необходимо иметь такую организационную структуру, которая способна взять на себя координацию всех вопросов по проектированию, ком-

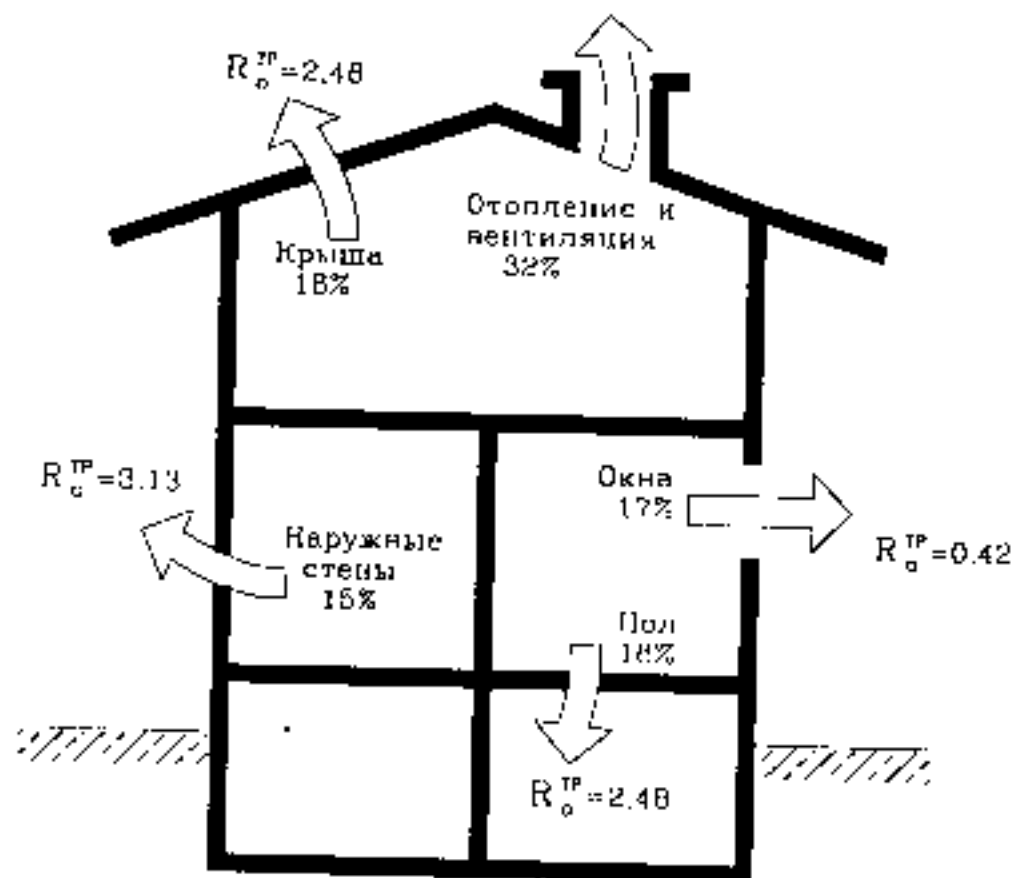


Рис. 2 Схема теплопотерь в жилом доме общей площадью 120 м^2 применительно к Московской области

Таблица 2

Показатель	Годовая мощность (мелкие стеновые блоки), тыс. м ³	
	60	40
Режим работы (5 дней в неделю) дней в году	260	260
смен в сутки	3	2
Число рабочих (основного производства), чел.	48	37
Расход сырья на 1м ³ готовой продукции		
портландцемент М400, т	0,09	0,09
известь негашеная, т	0,12	0,12
песок кварцевый, м ³	0,2	0,2
вода, м ³	0,32	0,32
алюминиевая пудра, кг	0,53	0,53
Годовой расход основного сырья		
портландцемент М400, т	5400	3600
известь негашеная, т	7200	4800
песок кварцевый, м ³	12000	8000
алюминиевая пудра, кг	31,8	21,2
Установленная мощность, кВт	1200	1200
Максимальный расход технологического пара Р=1,2 МПа, т/час.	9	7,5
Расход воды, м ³ /час	7	6
в том числе повторно используемая	3	2,6
Максимальный расход сжатого воздуха, м ³ /мин	65	65
Автоклавы		
диаметр, м	2,6	2,6
длина, м	19	19
число, ед	5	3
Годовая выработка на одного рабочего, м ³	1250	1080
Масса технологического оборудования (включая мельницы и автоклавы), т	665	550

плектации и изготовлению оборудования, его монтажу и наладке. С этой целью создано российско-эстонское предприятие «Силбетиндустрия», которое работает в тесном контакте с АО «Строймаш», Бологовским заводом «Строммашина» и АО «Яйко».

АО «Яйко» (Таллин) является правопреемником бывшего института НИПИ силикатобетон в разработке технологии и оборудования для подотраслей ячеистого бетона, силикатного кирпича, сухих отделочных смесей и кладочных составов. Налаженные тесные связи с машиностроительными заводами России позволяют АО «Силбетиндустрия» решить все технические вопросы без привлечения иностранных фирм. Не требуются валютные средства на изготовление оборудования и поставку запасных частей, так как все оборудование изготавливается в России. Что же касается оплаты затрат АО «Яйко», то в настоящее время отлажена и действует система платежей между Российской Федерацией и Эстонской Республикой в рублях. Это существенно облегчает решение вопросов финансирования для большинства предприятий России.

АО «Силбетиндустрия» для производства ячеистого бетона предлагает технологические линии мощностью от 20 до 240 тыс. м³ изделий в год. В рамках настоящей статьи несколько подробнее излагаются некоторые аспекты строительства так называемых «мини-заводов» — технологических линий годовой производительностью 20—60 тыс. м³. Проблема строительства таких технологических линий весьма актуальна и потому, что они в большинстве случаев могут быть размещены в существующих или недостроенных пролетах промышленных зданий, в том числе на заводах КЖД (кружлопанельного домостроения), традиционная продукция которых для односемейного и малоэтажного жилищного строительства не имеет спроса. Это обусловлено тем, что при монтаже панелей ограждающих стен высотой «на этаж» и плит покрытия размером «на комнату» требуется применение монтажных кранов большой грузоподъемности. Кроме этого ограниченность в выборе архитектурно-планировочных решений жилых домов в большинстве случаев не устраивает покупателя.

Таким образом, в части производства ограждающих конструкций на существующих КЖД практически единственной альтернативой является переход на производство мелкоштучных изделий взамен панелей

высотой «на этаж». Для изменения (расширения) традиционного ассортимента продукции КЖД и решения проблемы развития малоэтажного и индивидуального строительства АО «Силбетиндустрия» предлагает вариант реконструкции домостроительных комбинатов с переходом на выпуск эффективных мелкоштучных изделий из ячеистого бетона.

Предлагается организация производства мелкоштучных изделий из ячеистого бетона (мелких стеновых блоков) в объеме 20—60 тыс. м³ в год в одном из пролетов действующих предприятий, с сохранением выпуска изделий из так называемого доборного тяжелого бетона. Существующие освоенная площадка и инфраструктура завода, наличие обученных кадров позволяют с минимальными затратами и в кратчайшие сроки осуществить запуск технологической линии.

Следует отметить, что на каждом конкретном комбинате важно найти правильное соотношение производств изделий КЖД и эффективных ограждающих конструкций из мелкоштучных ячеистобетонных изделий. Предлагаемый вариант предусматривает переоборудование одного из пролетов существующих КЖД под

выпуск мелкоштучных изделий из автоклавных бетонов. При этом компоновка оборудования предусматривает:

- использование пролета без его перестройки с дальнейшей эксплуатацией существующего грузоподъемного оборудования и устройством металлической этажерки смесеприготовительного участка внутри пролета;
- использование существующих трактов подачи сырьевых материалов и существующих складов цемента и заполнителей;
- использование существующих коммуникаций энергоснабжения, теплоснабжения и канализации;
- организацию монтажа оборудования технологической линии без остановки производства деталей КЖД;
- минимального срока монтажа оборудования.

Технологическим процессом предусматривается выпуск мелких стеновых блоков в объеме до 60 тыс. м³ в год (средней плотностью 400—600 кг/м³) при режиме работы пять дней в неделю в три смены на резательных машинах, обеспечивающих точность геометрических размеров изделий как для кладки на растворе, так и для кладки на клею.

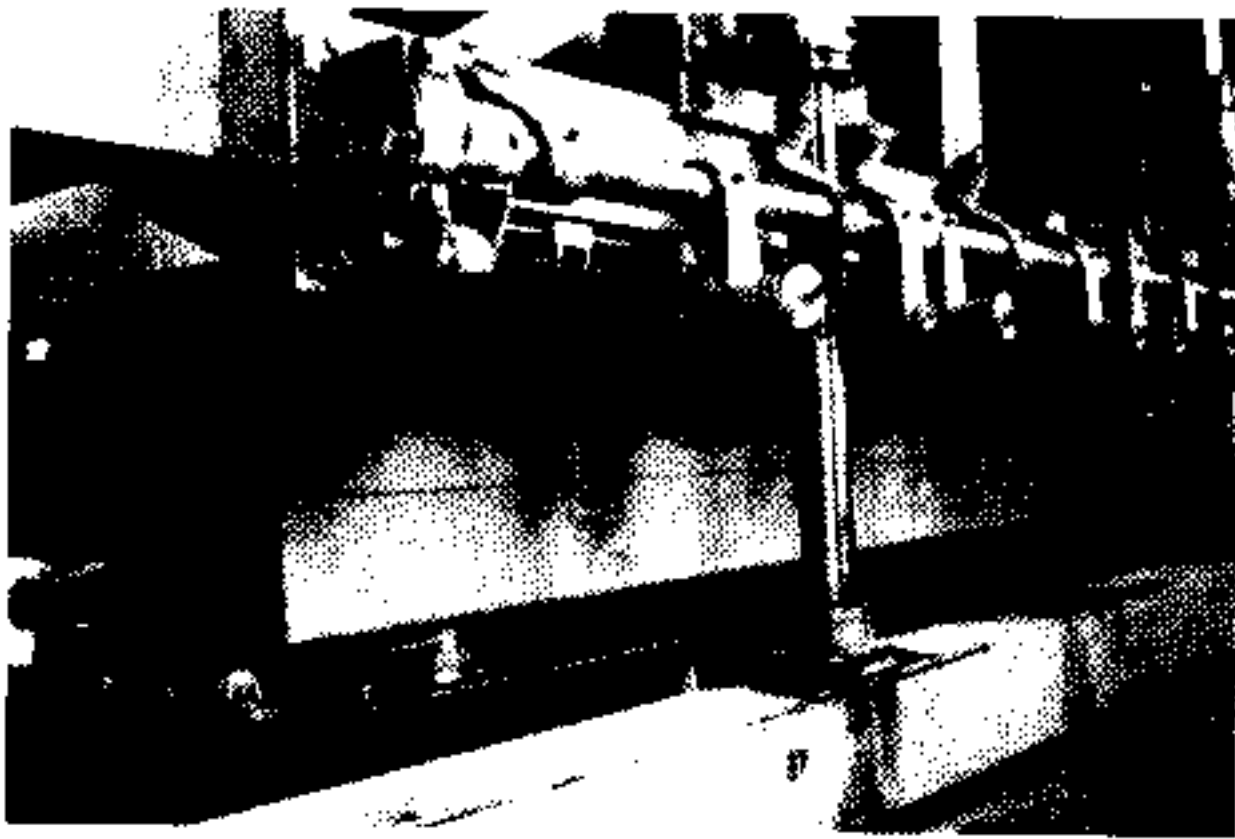


Рис. 3. Машина для резки изделий на поддонах

Технологические линии рассчитаны на использование автоклавов диаметром 2 м или 2,6 м, как наиболее дешевых и распространенных. В случае невозможности применения автоклавов, например, из-за недостатка средств, можно организовать выпуск этих же изделий из неавтоклавного ячеистого бетона средней плотностью $600-700 \text{ кг/м}^3$ с ведением теплозащитной обработки в безнатюрных пропарочных камерах.

В качестве сырьевых материалов рекомендуется применять пелашевую известь, цемент, кварцевый песок, алюминиевую пудру. В качестве кремнеземистого компонента возможно применение зольного уноса, пыкодисперсных кремнеземистых промышленных отходов и др. В каждом конкретном случае необходимо рассматривать целесообразность применения того или другого сырьевого материала, так как доставка их со стороны потребует строительства узлов приема и хранения. В части целесообразности производства неавтоклавного ячеистого бетона необходимо отметить следующее. В последние годы появилось немало публикаций, авторы которых рекомендуют производить неавтоклавный ячеистый бетон, что дешевле производства автоклавного ячеистого бетона. Это действительно так, но необходимо иметь в виду, что автоклавный и неавтоклавный бетон — это два материала, совершенно разные по качеству и, следовательно, по области применения. Сторонники неавтоклавного бетона, как правило, умалчивают очень существенный недостаток неавтоклавного бетона — усадку.

В процессе автоклавной обработ-

ки гидросиликаты синтезируются в кристаллическом состоянии, что обеспечивает более высокие прочностные характеристики, а главное уменьшает объемные деформации (усадку) при эксплуатации. Так, усадка автоклавных бетонов составляет $0,5-0,7 \text{ мм/м}$, неавтоклавных — $2-3 \text{ мм/м}$.

Большая усадка неавтоклавного ячеистого бетона вызывает трещинообразование в ходе эксплуатации изделий. В результате происходит отслаивание штукатурки и уменьшение долговечности изделий. Поэтому наружные стены, выполненные из неавтоклавных ячеистобетонных блоков, должны иметь с наружной стороны облицовку из кирпича или листовых материалов, а с внутренней стороны быть покрыты сухой штукатуркой или обоями. С введением новых требований по теплозащите зданий [1], когда при сред-

ней плотности 600 кг/м^3 независимо от того, используется автоклавный или неавтоклавный бетон, необходимо применять решения наружных стен, приведенных на рис. 1, позиции 1, 2, 3, неавтоклавный бетон без особых изменений может быть рекомендован как стеновой материал. В то же время его применение не в армированных элементах плит покрытия и перекрытия ввиду большой усадки исключается.

В табл. 2 приводятся технико-экономические показатели технологических линий производительностью 40 и 60 тыс. м³ в год. Это один из вариантов мини-завода с разрезкой массивов на поддонах, полный комплект оборудования для которого может быть изготовлен на Бодняевском заводе «Строммашинпа». На рис. 3 представлен общий вид машины для резки изделий на поддонах «мини-завода» на Рязанской ГРЭС (г. Новомитуринск). Более подробную информацию можно получить в организациях, адреса которых указаны на обложке настоящего номера журнала.

Список литературы

1. Изменение № 3 СНиП II-3-79** «Строительная теплотехника». // Журнал «Журнал строительной техники», 1995.
2. Ю. А. Матросов, И. П. Бутковский, В. В. Ташенко «Новые изменения СНиП в строительной теплотехнике». // Журнал «Журнал строительной техники», 1995 №10.
3. СНиП II-3-79** «Строительная теплотехника».
4. Х. С. Воробьев. Стеновые материалы и оборудование для их производства в современных условиях. // Строительные материалы, 1995 г. № 2.
5. Л. В. Хмылева. Ресурсосбережение при строительстве и реконструкции жилья. Строительные материалы, 1995, №5.
6. Lantmännens Objekt C4 (K1 Rak MK - 20183)



Киевская ярмарка
приглашает

на весеннюю выставку

**«Строительные материалы
и технологии»**

16—19 апреля 1996 г.

Украина, 252650, ГСП-22, Киев, ул. Горького, 62
Телефон: (044) 261-59-34, 261-54-43
Факс: (044) 227-14-55

УДК 666.363.4+533.6+621.928

А. К. БРОВЦЫН, канд. техн. наук (Обнинский институт атомной энергетики),
Г. С. ЧЕРШНЕВА, инженер (Государственный научный центр —
Обнинское научно-производственное предприятие «Технология»)

Аэродинамическая очистка, дезинтеграция и сепарация кварцевых песков и подобных сыпучих материалов

Возрастающие потребности строительства, стекольных заводов, литейных и других производств России и стран СНГ в высококачественном и дешевом кварцевом песке удовлетворяются не полностью в результате истощения многих месторождений. Поэтому поиск новых источников кварцевого песка и освоение высокоэффективных технологий обогащения кварцевых песков в настоящее время актуальны [1].

Для возведения зданий и сооружений требуется применение бетонов и растворов высокого качества, обеспечение которого связано прежде всего с применением высококачественных заполнителей — песка и щебня.

Как показывает практика, на стройки заполнители поступают с недопустимыми отклонениями от действующих ГОСТов [2—4] по гранулометрическому составу, прочности, однородности и содержанию различных примесей. Среднестатистические данные по качеству песка, щебня, гравийно-песчаной смеси, используемых на пятидесяти бетонных и растворных заводах приведены в табл. 1.

Основными причинами сложившегося неблагоприятного положения являются:

— несовершенство технологии раз-

работки и переработки заполнителей на карьерах и дробильно-сортировочных заводах;

— недопустимые нарушения при складировании, транспортировании и перегрузке по всей технологической цепочке от карьеров до заводов;

— отсутствие надежных установок и узлов комплексного обогащения заполнителей на карьерах и непосредственно на заводах-изготовителях.

В результате снижаются прочность, морозостойкость и долговечность бетонов и растворов, перерасход цемента составляет 10—15 %, увеличиваются трудовые и энергетические затраты, ломается технологическое оборудование на заводах. Кроме того, отсутствие сухих, чистых и фракционированных заполнителей не позволяет автоматизировать технологические процессы на бетонорастворных заводах, домостроительных комбинатах, заводах железобетонных изделий и стройках.

По существу, из-за низкого качества бетонов и растворов затруднено применение новой техники и технологии при изготовлении, транспортировании и укладке бетонорастворных смесей на стройках. Таким образом, низкое качество

заполнителей для бетонов и растворов превратилось в один из барьеров, стоящих на пути научно-технического прогресса в строительстве.

В сложившихся обстоятельствах формовочные пески для литейных производств в соответствии с требованиями новых действующих нормативов в настоящее время не выпускаются, поэтому заводы, имеющие в составе литейное производство, вынуждены брать имеющиеся кварцевые пески и доводить их до требуемого качества непосредственно в заводских условиях, что усложняет технологию и повышает себестоимость продукции.

Потребности стекольной промышленности в высококачественном сырье также непрерывно возрастают. Особенно остро ощущается дефицит гранулированного кварца в производстве специальных стекол и высококачественного хрусталя. В то же время такие крупные месторождения как Раменское, Таплинское, Новоселовское (Украина) истощаются. Поэтому повышение технического уровня стекольного производства неразрывно связано с изысканием и получением качественного сырья, что может быть достигнуто только на основе создания принципиально новых и высокоэффективных технологий обогащения кварцевого песка.

В 1995 г. в Обнинском институте атомной энергетики и ГНЦ ОНПП «Технология» с участием специалистов Михайловского горно-обогатительного комбината проведены комплексные исследования по аэродинамическому обогащению кварцевых песков вскрышных слоев Михайловского месторождения с целью их применения в литейных, стекольных, строительных и других производствах.

Для проведения экспериментальных исследований осуществляли моделирование технологических процессов как наиболее достоверный и точный метод исследований

Таблица 1

Заполнитель	Содержание, %					
	слабых зерен		пыли		зерен других фракций	
	по ГОСТу	фактически	по ГОСТу	фактически	по ГОСТу	фактически
Песок для растворов	5	*	2	4,44	5	7,24
Песок для бетонов	5	*	2	3,94	5	17,14
Щебень	5	8	2	3,78	5	18,55
Гравийно-песчаная смесь	5	3	2	2,73	5	13,3

Примечание. Определение содержания слабых зерен в песках, помеченных знаком * в таблице, на заводах не делалось, за исключением одного завода, где выявлено наличие слабых зерен в песках для бетонов в количестве 28,1%.

на физических моделях с применением теории подобия при постановке и обработке результатов экспериментов.

Разработка, изготовление и испытания физических моделей аэродинамического обогащения кварцевых песков были основаны на следующих основных предпосылках:

- использование накопленного отечественного и зарубежного практического, научного опыта и принципиально новых технических решений;
- эмпирическая проверка исходных данных;
- поэтапный контроль изготовления моделей;
- проверка работоспособности моделей;
- комплексное испытание моделей;
- тщательное сравнение входных и выходных данных при эксплуатации моделей;
- тщательный анализ результатов полученных экспериментальных данных [5, 6].

Перечень основных моделей, оборудования и приборов, использованных при исследованиях аэродинамического обогащения кварцевых песков Михайловского месторождения приведен в табл. 2.

Наименование моделей, оборудования, приборов	Завод-изготовитель
Аэродинамические модели Вибрационный грохот	ОИАТЭ (Обнинск) Фирма «VEB Metall Webrell Neustadt/erla» DDR Фирма «Хитачи» (Япония)
Атомно-абсорбционный спектрофотометр 180-70 Рентгенофлуоресцентный спектрометр VRA-30 Микроскоп биологический типа «Биолам Р-15» Весы лабораторные марки ВЛКТ-500М Весы лабораторные марки ВАР-200 Маслоудалитель типа П-Б1631-УХЛ-4 Компрессор типа СО-45А и промышленная система предприятия по сжатию воздуха	Фирма «Карл Цейс Иена» (ФРГ) Фирма «ЛОМО» (Санкт-Петербург) Фирма «ГОСМЕТР» Санкт-Петербург) Фирма «ГОСМЕТР» (Санкт-Петербург) ТУ-2-053-163-83 ОНПП «Технология»

Таблица 3

Показатель	Исходный кварцевый песок фр. < 8	При кратковременном режиме	При длительном режиме
Дереж. мм	0,34	0,315	0,3
Китн. %	60,5	63,5	67
Сумма остатка	94,1	98,1	95

Таблица 4

Образец	Содержание, мас. %					рН
	Na ₂ O; K ₂ O; CaO; MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Диоксид кремния	Глинистая составляющая	
Исходный кварцевый песок	<u>0,53</u> низкое	<u>1,3</u> очень высокое	0,58	<u>97,8</u> 97,0	<u>1,05</u> группа 4	3,55
Серия проб № 1	<u>0,24</u> очень низкое	<u>0,42</u> среднее	0,29	<u>99,2</u> 99,0	<u>0,78</u> группа 3	5,39
Серия проб № 2	<u>0,24</u> очень низкое	<u>0,19</u> очень низкое	0,19	<u>99,5</u> 99,0	<u>0,32</u> группа 2	6,63

Примечание. Над чертой приведены результаты аэродинамической очистки, полученные при испытаниях, под чертой — показатели, требуемые по ГОСТ 2138 — 91.

Результаты аэродинамической дезинтеграции и сепарации кварцевого песка по диаметру среднего зерна и его однородности приведены в табл. 3.

Результаты аэродинамической очистки кварцевого песка приведены в табл. 4.

Среднестатистические данные по аэродинамической дезинтеграции кварцевого песка по гранулометрическому составу приведены в табл. 5.

Экспериментальные исследования по аэродинамической очистке, дезинтеграции и сепарации кварцевого песка проводились при непрерывных и циклических режимах.

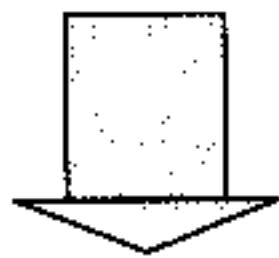
В экспериментальных исследованиях принимали участие сотрудники ЦИО ОНПП «Технология» П. М. Майстренко, Е. Д. Серогина, К. Б. Шампетинюк, В. И. Каланцев.

Таблица 5

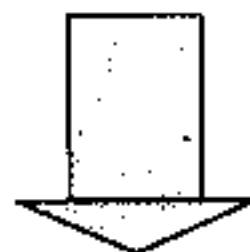
Размер сторон ячейки сита в свету, мм	Остатки на ситах, г			
	При малых давлениях		При средних давлениях	
	Исходный песок, г	Дезинтегрированный песок, г	Исходный песок, г	Дезинтегрированный песок, г
08	2,55	2	2,59	1,76
063	5,98	5,05	6,27	5,21
05	11,69	9,25	10,55	9,62
04	14,9	17,07	17,03	16,48
0315	23,25	21,82	22,16	20,22
02	35,21	36,43	34,7	37,09
016	4,34	4,46	4,57	4,73
01	1,34	1,77	1,3	1,79
005	0,38	0,56	0,44	0,83
Поддон	0,08	0,0	0,08	0,12
Всего	99,72	98,49	99,69	98,0

кварцевый песок

удаление пыли



предварительная аэродинамическая очистка



предварительная аэродинамическая сепарация

удаление крупной фракции

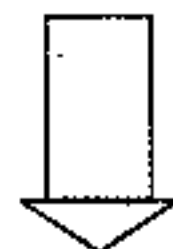


при циклическом режиме

аэродинамическая очистка



аэродинамическая дезинтеграция



аэродинамическая сепарация

удаление мелкой фракции



обогащенный кварцевый песок—концентрат

различных давлениях и расходах воздуха в строгом соответствии с требованиями новых ГОСТов [7, 8]. Основные результаты исследований приведены в табл. 3—5.

На основе проведенных экспериментальных исследований разработано тактико-техническое задание на создание принципиально новой технологии (см. рисунок) и многоцелевой установки аэродинамической очистки, дезинтеграции и сепарации кварцевых песков и подобных

сыпучих материалов в блок модульном исполнении с регулированием технологического процесса. Установка позволяет получать формовочные пески самого высокого качества $-[K_2O]_2O_2$ при этом зерна кварца приобретают полированную поверхность и овальную форму, преимущественно шаровую, а также заданные размеры. Кроме того, установлено, что аэродинамическая обработка повышает раскрываемость кварца как минерала и видо-

изменяет его свойства, в частности повышает светопропускаемость, что представляет практический интерес для стекольной промышленности.

Таким образом, аэродинамическая очистка, дезинтеграция и сепарация позволяют получать кварцевые пески необходимого качества.

Преимуществами новой технологии и установки ее реализации по сравнению с известными являются:

- новизна — технология и установка защищены патентами РФ, имеются ноу-хау;
- гибкость — быстрая перестройка технологии на заданный режим;
- надежность в эксплуатации элементов, узлов и установки в целом;
- блочность и модульность — выполнение установки из унифицированных блоков и модулей;
- мобильность — быстровозводимость, разбираемость и транспортабельность;
- экономичность — экономия за счет снижения энергозатрат, материалоемкости и исключения применения воды;
- высокое качество — получение чистых и особоочищенных песков и подобных сыпучих материалов;
- многоцелевое и межведомственное применение в различных отраслях народного хозяйства;
- конкурентоспособность и перспективность.

В настоящее время на Михайловском горно-обогатительном комбинате ведутся подготовительные работы по созданию опытно-промышленной установки для аэродинамической очистки, дезинтеграции и сепарации кварцевых песков для литейных и стекольных производств, строительства.

Список литературы

1. Бровцын А.К., Сергеев В.И., Черникова Г.С. Аэродинамическое обогащение сыпучих материалов // Строительные материалы 1994-N1-С. 15-16.
2. ГОСТ 8736—85. Песок для строительных работ. Технические условия.
3. ГОСТ 10268—80. Бетон тяжелый. Технические требования к заполнителям.
4. ГОСТ 10260—82. Щебень из гравия для строительных работ. Технические условия.
5. Политехнический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1989. С. 310.
6. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем — искусство и наука. М.: Мир, 1978. С. 418.
7. ГОСТ 2138—91. Пески формовочные. Общие технические требования.
8. ГОСТ 22551—77. Песок кварцевый, молотый песчанник, кварцит и жильный кварц для стекольной промышленности. Технические условия.

Системы автоматического учета воды — важный этап энергосбережения

Какие приборы приобрести?

Высокие цены на энергоносители и ужесточение требований контролирующих организаций к организации учета энергоресурсов ставят предприятия всех отраслей народного хозяйства перед необходимостью осуществления комплекса мероприятий по энергосбережению. Одним из важнейших элементов таких мероприятий является внедрение систем автоматического учета и контроля энергоносителей.

Особенно заметный эффект даст реализация мер по сбережению и контролю энергоресурсов на предприятиях строительной индустрии, которые являются наиболее энергоемкими и в то же время не менее других оснащены автоматическими системами контроля.

В настоящей статье рассматриваются некоторые практические вопросы и особенности внедрения расходомеров и теплосчетчиков — контрольно-измерительных приборов для контроля расхода воды и потерь тепла.

Поскольку приобретение и внедрение аппаратуры требует значительных затрат, наиболее ответственным этапом для потребителя является выбор оптимальной измерительной системы.

В настоящее время на рынке контрольно-измерительной аппаратуры предлагаются десятки систем расходомеров и теплосчетчиков отечественного и зарубежного производства.

Отечественная расходометрическая аппаратура представлена следующими типами приборов:

- крыльчатые и турбинные водосчетчики на D_y 10—250 мм, изготавливаемые в Старой Руссе, Чистополе, Москве и ряде других городов; лучшими из них являются водосчетчики, собираемые из импортных узлов;
- ультразвуковые расходомеры типа Расход-7, УФМ-001, УРСВ и др.;
- электромагнитные расходомеры серии РОСТ;
- вихревые расходомеры СВУ, РСВ, ДРВ.

На базе большинства из указанных расходомеров изготавливаются

теплосчетчики для закрытых и открытых систем теплоснабжения.

Все указанные типы расходомеров и теплосчетчиков предлагают и зарубежные фирмы: водосчетчики «Шлюмберже Индустри» (Франция), «Майнске» (Германия), «Ценпер» (Германия), «Премекс» (Словакия), ряд польских фирм; ультразвуковые расходомеры «Данфос» (Дания); электромагнитные и вихревые расходомеры «Бэйли Автоматизация». Кроме того, можно приобрести и аналогичную аппаратуру, изготовленную в Эстонии, Белоруссии, на Украине.

Здесь перечислена лишь часть производителей расходомеров и теплосчетчиков, которая сертифицировала свою продукцию в России. Но и так ясно, что потенциальные потребители приборов учета энергоресурсов подчас оказываются в сложном положении, не зная как правильно сделать выбор. Нередко приобретаются просто наиболее дешевые приборы, что, конечно, часто приводит к ошибкам и необходимости их замены.

Ошибочные решения потребителям могут быть подсказаны и отдельными производителями контрольно-измерительной аппаратуры, заинтересованными в реализации своей продукции.

Приведем на примерах возможную цепочку ошибок, допускаемых при выборе приборов учета расхода воды.

Предположим, на предприятии необходимо организовать коммерческий учет холодной воды на трубопроводе D_y 100 мм. Вам предлагают два типа турбинных водомеров с совершенно одинаковыми техническими характеристиками, но при этом один из них стоит в 2 раза дешевле второго.

Но не торопитесь приобретать дешевый прибор, обратите внимание на то, что его, вероятно, необходимо проверять ежегодно, тогда как более дорогой — один раз в пять лет. Ясно, что в данном случае значительно выгоднее установить более дорогой водосчетчик. Это избавит вас от немалых затрат, связанных с периодическим демонтажем и проверкой прибора.

Но это еще не все. Если вам необходим учет не питьевой, а технической воды, то турбинные водосчетчики вообще лучше не ставить, так как срок их службы будет невелик из-за влияния качества контролируемой воды (наличие в ней взвешенных веществ). Приходится отказываться от водомеров и в тех случаях, когда нет возможности сделать байпасную линию.

Допустим, вы решили установить более дорогой, чем турбинный, но зато долговечный ультразвуковой или электромагнитный расходомер. Необходимо знать, что у этих приборов более узкий диапазон измеряемых расходов, поэтому для правильного выбора нужно определить диапазон фактических расходов воды в трубопроводе. Например, если в трубе расход изменяется в пределах от 5 до 50 м³/ч, то следует выбрать расходомер на D_y 65 мм и для его установки сделать сужение трубопровода. Если же вы установите расходомер на D_y 100 мм, то часть диапазона он измерять не будет.

Кроме того, очень важное значение при выборе типа прибора имеют температура воды, наличие в ней пузырьков воздуха, длина прямого участка трубопровода, периодичность подачи воды в трубу, возможность демонтажа первичного преобразователя для поверки, необходимость дистанционной передачи информации, иногда — содержание солей в воде и др.

Максимальное число предложений приходится на крыльчатые и турбинные расходомеры, которые применяются для измерения количества и расхода воды с середины прошлого века. Эти приборы давно применяются в России и лучше других знакомы потребителям.

Измерение расхода протекающей воды означает учет объема за какой-то определенный срок, например за месяц или год. Для отчета количества воды шкалы измерительных приборов градуируются в литрах или кубических метрах.

Расход означает количество воды, протекающее в единицу времени, шкалы измерительных приборов градуируются в литрах в секунду или кубических метрах в час.

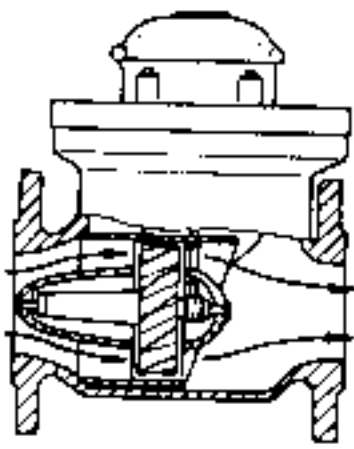


Рис. 1. Расходомер типа WP

Непосредственным элементом измерения в турбинных водомерах является вольтмановская крыльчатка (по имени г-на Вольмана, впервые ее применившего в качестве расходомера). Крыльчатка представляет собой процесслер, плотно насаженный на ось. Вода протекает сквозь крыльчатку параллельно ее оси, и при этом она приводится во вращение, как гребной винт. Между средней скоростью течения и скоростью вращения крыльчатки существует линейная зависимость.

Крыльчатка и ее ось находятся полностью в воде, ось покоится на подшипниках, а вода выполняет роль смазочного материала.

Различают два основных типа водомеров.

На рис. 1 изображен тип WP, у которого ось крыльчатки лежит параллельно оси трубопровода. Эти водомеры могут устанавливаться на трубопроводах горизонтальных, вертикальных и любого наклона, ибо подшипники оси исполнены так, что потери от трения не зависят от наклона оси. Передача вращения оси осуществляется посредством шестеренчатой передачи на перпендикулярный к оси крыльчатки вал, на конце которого насажена ведущая половина магнитной муфты.

На рис. 2 показан тип WS, у него ось крыльчатки размещена вертикально, причем тяжесть крыльчатки воспринимается нижним осевым подшипником, а давление потока — верхним. Эти водомеры особенно легкоходны, и диапазон измеряемых расходов у них значительно шире, чем у WP, однако они пригодны только для горизонтальных трубопроводов. Ведущая половина магнитной муфты насажена непосредственно на конец ее оси.

У обоих типов наполненное водой пространство непосредственно за ведущей половиной магнитной муфты ограничивается герметичной стенкой. Сквозь нее приводится во вращение ведомая половина магнитной муфты, находящаяся в сухом

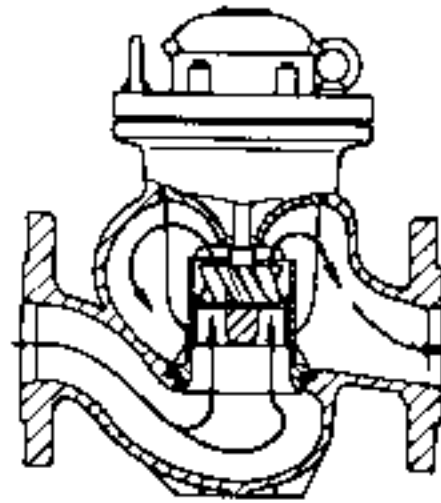


Рис. 2. Расходомер типа WS

отсеке счетного механизма. Счетное устройство таким образом предохраняется от коррозии.

В современных водомерах счетный механизм выполнен так, что он легко извлекается из корпуса водомера без демонтажа последнего из трубопровода.

Достоинством турбинных водосчетчиков является большой диапазон измерения; отношение минимального расхода к максимальному составляет 1 : 25, а у некоторых — 1 : 50.

Несмотря на простоту турбинных водомеров, в ряде случаев (некоторые из них рассмотрены выше) их применение нецелесообразно.

Для вод, содержащих механические примеси, и сточных вод могут успешно применяться ультразвуковые и электромагнитные расходомеры. Это достаточно сложные электронные приборы, нередко для их установки и ввода в эксплуатацию требуются специальные знания, поэтому для пусконаладочных работ привлекаются специализирующиеся на этих работах предприятия.

На трубы большого диаметра трудно подобрать подходящий расходомер, так как большинство ти-

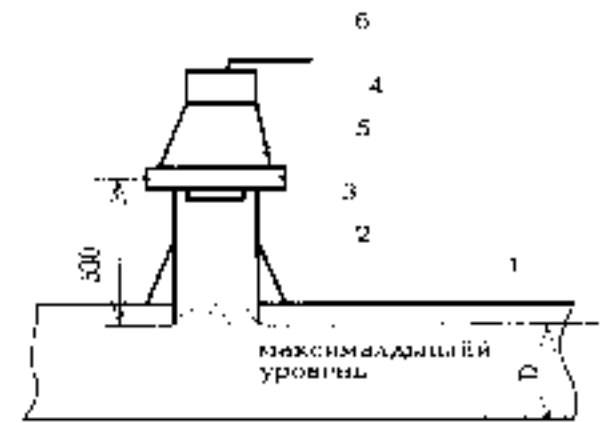


Рис. 3. Схема монтажа расходомера на безнапорной трубе

1 — водовод, 2 — крепление, 3 — звуковод диаметром 55—70 мм, 4 — фланец, 5 — прокладка, 6 — кабель.

пов расходомеров изготавливается до D_y 250 мм. При больших диаметрах применяются только ультразвуковые расходомеры, которыми можно оснащать трубопроводы с внутренним диаметром до 4200 мм.

Особо следует отметить проблему измерения количества сточных вод в открытых лотках и безнапорных (самотечных) трубопроводах. Для этой цели описанные выше конструкции не применимы, в этом случае используются специальные расходомеры. Схема монтажа прибора на безнапорной трубе показана на рис. 3. Для изготовления расходомера для безнапорной трубы необходимо знать: колебания расхода воды, строительный уклон, диаметр трубопровода и материал, из которого он изготовлен, максимальный уровень наполнения трубы. Измерения возможны, когда обеспечивается свободный слив воды из трубы, т. е. нет подпора. Степень загрязненности сточной воды на достоверность измерений влияния не оказывает.



РОССТРОЙЭКСПО
Министр России
приглашает
на выставку-ярмарку

Малый бизнес — строительству-96
2—6 апреля 1996 г.

Адрес: 119146, Москва, Фрунзенская наб., 30
Телефоны: (095) 210-03-94, 242-89-68

М. Д. СИНЕЛЬНИК, А. В. КОЛЕНЬКО, Р. И. ГУЩИН, В. А. КОСТИН, В. Н. БАЖЕНОВ, инженеры, (Челябинский филиал «Росорттехстром»), А. М. ПОЛТОРАЦКИХ, В. Г. АГАФОНОВ, инженеры, (Челябинский завод железобетонных шпал)

Применение цепных фильтров для улавливания цементной пыли

На большинстве заводов по производству железобетонных изделий при транспортировке цемента от приемных узлов из автомобильного и железнодорожного транспорта в накопительные силосы и далее в технологии используют пневмотранспорт. Одна из самых острых проблем пневмотранспортирования цемента — очистка отработанного сжатого воздуха, насыщенного цементной пылью.

В настоящее время используют три основные технологические схемы, которые одновременно выполняют и функцию обеспыливания.

1. **Цементная пыль подается непосредственно в цементный силос**, отработанный сжатый воздух без очистки выходит в атмосферу через неплотности. В этом случае силос выполняет роль пылесадительной камеры. Поскольку размеры силосов, как правило, велики, объем отработанного воздуха относительно мал, степень пылесаживания достаточно высока. Недостатками данной схемы являются большие потери цемента, высокая загазованность выходящего воздуха (особенно в конце загрузки — при максимальном уровне цемента в силосе) и значительное загрязнение атмосферы.

2. **Отделение цемента от воздуха происходит в циклоне-разгрузителе**, установленном на силосе. Эта схема достаточно надежна в эксплуатации, но имеет ряд существенных недостатков: большие потери цемента при выбросе отработанного воздуха в атмосферу (циклоны при высоких массовых концентрациях материала в системах пневмотранспорта имеют достаточно высокую степень очистки — около 97,5 %, но гарантированная потеря 2,5 % годового объема переработки цемента значительна для любого предприятия), а также высокий уровень загрязнения окружающей среды.

3. **Цементная пыль попадает в цементный силос, на котором установлен фильтрующий элемент**. На некоторых заводах были установлены рукавные карманные элементы, т. е. ткань, натянутая на неподвижный каркас. Отсутствие регенерации делает необходимым частую замену ткани, замазанной пылевыми отложениями. Если замена не производится, то система прак-

тически начинает работать по первой схеме.

В качестве указанных напорных элементов очень часто используются промышленные рукавные фильтры. При закачке цемента в силосы вследствие высокой концентрации цементной пыли (до 100 г/м^3) в аспирируемом воздухе и неблагоприятных условий работы (круглогодичная работа на открытом воздухе, под навесом или в неотопляемом помещении и, что также часто встречается, применение неосушенного сжатого воздуха для регенерации фильтров) рукавные фильтры работают с низкой степенью надежности.

Аналогичное положение наблюдается также при пневмотранспортировании цемента из силосов в расходные бункера, находящиеся в цехе.

Тканевые рукава фильтров в этих условиях забиваются цементной пылью, пыль цементируется, фильтр выходит из строя, требуется частая замена рукавов. Как следствие неудовлетворительной работы фильтров — завышенные выбросы цементной пыли в окружающую атмосферу и высокие материальные затраты на эксплуатацию фильтров, а также значительные потери цемента.

При работе по третьей схеме в системах пневмотранспорта цемента

та в качестве альтернативного рукавному предлагается фильтр цепной, ранее хорошо зарекомендовавший себя на ряде предприятий для обеспыливания аспирационного воздуха с высоким влагосодержанием. Конструкция фильтра и принцип его работы подробно рассмотрены ранее [1].

В сентябре 1995 г. Челябинским филиалом «Росорттехстром» был разработан проект реконструкции системы аспирации пневмотранспорта цемента для Челябинского завода железобетонных шпал (ЧЗЖБШ), где вместо неработающих рукавных фильтров СМЦ-166 предусмотрена установка фильтров цепных.

В проекте предложены четыре аспирационные системы: АС-1, АС-2, АС-3, АС-4 с применением фильтров цепных ФЦ-111 (рис. 1, 2).

Проект имеет следующие особенности:

- использовано остаточное давление сжатого воздуха в цементных силосах для прокачки аспирируемого воздуха через фильтрующий элемент фильтра цепного, что дало возможность отказаться от оснащения фильтров вентиляторами;
- силосы не оборудованы циклонами-разрушителями, цементная пыль подается непосредственно в цементные силосы.

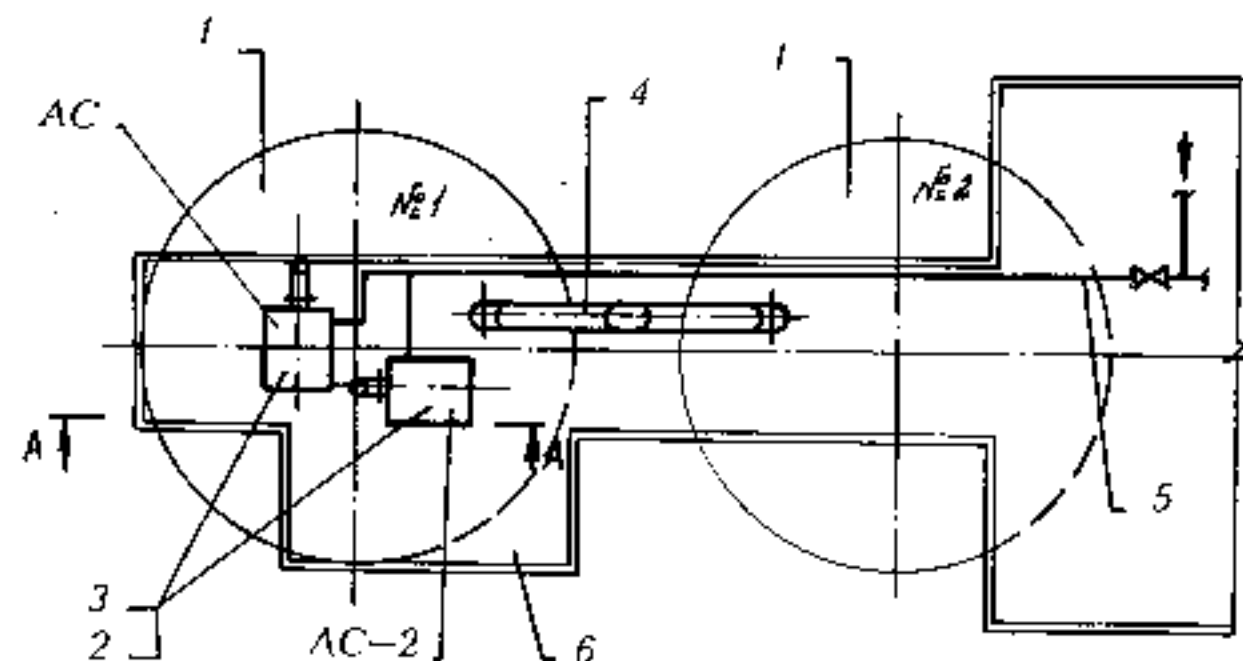


Рис. 1. План аспирации цементных силосов № 1 и 2 (планировка аспирации цементных силосов № 3 и 4 является зеркальным отображением): 1 — цементный силос № 1; 2 — трубопровод опорный; 3 — фильтр цепной ФЦ-111; 4 — труба перекачная (для соединения цементных силосов № 1 и 2); 5 — трубопровод сжатого воздуха; 6 — навес

Параметр	Показатели работы				
	проектные	фактические			
		АС-1	АС-2	АС-3	АС-4
Производительность по воздуху, тыс. м ³ /ч:					
на входе	1,33	1,5	1,46	1,43	1,4
на выходе	1,33	1,5	1,46	1,43	1,4
Гидравлическое сопротивление, кг/м ²	130	165	157	150	144
Запыленность аспирируемого воздуха, г/м ³ :					
на входе	25	24,4	22,1	23,7	24,1
на выходе	2	1,15	0,95	1,07	0,99
Степень очистки аспирированного воздуха, %	96—98	95,3	95,7	95,5	95,9

Цементный склад завода состоит из четырех цементных силосов вместимостью 300 т цемента каждый, приемного устройства для разгрузки железнодорожных вагонов с цементом, системы пневмонасосов для перекачки цемента в силоса.

Цементные силосы соединены перепускными трубами попарно (№ 1 и 2, № 3 и 4, см. рис. 1, 2), по которым цемент подается непосредственно в силос.

Загрузка цемента в любой из силосов может осуществляться одновременно двумя пневмонасосами ТА-40А, производительность каждого 6,3 т/ч. Расход сжатого воздуха на один насос — 0,44 кг/с или объемный расход воздуха — 0,367 м³/с.

Суммарная часовая подача сжатого воздуха в цементный силос, который необходимо откачать, при работе двух насосов ТА-40А равна: 0,367 · 3600 · 2 = 2642,4 м³/ч.

Так как номинальная часовая производительность фильтра ФЦ-1П с вентилятором равна 1000 м³/ч, принято к установке на первом и четвертом силосе по два фильтра ФЦ-1П.

Разность объема воздуха 642,4 м³/ч будет пропускаться за счет увеличения скорости прохождения воздуха через фильтры без вентиляторов.

Возможность установки фильтров без вентиляторов подтверждается следующим расчетом.

Входное сечение фильтра ФЦ-1П равно 0,55 м².

Скорость воздуха на входе в фильтр

$$V = \frac{0,367}{0,55} = 0,667 \text{ м/с.}$$

Гидравлическое сопротивление, выбранное к установке фильтра P_{ϕ} , равно

$$P_{\phi} = A \gamma V^2,$$

где $A = 2291$ — коэффициент геометрической характеристики фильтра, рассчитанный Челябинским филиалом «Росорттехстром» (расчет для краткости изложения не приводится); $\gamma = 1,2 \text{ кг/м}^3$ — плотность воздуха.

$$P_{\phi} = 2291 \cdot 1,2 \cdot 0,667^2 = 1223 \text{ Па.}$$

Приняв запас на неучтенные потери 10 %, получим необходимое давление воздуха для работы фильтра от остаточного давления сжатого воздуха пневмосистемы:

$$P = 1,1 \cdot P_{\phi} = 1,1 \cdot 1223 = 1345 \text{ Па} = 0,01345 \text{ ати.}$$

Требуемое давление $P = 0,01345$ ати обеспечивается системой пневмотранспорта цемента с давлением сжатого воздуха на входе в цементный силос 1,5—2 ати.

Эффективная и качественная работа цепных фильтров возможна только при стабильном режиме регенерации, который обеспечивается системой автоматического управления процессом регенерации, смонтированной в ящике управления в одном для двух фильтров, установленных на цементном силосе.

При этом регенерация двух фильтров, установленных на одном силосе, сдвигается по времени на 3 мин и более, что обеспечивается набором времени на реле времени ящика управления.

В работу фильтры должны включаться одновременно с включением пневмонасосов ТА-40А или немного ранее, а включение их следует производить через 30—40 мин после отключения системы пневмотранспорта.

По разработанному проекту в октябре — ноябре 1995 г. Челябинский филиал «Росорттехстром» изготовил фильтры, смонтировал их на Челябинском заводе железобетонных изделий и произвел наладку на оптимальные технологические режимы работы.

После опробования работы фильтров на различных режимах, выполнения замеров запыленности воздуха на входе и выходе и определения степени очистки аспирированного воздуха были установлены следующие оптимальные режимы работы фильтров:

- время работы фильтров в режиме фильтрации — 30 мин,
- время регенерации — 2 мин,
- число колебаний рамы в минуту — 15 двойных ходов.

Параметры работы фильтров приведены в таблице.

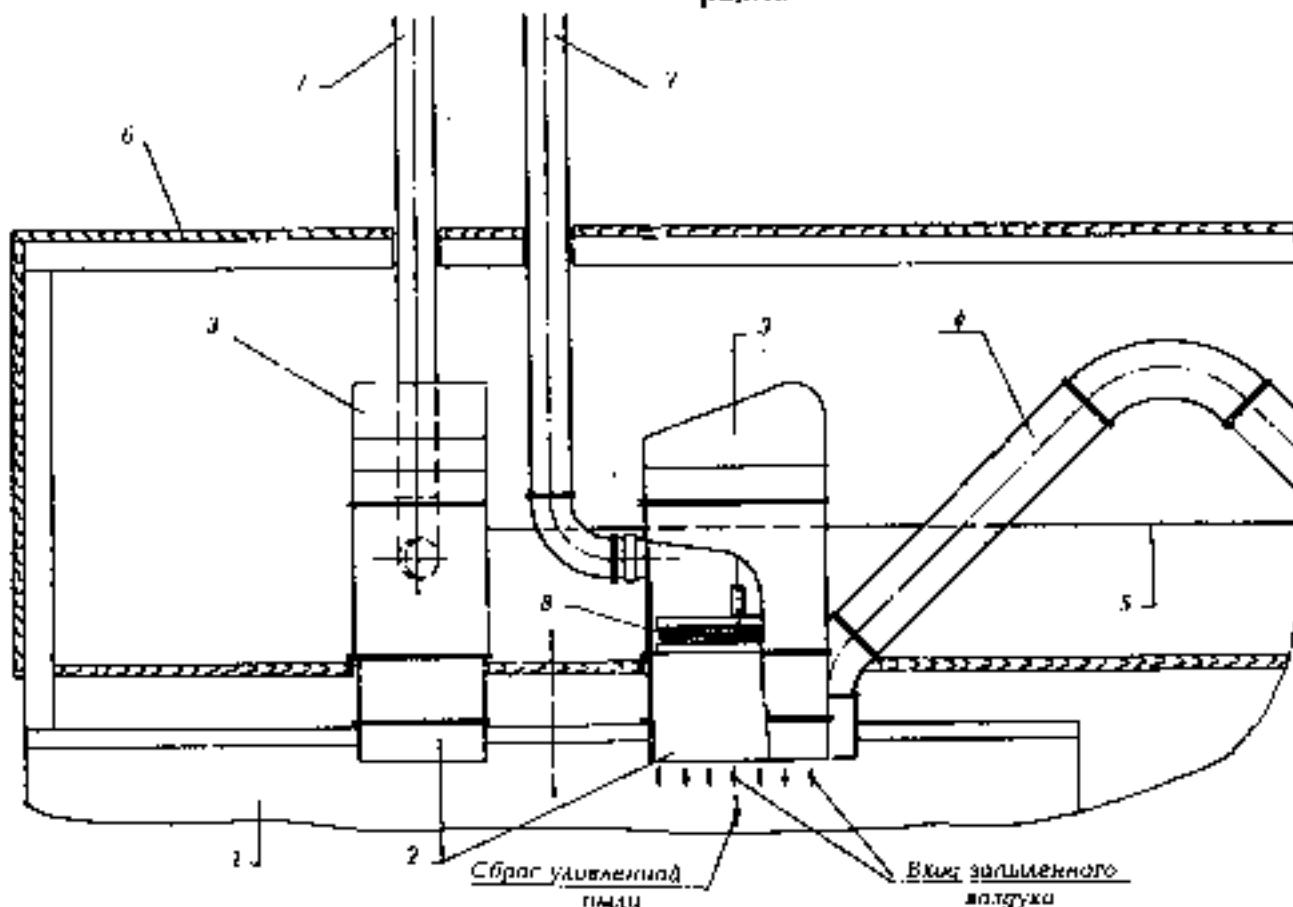


Рис. 2. Разрез А—А:
1 — цементный силос № 1; 2 — патрубок опорный; 3 — фильтр цепной ФЦ-1П; 4 — труба перепускная (для соединения силосов № 1 и 2); 5 — трубопровод сжатого воздуха; 6 — навес; 7 — труба выхлопная; 8 — фильтрующий элемент (цепи)

При рассмотрении экономической эффективности выполненной реконструкции систем аспирации принимаем, что эффективность пылеосаждения в цементном силосе сравнима со степенью очистки цементной пыли в циклоне-разгрузителе, то есть равна 97,5 %.

Годовой объем переработки цемента на ЧЗЖБШ составляет около 21 600 т. Следовательно, потери цемента при выходе отработанного сжатого воздуха с остаточной загрязненностью в атмосферу для старого варианта составят:

$$21600 (1 - 0,975) = 540 \text{ т в год.}$$

У систем с цепными фильтрами для расчета потерь принимаем, что один вагон разгружается ориентировочно в течение 1 ч, емкость вагона 60 т, усредненная замеренная концентрация на входе в фильтры — 25 г/м³, среднеэксплуатационная степень очистки — 95 %, производительность по воздуху — 2700 м³/ч. Тогда потери цемента равны:

$$25 (1 - 0,95) 2700 (21600/60) \times 10^{-6} = 1,21 \text{ т в год.}$$

Следовательно, годовая экономия за счет снижения потерь цемента при выбросе в атмосферу составит (стоимость 1 т цемента на конец ноября 1995 г. равна 250 000 р/т)

$$0,25 (540 - 1,21) = 134,7 \text{ млн. р}$$

Кроме того, значительно улучшилась экологическая обстановка на заводе. При этом завод получил возможность снизить плату за выброс вредных веществ в атмосферу.

Таким образом, реконструкция систем аспирации накопительных силосов на заводе ЧЗЖБШ окупается практически за один год, поскольку стоимость четырех цепных фильтров вместе с монтажом, наладкой систем аспирации составила 130 млн. р.

Результаты испытаний систем аспирации с цепными фильтрами в производственных условиях позволяют сделать следующие выводы.

Цепные фильтры могут успешно применяться для улавливания цементной пыли, они эффективно работают как в отапливаемых корпусах, так и в неотапливаемых

производственных помещениях и на открытом воздухе, эксплуатируются в автоматическом режиме и не требуют постоянного контроля при работе.

Использование цепных фильтров на пневмотранспорте цемента дает высокую экономическую эффективность за счет значительного снижения потерь цемента и улучшения экологической обстановки, при этом срок окупаемости затрат по аспирации пневмотранспорта около одного года.

В настоящее время в Челябинском филиале «Росорттехстром» разработано несколько вариантов цепных фильтров и разрабатываются новые фильтры, отличающиеся особенностями конструктивного исполнения, производительностью по очищаемому газу, приводом системы регенерации (на сжатом воздухе или с электродвигателем).

Литература

- Синельник М. Д., Коляево А. В., Луцкий Р. И. Цепные фильтры: новые возможности улучшения состояния воздушной среды // Строит. материалы. 1995. № 8. С. 8-9.

МАТЕРИАЛЫ

УДК 691.327:666.974.2.004.14

Д. В. ПУСТОВАЛОВ, В. В. РЕМНЕВ (26 ЦНИИ МО РФ)

Модифицированный жаростойкий бетон

Применение жаростойкого бетона и железобетона при использовании промышленных методов строительства позволяет возводить теплотехнические сооружения любых конструктивных решений. При этом значительно сокращаются сроки строительства, снижается стоимость, повышается надежность их работы, долговечность и ремонтоспособность.

Жаростойкие бетоны на жидком стекле отличаются не только хорошей адгезией к различным материалам, высокими термическими свойствами, но и достаточной стойкостью в некоторых агрессивных средах (кислой, кроме плавиковой кислоты, расплавленных натриевых солей и др.). Твердение бетонов и растворов на жидком стекле обеспечивается введением отвердителей — кремнефтористого натрия, отходов металлургической и химической промышленности, содержащих в

своем составе различные силикаты щелочноземельных металлов.

Наиболее эффективными и недефицитными являются силикаты кальция. На этой основе были разработаны жаростойкие бетоны с отвердителями: нефелиновым шламом, а также с саморассыпающимися шлаками ферросплавных производств. Эти бетоны успешно прошли промышленную проверку и показали по сравнению с бетонами на кремнефтористом натрии лучшую водо- и морозостойкость.

Недостатком указанных жаростойких бетонов является быстрое схватывание бетонной смеси (10—15 мин.). Это затрудняет ее транспортировку, качественную укладку и уплотнение, что оказывает отрицательное влияние на требуемые свойства жаростойкого бетона при обычной и высокой температуре эксплуатации. Поэтому регулирование процессов схватывания и твердения

жаростойкого бетона на жидком стекле без снижения его эксплуатационных характеристик является весьма важной задачей.

В ходе проведенных исследований разработана бетонная смесь с улучшенными технологическими свойствами, осадка конуса которой 20—25 см, жизнеспособность 50 мин. Указанный эффект достигается за счет применения в бетоне недефицитной добавки «К». Поведение такого бетона при воздействии высоких температур характеризует табл. 1.

Из составов 1, 4, 7 жаростойкого бетона (табл. 2) были изготовлены образцы-кубы с ребром 7 см. После 28 сут. нормального твердения кубы помещали на 40 мин в разогретую до требуемой температуры печь. Затем кубы извлекали и подвергали охлаждению струей воздуха из вентилятора. Через каждые 5 мин кубы поворачивали на 90° к потоку воздуха. Охлаждение кубов осуществлялось до температуры

© Д. В. Пустовалов, В. В. Ремнев, 1996

Табл. 1.

Номер состава	Количество добавки «К», % от массы жидкого стекла	Прочность бетона при сжатии, МПа									
		Нормальное твердение, сут			Нагрев, °С						
		3	7	28	100	200	400	600	800	1000	1200
1	0	17,8	20,2	21,9	24,1	26,3	31,2	25,2	32,9	37,1	35,3
2	2	18,1	19,7	21,3	23,6	25,7	30,9	23,5	32,1	37,5	34,9
3	5	18,4	20,6	23,8	26,2	29,1	34,1	28,1	35,7	38,6	35,7
4	7	19,3	23,1	24,4	26,8	28,4	35,3	26,9	36,6	39,6	38,3
5	9	18,7	20,9	22,8	25,1	27,6	31,9	25,8	34,2	36,4	34,6
6	12	17,4	19,3	20,8	22,9	25,2	30,7	22,6	31,2	33,8	33,1
7	14	16,9	19,1	20,4	22,5	24,9	29,8	22,4	30,6	32,9	29,5

Таблица 2

Номер состава	Расход материалов, %					Количество добавки «К», % от массы жидкого стекла
	Жидкое стекло	Феррохромовый шлак	Тонкомолотый шамот	Шамотный наполнитель	Добавка «К»	
1	19,5	4,8	22	53,7	0	0
2	19,1	4,8	22	53,7	0,4	2
3	18,5	4,6	22,2	53,7	1	5
4	18,1	4,5	22,3	53,7	1,4	7
5	17,7	4,4	22,4	53,7	1,8	9
6	17,2	4,3	22,5	53,7	2,3	12
7	16,8	4,2	22,6	53,7	2,7	14

20 + 5 °С, после чего образцы испытывали на прочность при сжатии.

Прочностные характеристики бетона носят нелинейный характер на всем принятом интервале температур от 110 до 1200 °С. После воздействия температур 100—400 °С наблюдается линейный характер повышения прочности бетона у всех исследуемых составов. Температуры 400—600 °С приводят к снижению прочности, что вызвано нарушением структуры вяжущего вследствие обезвоживания геля силиката натрия. Воздействие температур 600—800 °С вызывает значительное повышение прочности, которое наблюдается вплоть до 1000—1100 °С. Такое повышение прочности вызывается появлением новообразований. Очевидно, это прочность материала, получаемого в процессе высокотемпературного спекания компонентов бетона с участием продуктов твердения жидкого стекла. Высокотемпературные процессы, происходящие в силикатной связке при высоких температурах, включают удаление адсорбционной воды (воды, связанной гелем кремнекислоты), дегидратацию гидросиликатов натрия и гидросиликатов кальция, а также образование натриево-кальциевых силикатов и, вероятно, низкоосновных силикатов кальция. При температуре свыше 1000 °С в системе появляется расплав, при охлаждении образующий стеклосвязку. Высокотемпературные процессы, происходящие в системе «жидкое стекло - огнеупорный наполнитель», значительно более

сложны. Огнеупорный наполнитель в тонкодисперсном состоянии вступает в заметное взаимодействие с продуктами твердения жидкого стекла при температуре свыше 600 °С. Продукты этого взаимодействия, как правило, не являются равновесными фазами в соответствующих системах (например, в системах $Al_2O_3-Na_2O-SiO_2$ и др.) и представляют собой в ряде случаев аморфные фазы переменного состава, различные полупродукты, конгломераты трудноидентифицируемых соединений и прочее. Известно, что прочность жаростойкого бетона на жидком стекле по сравнению с обычными бетонами в меньшей степени зависит от прочности наполнителей, так как в большинстве случаев при нагревании нарушение структуры бетона начинается с повреждения связующих оболочек в контактах между зернами наполнителя. Таким образом, увеличение прочности бетонных образцов с повышенной температурой можно объяснить изменениями свойств матрицы. Экспериментальные исследования по подбору состава бетона, стендовые испытания газокислородной горелкой и плазменным генератором показали, что прочностные характеристики, жаростойкость, долговечность бетона с добавкой «К» такие же как и для бетона без добавки.

На основании полученных данных разработана следующая технология укладки жаростойких бетонов в конструкции. В небольшие расходные контейнеры, объемом на один замес

имеющегося в наличии бетоносмесителя, дозировались сухие составляющие бетона: тонкомолотый шамот, отвердитель — феррохромовый шлак, шамотные песок и щебень. Требуемое в смену количество расходных контейнеров складировалось в непосредственной близости от бетоносмесителя принудительного перемешивания. Приготовление бетонной смеси осуществлялось в следующей последовательности: вначале переминали сухие составляющие, затем добавляли жидкое стекло с добавкой «К». Из бетоносмесителя смесь подавали пневмобетонопасос или бадью и укладывали в сооружение. При этом подвижность бетонной смеси составляла 25 см осадки конуса, а жизнеспособность до 60 мин. Уплотнение смеси осуществлялось навесными и глубинными вибраторами. Кладка бетонной смеси в густоармированную конструкцию сооружения производилась при температурах наружного воздуха +10 до -30 °С. Жаростойкие бетоны имеют прочность при сжатии 18—20 МПа, температурная усадка после нагревания до 1200 °С не превышает 0,4 %.

Таким образом, проведенные исследования позволили получить модифицированный жаростойкий бетон с улучшенными технологическими характеристиками, что дало возможность осуществить качественную укладку бетонной смеси в густоармированную конструкцию теплового агрегата без снижения прочностных и огнестойких характеристик бетона.

Жаростойкие бетоны и возможности их использования для тепловых агрегатов

Одним из направлений решения тепловой защиты конструкций является использование новых видов огнеупорных материалов, среди которых наиболее перспективными могут быть жаростойкие бетоны, так как в большинстве случаев по своим физико-техническим характеристикам они не уступают огнеупорам, а порой даже превосходят их, однако себестоимость производства бетонов значительно ниже ввиду отсутствия предварительного высокотемпературного обжига.

Согласно научным прогнозам к 2000 г. производство жаростойких бетонов и изделий на их основе составит примерно 50 % от общего производства огнеупорных материалов. Например, в США и Японии, занимающих ведущие места по производству и применению огнеупорных материалов, выпуск жаростойких бетонов и изделий из них составляют: в США — более 50 %, в Японии — около 40 % от общего производства всех видов огнеупоров.

Жаростойкие бетоны отличаются от обычных огнеупоров тем, что в результате применения специальных вяжущих веществ образуется прочная камнеподобная структура при нормальной или несколько повышенной температуре, которая не разрушается при высоких температурах службы.

Многочисленными испытаниями бетонов на обычных заполнителях — кварцевом песке и гранитном щебне установлено, что с увеличением температуры прочность бетона изменяется. При нагреве существенное влияние на изменение прочности бетона при сжатии оказывает вид вяжущего. Изменение прочности при сжатии с повышением температуры происходит вследствие различных физико-химических и физико-механических процессов, развивающихся в бетоне при его нагревании.

Характерные кривые изменения прочности при кратковременном нагружении бетонов, подвергнутых температурному воздействию, для различных видов вяжущих приведены на рисунке. В нагретом состоянии прочность определялась на цилиндрах диаметром и высотой 5 см. Нагревание образцов производилось в специальных электропечах с подъемом температуры 100 °С в 1 ч, выдержка при заданной температуре составляла 4 ч.

В бетоне на порландцементе при нагревании до 200 °С под влиянием температуры и еще не усажившейся свободной воды происходит дополнительная гидратация

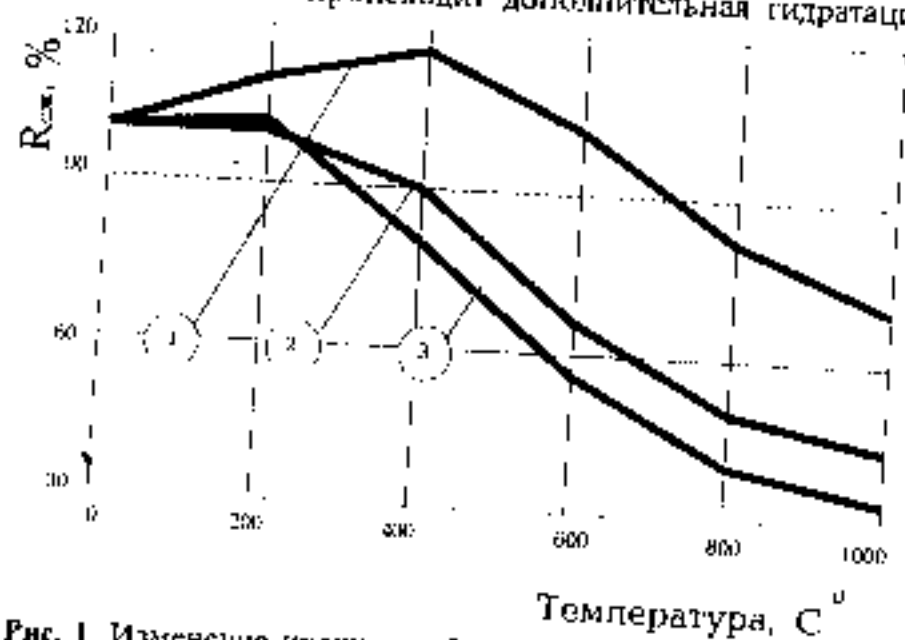


Рис. 1. Изменение прочности бетонов на различных вяжущих в зависимости от нагрева.

минералов цементного камня, ускоренная кристаллизация новообразований, что обуславливает повышение прочности. При нагревании до 250—300 °С протекает довольно быстро процесс дегидратации сульфатсодержащих и гидроалюминатных фаз цементного камня, вызывая его усадку. Происходит некоторое нарушение структуры бетона, и его прочность начинает снижаться.

Значительное падение прочности наблюдается при температурах 400—800 °С. В горячем состоянии бетон начинает размягчаться и переходит в термопластическое состояние. Его пластические деформации при этом сильно возрастают, прочность бетона снижается. Снижение прочности бетона вызывается также дальнейшим частичным распадом и перекристаллизацией кристаллогидратов, гидросульфалюмината кальция.

Бетон на глиноземистом цементе при нагреве до 300—500 °С характеризуется резким снижением прочности. При этих температурах происходит полная дегидратация алюминатов в цементном камне, приводящая к снижению его прочности. Кроме того, к деструктивным процессам в бетоне приводит разность температурных деформаций заполнителей и цементного камня. При дальнейшем повышении температуры происходит незначительное снижение прочности бетона в нагретом состоянии. Применять этот бетон в конструкциях, работающих при стационарном нагреве до 800 °С, экономически нецелесообразно (стоимость глиноземистых и высокоглиноземистых цементов в 15—20 раз выше стоимости порландцементов марки 400—500) и технически неоправданно, так как он имеет в этом интервале температур относительно низкую прочность.

Прочность бетона на жидком стекле с повышением температуры до 400 °С увеличивается. При дальнейшем нагреве происходит снижение прочности. Бетон на жидком стекле характеризуется наименьшим снижением прочности по сравнению с другими видами бетонов. Объясняется это тем, что частичное нарушение структуры бетона на жидком стекле вызывается главным образом разностью температурных деформаций заполнителя и затвердевшего вяжущего. Обезвоживание этого вяжущего при температурах свыше 200 °С не вызывает заметного изменения его прочности и в некоторой степени препятствует нарушению структуры бетона от разности температурных деформаций заполнителей и вяжущего. Кроме того, вяжущие при температурах свыше 300 °С приобретают некоторую пластичность. Благодаря этому структура бетона от разности расширения связки и заполнителя нарушается незначительно. Прочность при сжатии в горячем и охлажденном после нагревания состояниях до 800—900 °С примерно одинаковая. При более высоких температурах в бетоне образуется жидкая фаза и прочность при сжатии в горячем состоянии снижается, а в охлажденном состоянии образуется «черепок» и прочность повышается.

Необходимо отметить, что хотя относительное снижение прочности бетона на жидком стекле в интервале температур до 900 °С в горячем состоянии меньше, чем у других видов бетона, но по абсолютной величине прочность этого бетона ниже прочности бетона на порландцементе марок 400—500.

Экспериментальные данные позволяют прогнозировать поведение бетонов на различных вяжущих в тепловых агрегатах.

Искусственный мрамор из гипсового камня

Большим спросом в настоящее время пользуются дорогие облицовочные плиты из природного мрамора. Ими отделывают офисы, холлы и др. Своего потребителя находят также более дешевые декоративные плиты из природного гипсового камня, имитирующие мрамор. Организация производства такой продукции возможна на предприятиях по переработке природного гипса при небольших затратах [1].

Облицовочные плиты «под мрамор» изготавливаются из природного гипсового камня по специальной технологии.

Исследования и опыт изготовления гипсовых плит на Шедокском гипсовом комбинате и Львовском камнеобрабатывающем заводе показали, что для их производства необходимо использовать прочные породы камня (20 МПа и более), которые позволяют вырезать плиты-заготовки из крупных блоков без откалывания кусков и разрушения самих плит-заготовок. Кроме того, для исключения появления трещин крупные блоки необходимо добывать безвзрывным способом. Это два важных условия, при которых возможно осуществить производство качественных изделий.

Сущность процесса состоит в перекристаллизации исходного гипсового камня, в результате которой и образуется декоративная поверхность.

Первоначально было предложено выкливать из гипсового массива мелкие блоки 40 × 40 × 40 см, дегидратировать их в автоклаве, затем высушивать; резать на плиты-заготовки и только потом гидратировать, после чего шлифовать и полировать [2].

Автоклавная обработка гипсовых блоков позволяет получать α -полугидратную структуру, обеспечивающую конечному продукту высокую прочность (до 50 МПа). Но такой процесс энергосмок и длителен, поэтому необходимо было создать энергосберегающую технологию изготовления гипсовых плит на конвейерной основе, отличающуюся простотой, компактностью и возможностью механизации и автоматизации процесса.

С этой целью исследовали сложные процессы макрокинетики и структурообразования при фазовом превращении исходного гипсового камня в объемную полугидратную структуру при невысоких температурах (до 200 °С) и атмосферном давлении, а также обратный процесс гидратации. В качестве образцов использовали гипсовые цилиндры, шары и кубы малых размеров [3], так как очевидно, что при упомянутых условиях реакции идут в поверхностном слое изделия.

Изучение макрокинетики процесса дегидратации гипса показало, что

его скорость определяется скоростью химической реакции, а не диффузией водяных паров кристаллизационной воды, которые беспрепятственно отводились из пор гипсовых плит-заготовок.

Удалось подобрать температуру дегидратации (220 °С) при атмосферном давлении, при которой фазовые превращения осуществлялись в течение 10–15 мин. Полученная в результате структура полугидрата отличалась высокой открытой пористостью, что облегчало дальнейшую обработку изделий (табл. 1).

Существенным оставался вопрос достаточной прочности гипсовых плит «под мрамор». Исследования показали, что при осуществлении предложенной технологической схемы мелкие кристаллы гипса образуются в порах заготовки, это не приводит к возникновению растягивающих напряжений в материале и обеспечивает прочность изделий, не уступающую прочности гипса после автоклавной обработки. Установлено, что еще большее упрочнение достигается, если перекристаллизация идет в водных растворах солей или поливинилового спирта (ПВС) [6], что видно из данных табл. 2.

Таким образом, был обнаружен «эффект рекристаллизационного упрочнения гипсового камня».

Существенное влияние на упрочнение структуры «вторичного» дигидрата оказывают процесс «растворения» дефектов исходной кристаллической структуры за счет дегидратации и частичное образование в полугидратной структуре кристаллов α -полугидрата, а также удаление тонкодисперсных примесей.

Удаление примесей из гипсового камня приводит к осветлению темно-серой фактуры гипсовых плит из природного камня, в результате чего образуется светло-белая фактура гипсовых плит с ярко выраженными темными разводами естественной природы, что придает гипсовому «мрамору» хороший декоративно-художественный вид.

Таким образом, исследование механизма сложных физико-химических и кристаллизационных процессов привело к созданию технологии производства изделий, имитирующих мраморную поверхность.

Чтобы обеспечить необходимую интенсивность процесса, исходные блоки природного гипсового камня

Таблица 1

Радиусы пор, мкм	Объем пор в структуре, %		
	исходного гипсового камня	полугидратного камня, полученного при 200 °С	«вторичного» гипса
менее 0,001	17	2,3	20,3
от 0,001 до 0,01	18,3	17,1	34,6
от 0,01 до 0,1	19,2	69	33,6
более 0,1	44	12,2	9,4

Таблица 2

Условия перекристаллизации	Концентрация раствора, мас. %	Открытая пористость, об. %	Прочность при сжатии, МПа	Твердость по Бринелю, Па
Исходный гипсовый камень, автоклавная обработка	—	1	21–26	26–28
Вода (20 °С)	—	7,2	60–65	30–32
Водные растворы:				
CuSO ₄	5	5	48–50	29–31
K ₂ SO ₄	3	3,8	57–60	33–34
ПВС	0,8	8,5	60–63	29–31

гаражи на плитку повышенной жесткости (15 мм).

При внутренней технологии было принято решение деhidратировать плиты заготовки в вертикальном положении с двух сторон на глубину до 5 мм [4]. После деhidратации плитки погружаются в ванну с красящим раствором пшеничной, в результате чего образуется «вторичный» гипс, имитирующий мраморную поверхность.

Предложенная технологическая схема освоена на одном из заводов.

Дальнейшее совершенствование технологии возможно нам использовать еще один резерв ускорения процесса деhidратации за счет нагрева гипса в высокочастотном электромагнитном поле. С этой целью была сконструирована лабо-

раторная установка для исследования процесса деhidратации гипса в ВЧ-поле. Определены параметры процесса и предложена замена 7-метровой камеры термообработки на пост ВЧ-дюза, состоящий из двух стоящих параллельно ленте конвейера пластины конденсатора, подключенных к ВЧ-генератору [5]. Изделия нагреваются в течение 3—4 мин за счет превращения энергии колеблющихся частиц кристаллизационной воды в тепловую.

Разработанная технология получения «искусственного мрамора» может быть предложена общественным предприятиям, ведущим разработку гипсового камня. В настоящее время технологично решено приобрести одно из предприятий Судана, для которого ведется уточнение отдельных операций.

Список литературы

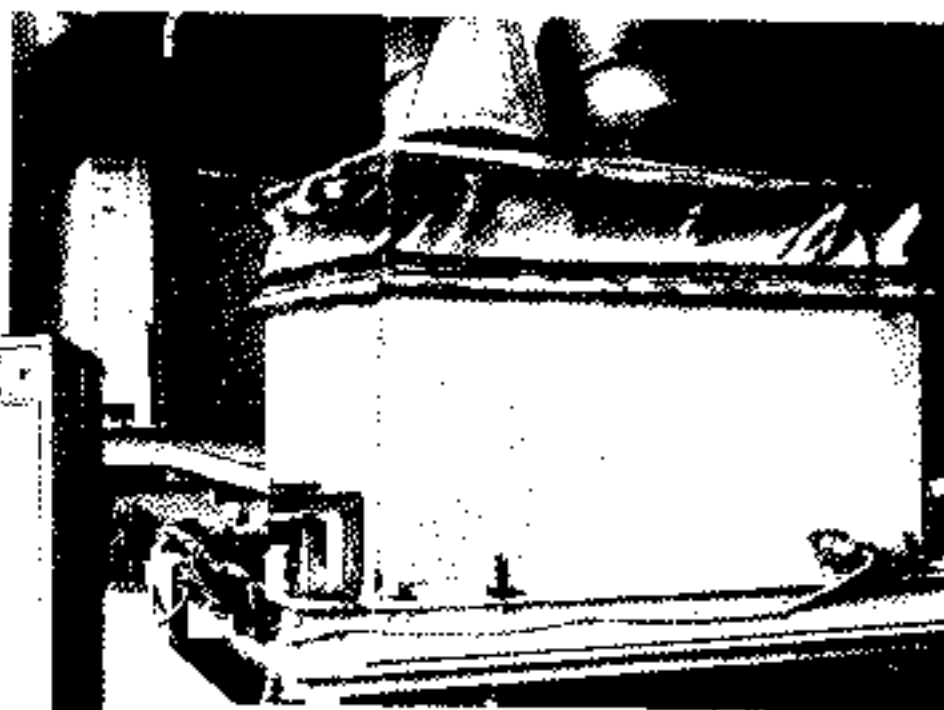
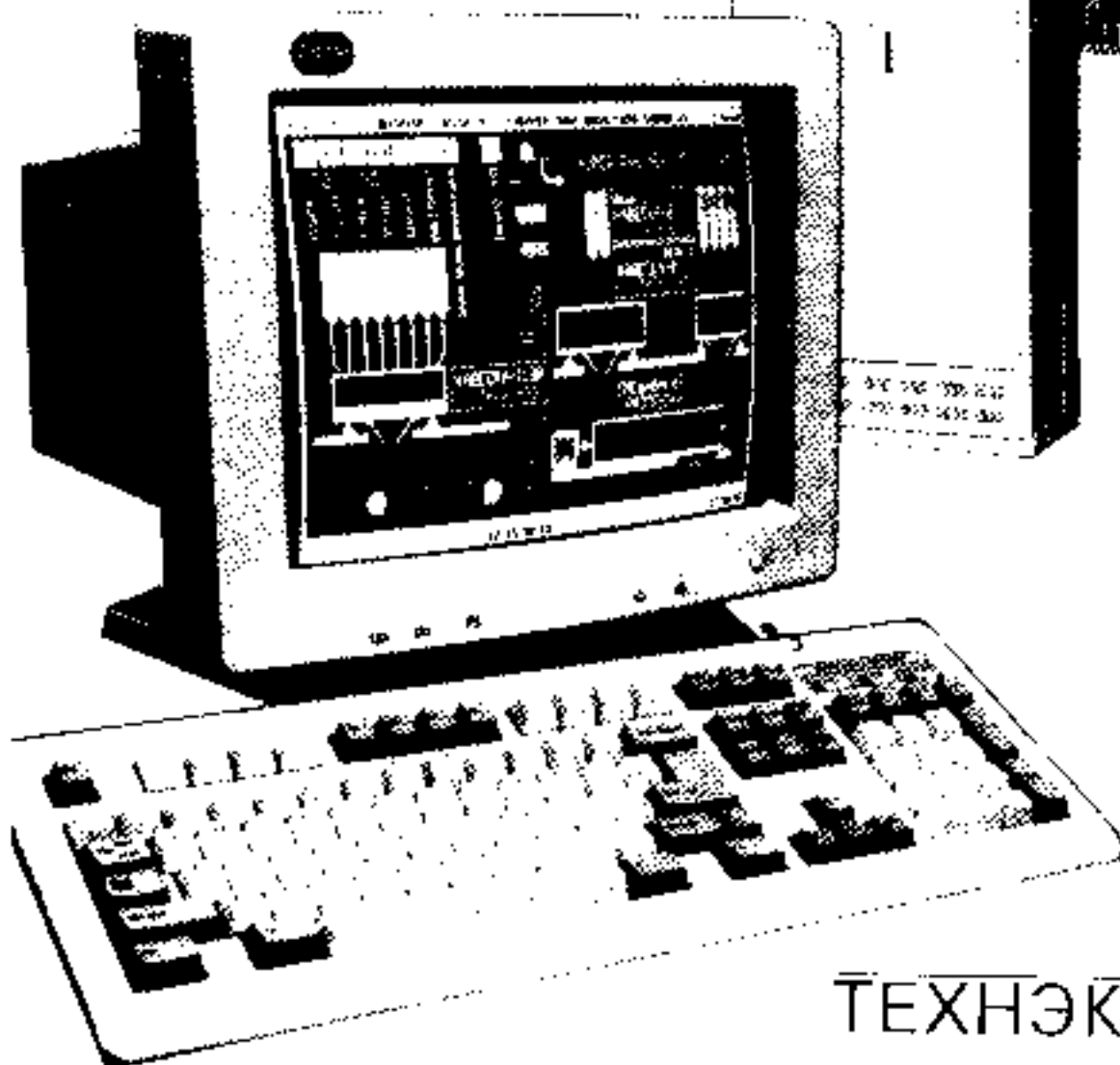
1. Балдин В. П. Современные виды эффективных гипсовых изделий и способы их производства. М., 1990. 143 с.
2. Павлов А. И., Макаров В. И. Технология производства облицовочных и архитектурных материалов из природного гипсового камня // Сб. тр. Горьковского ИСИ. 1976. Т. 69. С. 75—81.
3. Балдин В. П., Грушевская А. К. и др. Совершенствование производства гипсовых вяжущих материалов. Обзорная инф. ВНИИГОСМ. М., 1989. Вып. 2. Сер. 8. 96 с.
4. А. С. № 833793. СССР. МКИ С 04 В 27/02.
5. *Изобретательное решение* по патенту № 5017383/33 от 29.03.93. Приоритет 19.03.91. МКИ С 04 В 27/02.
6. А. С. № 791680. СССР. МКИ С 04 В 11/00.

СОВРЕМЕННЫЕ ВЕСОВЫЕ СИСТЕМЫ ДОЗИРОВАНИЯ

в производстве бетона и других многокомпонентных материалов

Предлагаемые системы могут использоваться:

- для замены механических весо-дозаторов и релейно-контактных пультов управления
- для организации новых производств



Технические характеристики

Компоненты	сыпучие и жидкие
Пределы дозирования, кг	до 10 000 любых диапазоны в зависимости от требования производства
Точность дозирования, %	0,25
Весы выполнены на основе тензометрических датчиков	
Управление с ПЭВМ типа PC/AT	
Задание параметров	
Отображение процессов дозирования	
Библиотека стандартных рецептов	
Документирование результатов	
Управление маршрутами	

Гарантия на оборудование — 3 года

ТЕХНЭКС

Россия 620063, Екатеринбург, д/я 481
тел./факс: (3432) 20-36-59

С. В. БОЛЬШАКОВ, начальник отдела депозитов, ценных бумаг, вкладов и работы с населением Росстробанка

Росстробанк — расширение спектра фондовых операций

За шесть с половиной лет деятельности Росстробанк значительно повысил деловую активность на рынке банковских услуг. В последние два года, учитывая сложившиеся тенденции развития российского финансового рынка, особое внимание Росстробанк уделяет работе с ценными бумагами. Сегодня банк осуществляет фондовые операции практически во всех сегментах рынка ценных бумаг, непрерывно поддерживая вложения в высоколиквидные ценные бумаги за счет собственных и привлеченных ресурсов на уровне от 1,5 до 20 млрд. руб. ежемесячно. Постоянно растет оборот по операциям с ценными бумагами, который исчисляется сотнями миллиардов рублей в расчете на год.

В своей работе банк придерживается ряда принципов, позволяющих банку устойчиво работать на рынке ценных бумаг в условиях политической и экономической нестабильности. Поэтому наряду с очевидным принципом вложения в ценные бумаги, приносящие наибольший доход, банк стремится диверсифицировать свои вложения в ценные бумаги, поддерживать операционную активность и совершенствовать работу как с традиционными, так и с новыми инструментами рынка. Благодаря этому сегодня банк является активным участником рынка государственных краткосрочных облигаций, облигаций федерального займа с переменным купонным доходом, казначейских обязательств, облигаций внутреннего валютного займа, облигаций государственного сберегательного займа, векселей, корпоративных ценных бумаг. Банк готов к проведению активных операций с новыми финансовыми инструментами, такими как государственные налоговые обязательства, золотые сертификаты и пр.

Благодаря четкому и своевременному выполнению взятых на себя обязательств и строгому соблюдению договорной дисциплины Росстробанк завоевал репутацию надежного партнера на фондовом рынке. Среди наших постоянных партнеров такие известные операторы фондового рынка как ОНЭКСИМбанк, Московский Международный Банк, Конверсбанк, АКИБ «Менател», АКБ «Столичный Банк Сбережений», МАКБ «Возрождение», Москомприватбанк, АКБ «Нефтепродукт», Агропромстройбанк, Кредобанк, МФК «Московские партнеры» и др.

Росстробанк хорошо известен 12 депозитариям крупнейших коммерческих банков России, уполномоченных государством на проведение операций с государственными ценными бумагами, постоянно укрепляет партнерские отношения с операторами и представителями инфраструктуры фондового рынка, такими как Московская международная фондовая биржа, инвестиционные компании и фонды.

В последнее время Росстробанк существенно расширил перечень услуг, предоставляемых физическим и юридическим лицам в части обращения ценных бумаг.

Введена двойная котировка на покупку и продажу облигаций государственного сберегательного займа. Осуществляется покупка и продажа облигаций как за наличный расчет, так и по безналичному расчету. Принимаются заказы на покупку облигаций за счет средств клиентов, а также на продажу имеющихся у юридических лиц пакетов облигаций.

Банк предлагает свои услуги на рынке облигаций внутреннего валютного займа и готов рассмотреть возможные варианты эффективного использования пакетов облигаций и увеличения финансовых ресурсов

клиентов за счет покупки принадлежащего клиенту пакета облигаций за валюту и рубли, покупки у физических и юридических лиц малых пакетов облигаций за наличные рубли, выработки оптимальной стратегии продажи облигаций на основе заключения договоров комиссии и др.

В секторе вексельного обращения банк проводит следующие операции. Покупает векселя ОНЭКСИМбанка, Промстройбанка и Сбербанка РФ, по заказам клиентов производит поиск продавцов и покупателей векселей под расчеты за электроэнергию, железнодорожные перевозки и берет на реализацию векселя АКИБ «Менател», Инкомбанка, Банка развития предпринимательства, Тверьуниверсалбанка, осуществляет посреднические операции по другим ликвидным векселям, обращающимся на внебиржевом рынке.

Росстробанк имеет солидный опыт работы с казначейскими обязательствами Минфина РФ, в том числе по оказанию клиентам услуг в части сближения налоговых платежей (одним из клиентов банка по таким операциям является РАО «Газпром»). Учитывая перспективные работы в этом направлении в связи с выпуском в начале 1996 г. государственных налоговых обязательств Минфина РФ, Росстробанк приглашает посредников, продавцов и покупателей этих бумаг к долгосрочному и постоянному сотрудничеству.

Перечень оказываемых Росстробанком услуг будет расширяться и в дальнейшем, поскольку на рынке ценных бумаг постоянно появляются новые финансовые инструменты, открывающие дополнительные возможности для предприятий, организаций и частных лиц.

Компьютер и бухгалтер. Tet-a-Tet

Выставка «Бухгалтерский учет и аудит-96», 22—27 января, ВВЦ

Развивающееся внедрение компьютерной техники в отечественной экономике неизбежно повлекло проникновение компьютерных технологий в такую традиционно «ручную» область деятельности как бухгалтерский учет. Именно на столе бухгалтера компьютер стал «персональным».

Вместе с этим встал вопрос о наличии программного обеспечения, отвечающего многообразию форм учета по различным видам деятельности. Естественно, зарубежные программные продукты, которые готовы предложить нашему рынку инофирмы, не могут удовлетворить потребности российских бухгалтеров как в силу реализованной в них модели бухучета, так и из-за языкового барьера. Хотя на многих предприятиях бухгалтер применяли и продолжают использовать электронные таблицы (такие как SC4, Lotus 1-2-3, Excel), это все-таки способ ускорить выполнение простых математических операций, а не автоматизация бухгалтерского учета.

Образовавшийся неудовлетворенный спрос вызвал нарастающий поток предложений отечественных программных продуктов. Первое слово здесь сказали предприятия, написавшие программы для своих нужд и решившие предложить их сторонним потребителям. Результатом этого процесса стало появление на нашем рынке целого ряда фирм, занимающихся разработкой бухгалтерского программного обеспечения. Сегодня у потребителя уже есть необходимость и возможность грамотно выбрать программу, максимально отвечающую его задачам и специфике деятельности.

Одним из наиболее цивилизованных способов продвижения продукции на рынок являются специализированные выставки. Стали появляться ежегодные выставки бухгалтерского программного обеспечения (например, выставка «Бухгалтерия» на базе Московского авиационного института), на которых специалисты имеют возможность познакомиться с различными программами, наглядно их сравнить. 22—27 января этого года в ВВЦ прошла крупнейшая специализированная выставка «Бухгалтерский учет и аудит-96», которая привлекла большое внимание специалистов в этой области. В ней приняли участие

информационные компании и аудиторские фирмы, предлагавшие свои последние разработки в области бухгалтерских программ. Посетители смогли оценить последние достижения в этой области, получить квалифицированную консультацию специалистов, выбрать для своих задач оптимальный программный продукт.

Отметим, что бухгалтерская программа должна отвечать ряду специфических требований. Она должна быть проста в освоении (даже самостоятельно), иметь удобный интерфейс, основываться на понятной для бухгалтера методике организации учета. Настройка программы не должна вызывать у бухгалтера затруднений. К сожалению, иногда разработчики бухгалтерских программ забывают, что с их «детищем» будет работать в первую очередь бухгалтер и только потом «пользователь ПК». Итак, четко сформулировав свои задачи, можно отправляться на поиски надежного помощника в деле учета и отчетности.

На современном российском рынке программного обеспечения сегодня существует значительный выбор программ для предприятий малого и среднего бизнеса. Для них характерна методика ведения бухгалтерского учета, основанная на составлении журнала хозяйственных операций и вводе первичных документов через привычные для бухгалтера формы бланков, проводки по которым попадают в журнал после исполнения документа. Такие программы позволяют составлять оборотный баланс и формировать журналы-ордера по конкретным счетам на любую дату за произвольный период.

Начисление заработной платы осуществляется обычно в отдельном приложении к программе и производится через расчетно-платежную ведомость. На ее основе формируются итоговые бухгалтерские проводки начислений и удержаний, а также начислений на фонд оплаты труда. Годовой и квартальные отчеты, а также приложения и справки для налоговой инспекции и различных фондов заполняются автоматически. Такие программы позволяют перенастраивать формы отчетности при постоянно меняющемся законодательстве, не требуя специальных навыков.

Соотношение цена/качество для рынка программного обеспечения вывести достаточно сложно. Тем не менее цены на программы этого уровня устойчиво находятся в пределах 300—1000 USD.

В этой «весовой категории» мы советуем бухгалтерам обратить внимание на такие разработки как «Инфо-Бухгалтер» (ТОО «Инфирма-Тик»), «Баланс-SV» (БизнесКонсалтингГрупп), «Бамби+» (Интеллект-Сервис).

При выборе программного обеспечения важно оценить перспективы роста предприятия и предусмотреть возможность перейти на более мощный пакет. Например, фирма Интеллект-Сервис предлагает потребителям также программы более высокого уровня (БЭСТ, БЭСТ-3). Однотипность используемого ПО позволяет без потерь информации, времени и нервов перейти на качественно новый уровень.

Бухгалтерия крупного предприятия отличается высокой степенью разделения труда. Этот тип программ, как правило, требует работы в сети. Внедрение крупной бухгалтерской системы — сложный, достаточно длительный процесс, требующий значительных финансовых вложений.

В таких программах различные участки бухгалтерского учета ведутся определенными группами специалистов (часто удаленных друг от друга на значительное расстояние). Информация, введенная на одном рабочем месте становится известна везде, где она необходима. Любой пользователь может получить нужные отчеты на своем месте, а существующая система защиты позволяет ограничить число пользователей к доступу информации. В таких системах возможен учет произвольного количества независимых предприятий, а также работа с удаленными объектами, функционирующими вне основной сети с передачей информации через дискеты или модем. В данных программах возможен выбор как журнально-ордерной, так и мемориально-ордерной методики ведения бухгалтерского учета. Обеспечивается мультивалютный учет, при котором валютные остатки автоматически пересчитываются в соответствии с курсами валют.

Среди фирм, предлагающих бес-

ление этого класса Интеллект-Сервис (БЭСТ), ИТЦ Парус («Парус»), фирма «Звезда» (комплекс «Звезда»), фирма «Киви» (комплекс «Монолит»). При этом некоторые разработчики при комплектовании комплекса учитывают специфику предприятий. Так, например, комплекс «Звезда» может поставляться в специализированном комплекте для строительных организаций. Здесь учитываются особенности регистров учета, формы выходных ведомостей и особенности учета в строительных организациях.

Хотелось бы обратить внимание читателей на систему «Парус». На наш взгляд, в ней хорошо организовано разделение на участки бухгалтер. С помощью системы паролей пользователей определяются объемы информации по каждому конкретному участку. Одновременно это позволяет частично решить проблему оснащения рабочих мест ПК, так как по своему паролю бухгалтер может с любого компьютера, подключенного к сети, войти в свой участок.

Кроме этого в «Парусе» успешно реализован расчет заработной пла-

ты. Очень простой интуитивный интерфейс позволяет бухгалтеру ввести расчетные схемы, которые построены на принятой для заполнения финансовой отчетности схемы математических операций с графами и строками. Свободный ввод схемы дает возможность настроить программу на расчет заработной платы с учетом любых особенностей организации в части структуры выплат.

Среди специализированных программных продуктов выделяется разработка АО «ЭРТИ» — программа расчета строительных смет АВЕРС. Ведение смет по договорам, вспомогательные таблицы сметных коэффициентов, настраивание структуры смет, создание процентовок и отслеживание поэтапного выполнения работ — основные функции этого пакета. Дополнительными плюсами являются возможность работы программы в среде MS Windows и невысокие аппаратные требования — РС 386, 4 Мб оперативной памяти.

Организации, занимающиеся реализацией строительных материалов, могут заинтересоваться АРМ

«Аспект» фирмы «Информационные системы и технологии». В этом программном продукте фирма-разработчик одной из первых на российском рынке реализовала механизм отслеживания возникающих обязательств. Например, при оформлении счета программа открывает оборотные ведомости складов и помечает выписанные позиции. Это позволяет оперативно оценивать движение товара. В «Аспекте» реализованы возможности ведения трехуровневого номенклатора товаров, практически бесконечного количества складов и ведения учета по нескольким организациям в пределах одной инсталляции пакета.

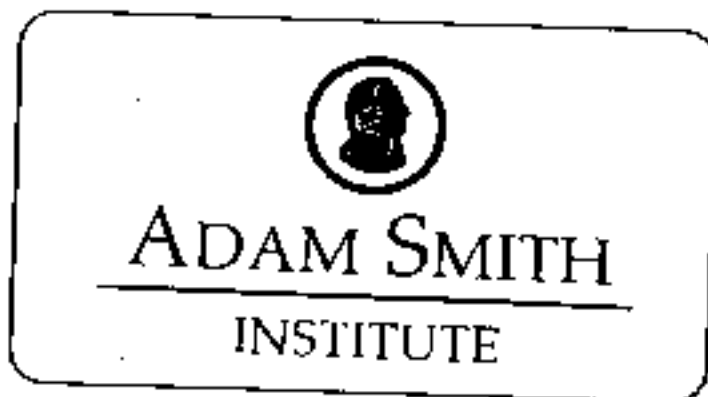
Кроме того программа позволяет формировать первичные документы и генерировать бухгалтерские проводки по результатам произведенных операций.

В заключение отметим, что упомянутые в настоящей статье программные продукты не исчерпывают список предложений на сегодняшний день. Однако, они присутствуют на рынке достаточно давно и можно сказать успешно прошли «промышленные испытания».

*Первая международная конференция
«Строительная отрасль в странах СНГ»
состоится 21–22 мая 1996 г. в Лондоне.*

**Организует конференцию
институт Адама Смита —**

консультационный
орган
Британского
правительства



работающий
как советник
правительств
Европейских
государств
по вопросам
рыночных
реформ.

К участию в конференции приглашены руководители строительных компаний, инженеры-строители, проектировщики, производители и поставщики строительных материалов, дистрибьютеры, инвесторы, работающие в финансовом, банковском и страховом секторах, архитекторы, дизайнеры, специалисты консалтинговых компаний, юристы — все, кто интересуется бизнесом в строительной отрасли СНГ.

УДК 678.643

А. П. ПРОШИН, В. И. СОЛОМАТОВ, В. А. ХУДЯКОВ, А. Н. БОБРЫШЕВ (Лензенский государственный архитектурно-строительный институт)

Особо тяжелые эпоксидные композиты для защиты от радиации

Современное развитие ядерной энергетики требует создания новых эффективных материалов для защиты от ионизирующих излучений. В качестве таких материалов могут быть использованы особо тяжелые полимерные композиты. Связующими для их изготовления используются эпоксидные смолы, наполнителем является материал с высокой плотностью (5100 кг/м^3) и удельной поверхностью до $100 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Как известно, материалы, предназначенные для защиты от радиации, должны иметь высокоплотную и бездефектную структуру. Для получения композитных материалов, отвечающих этим требованиям, увеличивают объемное содержание наполнителя

$$v = V_n/V_k \quad (1)$$

где V_n — объем наполнителя; V_k — объем композита.

Наполнение выше предельных значений приводит к увеличению пористости, что сопровождается снижением прочностных, защитных и эксплуатационных характеристик материалов.

Нарастание вязкости композитных смесей при увеличении степени наполнения оценивалось величиной предельного напряжения сдвига. Особенно интенсивный рост вязкости исследуемых смесей наблюдается

при увеличении объемного содержания наполнителя v выше значения $0,733$. Высокая вязкость делает невозможным получение высокоплотных материалов по литьевой технологии. Мало эффективно и виброформование вследствие плохих тиксотропных свойств высоковязких эпоксидных связующих.

Эпоксидные композиты с объемным содержанием наполнителя v выше $0,733$ по аналогии с цементными можно назвать жесткими, или «полусухими». Большинство частиц твердой фазы в таких композитах находится в виде агрегатов, не смоченных связующим и закапсулированных в матрице.

В связи с этим авторами было применено прессование предельно-наполненных эпоксидных композитов в широком диапазоне нагрузок (рис. 1). В качестве контрольного параметра была выбрана средняя плотность, что обусловлено показателями защиты от радиации.

Оптимальное давление прессования для таких композитов находится в интервале $700\text{--}800 \text{ МПа}$. Дальнейшее увеличение нагрузки нецелесообразно, поскольку энергозатраты повышаются значительно быстрее плотности.

Средняя плотность пресс-композитов достигла значений $4050\text{--}4350 \text{ кг/м}^3$, что значительно выше плотности литьевых образцов на том

же наполнителе — 3450 кг/м^3 . Причины этого авторы объясняют следующим.

При наполнении композитов до достижения предельных значений матрица находится в тонкопленочном островковом состоянии. Сближение частиц наполнителя в композитной смеси способствует дроблению пленки ввиду ее термодинамической неустойчивости, что сопровождается интенсивным порообразованием при литьевых способах.

Принудительное заполнение межчастичного объема под действием давления прессования происходит с градиентом скорости по сечению: наибольшим — в центре сечения и равным нулю — вдоль стенок. Последнее способствует адсорбции связующего в виде тонких пленок на лиофильной поверхности наполнителя.

Макромолекулы в пресс-композитах имеют весьма низкую конформационную подвижность вследствие действия на них больших напряжений, которые проявляются как в процессе приготовления композиционных смесей, так и в результате сближения частиц под действием давления прессования. При этом в матрице преобладает кристаллитная фаза, что обуславливает повышенную жесткость и хрупкость композитов.

Деформативные характеристики



Рис. 1. Влияние давления прессования на среднюю плотность ρ_m эпоксидных композитов:

1 — наибольшая плотность непрессованных образцов; 2 — 0,185; 3 — 0,532; 4 — 0,695; 5 — 0,733



Рис. 2. Зависимость деформативных свойств эпоксидных пресс-композитов от объемного содержания наполнителя:

1 — динамический модуль упругости; 2 — условно-мгновенный модуль упругости

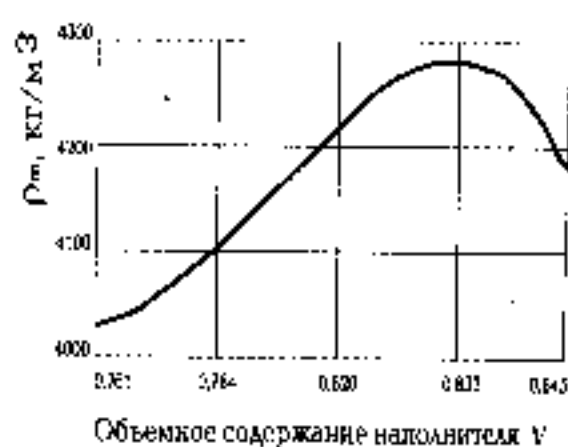


Рис. 3. Зависимость плотности ρ_m эпоксидных пресс-композитов от объемного содержания наполнителя

эпоксидных композитов оценивали по величинам динамического модуля упругости ($E_{дин}$) и условно-мгновенного модуля при статическом нагружении ($E_{0 стат}$). Эти характеристики были выбраны из следующих соображений. Значение $E_{дин}$ повышается с ростом плотности и однородности материала. Поэтому динамический модуль упругости является эффективным параметром в оценке качества прессованных композитов. Условно-мгновенный, или начальный, модуль упругости материала при статическом нагружении характеризует упругие деформации материала при быстром нагружении. Поэтому по значению $E_{0 стат}$ можно судить о составе материала и его строении.

Как следует из рис. 2, при увеличении объемного содержания наполнителя ν прессованных композитов до 0,833 происходит увеличение значений $E_{дин}$ и $E_{0 стат}$ (рис. 3). Дальнейший рост степени наполнения сопровождается снижением плотности и монолитности материалов вследствие дефицита связующего.

Абсолютные значения $E_{дин}$ и $E_{0 стат}$ пресс-композитов, равные (3,95—4,58) · 10⁴ МПа, сопоставимы со значениями для тяжелых цементных бетонов. В целом они представляют собой низкодеформативные камнеподобные материалы.

Относительные деформации пресс-композитов определяли из предположения, что они состоят из трех составляющих:

$$E = E_{упр} + E_{вз} + E_{пл}, \quad (2)$$

где $E_{упр} = 0,55-0,65$ — упругая составляющая; $E_{вз} = 0,01-0,02$ — высокоэластическая составляющая; $E_{пл} = 0,42-0,44$ — пластическая составляющая.

Пробладание в пресс-композитах в основном обратимых упругих и необратимых деформаций пласти-

ческого течения подтверждает предположение об их кристаллическом строении. Незначительная доля высокоэластической составляющей характеризует отсутствие упругого последствия матрицы, находящейся в виде жесткого пространственного каркаса. Такое состояние матрицы обуславливает хрупкое разрушение пресс-композитов при статическом сжатии, сопровождающееся появлением характерного треска при разрушении. При увеличении объемного содержания наполнителя ν до 0,833 прочность при сжатии уменьшается со 120 до 90 МПа. Во всех образцах наблюдается в основном смешанный адгезионно-когезионный характер разрушения. Для сравнения: прочность контрольных литевых составов при $\nu = 0,532$ составляет 150 МПа. Следует отметить, что сокращение расхода связующего в 3—4 раза сопровождается снижением прочности композитов лишь в 1,3—1,8 раза.

Весьма эффективна модификация эпоксидных связующих в пресс-композитах кремнийорганическими соединениями, малые добавки которых способствуют упрочнению в среднем до 30% и увеличению модуля упругости на 3—8%. Это происходит вследствие изменения характера адгезионного взаимодействия на межфазной поверхности (рис. 4).

При отверждении эпоксидного связующего аминами образуются гидроксильные группы. Поскольку поверхность наполнителя гидрофильна, то вода адсорбируется на ней в виде силанольных групп Si—OH и молекул H₂O. В результате обратимого гидролиза силанольных групп наполнителя с активными OH-группами связующего образуются водородные и ковалентные связи.

Взаимодействие наполнителя с кремнийорганическими добавками происходит также по механизму

обратимого гидролиза с образованием водородных и силоксановых связей. Образующиеся при этом силоксановые группы обеспечивают прочное сцепление модифицированного связующего с частицами наполнителя. Кроме того, малые добавки кремнийорганических соединений способствуют повышению лиофилизующей способности связующего вследствие уменьшения его вязкости, что в конечном итоге способствует повышению плотности (рис. 5).

Дальнейшее увеличение концентрации добавок приводит к разуплотнению композитов вследствие адсорбционного насыщения поверхности наполнителя. На межструктурной поверхности при этом образуются мономолекулярные слои, выполняющие роль граничной смазки. Это приводит к блокированию частиц твердой фазы и снижению прочностных показателей. Модификация эпоксидного связующего пресс-композитов этими добавками способствует повышению кинетики набора прочности.

Кинетика роста прочности композитов при сжатии характеризуется следующей зависимостью:

$$\sigma = \sigma_p (1 - e^{-\nu t / \tau_p}), \quad (3)$$



Рис. 5. Влияние концентрации кремнийорганического модификатора на среднюю плотность $\rho_{ср}$ эпоксидных пресс-композитов

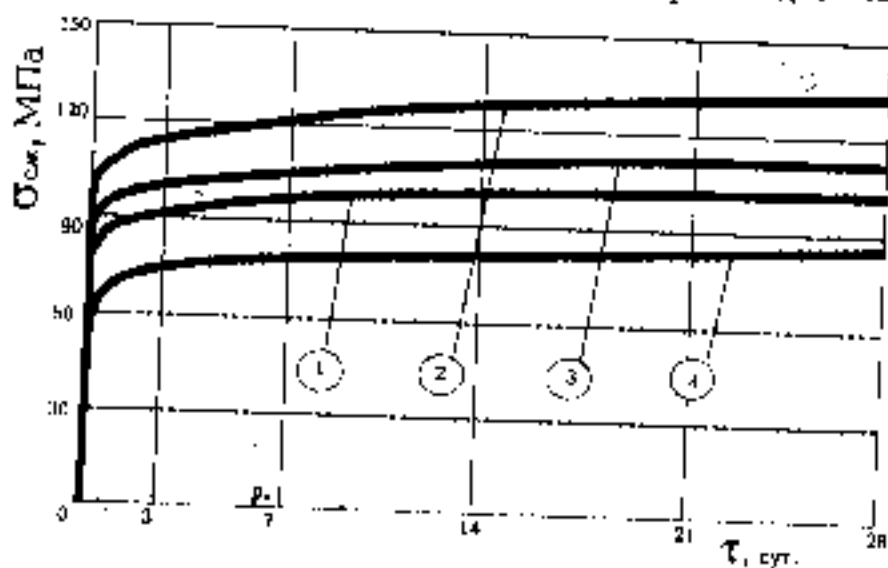


Рис. 4. Влияние добавок кремнийорганических модификаторов на кинетику набора прочности эпоксидных пресс-композитов: 1 — контрольный; 2 — 0,5%; 3 — 1%; 4 — 3%

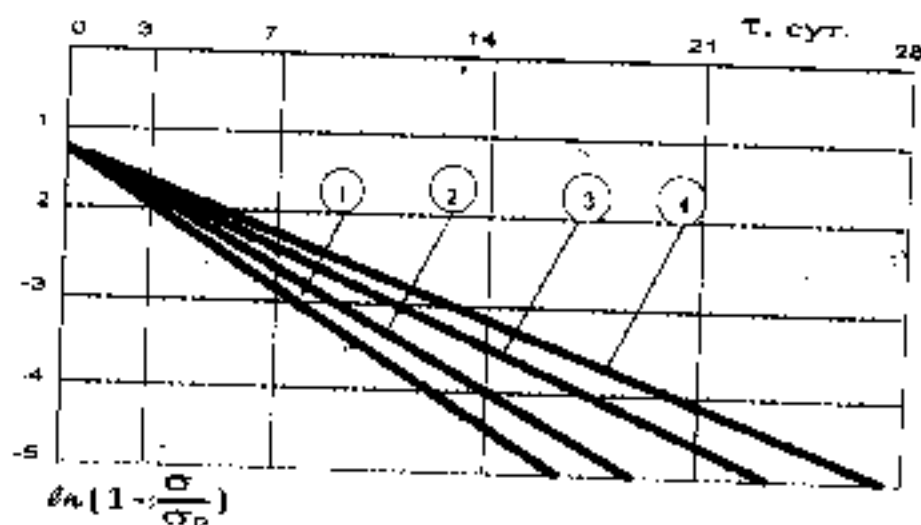


Рис. 6. К определению значения τ_p в зависимости от концентрации кремнийорганических модификаторов

где σ — текущее значение прочности композита, МПа; σ_p — рабочее (допустимое для эксплуатации) значение прочности композита, МПа; τ — время, соответствующее набору текущей прочности, сут; τ_p — время, соответствующее набору рабочей прочности, сут.

Обозначив величину $1/\tau_p$ через k , получим следующее выражение:

$$k = -\ln(1 - \sigma/\sigma_p) / \tau. \quad (4)$$

Значение k определяли графическим способом в системе полулогарифмических координат $\ln(1 - \sigma/\sigma_p) - \tau$ (рис. 6) для трех концентраций кремнийорганических добавок и контрольного состава. После пересчета τ_p принимает следующие значения: контрольный (немодифицирован-

ный) состав — $\tau_p = 0,229$ сут; 0,5 %-ная концентрация модификатора — $\tau_p = 0,143$ сут; 1 %-ная концентрация модификатора — $\tau_p = 0,164$ сут; 3 %-ная концентрация модификатора — $\tau_p = 0,200$ сут.

Таким образом, модификация эпоксидных пресс-композиций некоторыми кремнийорганическими соединениями способствует ускорению набора прочности. Время, достаточное для набора эксплуатационной прочности пресс-композиций, приблизительно составляет $3\tau_p$.

Значение коэффициентов ослабления γ -излучения пресс-композициями определяли, облучая образцы узким пучком γ -квантов от источника ^{137}Cs , при поглощенных дозах $2,5 \cdot 10^6$ и $4,8 \cdot 10^6$ Гр. Для модифицированных эпоксидных пресс-композиций при объемном содержании

наполнителя $\nu = 0,695-0,733$ значения коэффициентов ослабления составили $0,29-0,32 \text{ см}^{-1}$, что в 3-4 раза лучше, чем у тяжелого бетона, равнозначно стали и лишь в 1,4 раза хуже чистого свинца. Кроме того, ввиду наличия в составе композиций атомов водорода проводятся исследования их защитных свойств от нейтронного излучения.

Особо тяжелые эпоксидные пресс-композиции могут быть использованы при устройстве защитных сооружений на АЭС, на заводах по обогащению урана, на предприятиях с источниками ионизирующего излучения, при устройстве могильников по захоронению радиоактивных отходов, в рентгеновских кабинетах, физических лабораториях и др.

УДК 666.972.2.15.063

Е. Г. ВЕЛИЧКО, канд. техн. наук, Ж. С. БЕЛЯКОВА, инженер (ВНИИЖелзобетон, Москва)

Физико-химические и методологические основы получения многокомпонентных систем оптимизированного состава

Основной продукцией цементной промышленности России являются цементы с минеральными добавками. Они обладают высокими строительными-техническими свойствами, имеют повышенную коррозионную стойкость, низкое тепловыделение, предотвращают щелочную коррозию реакционноспособных заполнителей, а также обеспечивают снижение до 40 % потребления топлива при их производстве. Одним из существенных недостатков многокомпонентных цементов — их более низкая прочность (на 8-16 МПа) по сравнению с бездобавочными, эквивалентная перерасходу цемента в бетоне в количестве 10-25 %.

Основными проблемами при использовании минеральных добавок к вяжущим веществам для бетона, как показали исследования [1], являются дисперсность и количество, которое допускается вводить в цементы без снижения их прочности, а также способ введения минеральных добавок в бетон (в составе многокомпонентных цементов или отдельно с цементом).

Теоретическими и экспериментальными исследованиями показано, что активность многокомпонентных цементов обеспечивается на уровне бездобавочных при условии оптимизации гранулометрического состава таких систем путем измельчения компонентов до оптимальной дисперсности и последующего их смешения или раздельного введения в бетоносмеситель. Оптимальная дисперсность минеральной добавки может быть определена по разработанной для этой цели методике и должна на $120-200 \text{ м}^2/\text{кг}$ превышать дисперсность клинкерного компонента (цемента) [1, 2, 3]. При таком использовании минеральных добавок реализуется плотная упаковка исходной матрицы многокомпонентного цемента за счет распределения тонкодисперсных частиц в межзерновых пустотах более грубодисперсных (рис. 1), а при его твердении происходит более активное

взаимодействие частиц добавок с гидроксидом кальция, образуя при гидратации минералов клинкера с образованием высокопрочных низкощелочных и мелкозернистых гидросиликатов кальция в виде полимеров [4]. Повышенная плотность цементного камня с минеральными добавками обуславливает высокую прочность бетона (рис. 2, 3), улучшает его деформативные и другие эксплуатационные характеристики.

Одним из основных вопросов получения многокомпонентного цемента смешением раздельно измельченных компонентов является равномерное распределение частиц тонкодисперсного минерального наполнителя в клинкере. Это обусловлено тем, что в соответствии с принципом Гельмгольца в высококонцентрированных

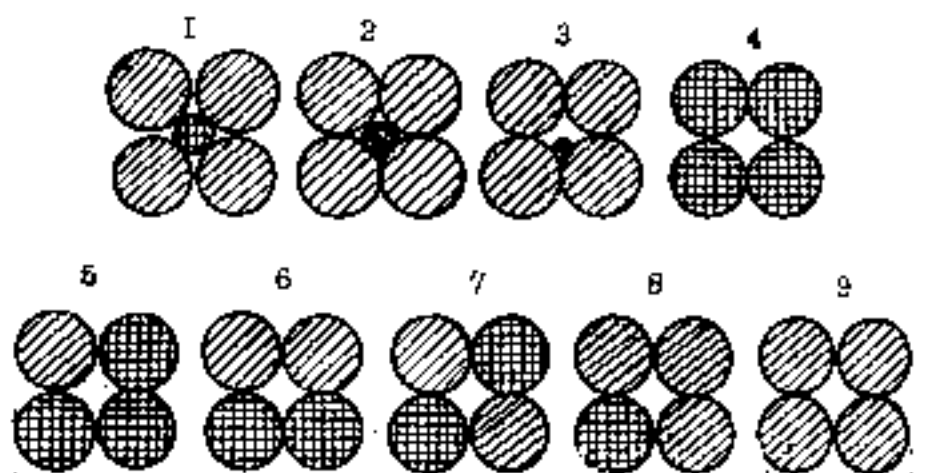


Рис. 1. Теоретически возможные схемы взаиморасположения частиц клинкерного компонента и минерального наполнителя (добавки):

▨ — клинкерный компонент; ▩ — минеральный наполнитель (добавка); 1 — дисперсность добавки меньше оптимальной; 2 — то же, оптимальная; 3 — больше оптимальной; 4-9 — частицы клинкерного компонента и добавки имеют раннюю дисперсность.

дисперсных системах самопроизвольно возникают пространственные структуры, так как их образование сопровождается уменьшением избыточной межфазной энергии Гиббса, а процесс структурообразования завершается формированием термодинамически устойчивых структур [5]. Согласно выдвинутому положению о необходимости распределения частиц добавки (наполнителя) в основном в межзерновых пустотах тонкоизмельченного клинкера такие две устойчивые системы, состоящие из частиц клинкера и более тонкодисперсной добавки, необходимо равномерно распределить одну в другой в процессе приготовления многокомпонентного цемента или в бетоносмесителе из отдельно измельченных компонентов.

Пространственные структуры состоят из агрегатов А-1 или кастеров, по определению В. И. Соломатова, представляющих собой структурообразующую частицу и рядовые (рис. 4). При формировании агрегатов вокруг «структурообразующей» частицы происходит ослабление сил взаимодействия на границах дальнего действия активной частицы, так как энергия связи E между взаимодействующими частицами зависит от молекулярного взаимодействия с учетом электромагнитного запаздывания дисперсных сил B , размера частиц δ и расстояния между ними l [6]:

$$E = - \frac{\pi B \delta}{6 l^2} \quad (1)$$

Сила сцепления между частицами уменьшается в значительной степени по мере их удаления [6]:

$$F_{sp} = \frac{\pi B \delta}{3 l^3} \quad (2)$$

Очевидно, что по мере сближения рядовых частиц со «структурообразующей» увеличивается E и F_{sp} , превращая образованный структурный агрегат А-1 (агрегат нижнего масштабного уровня) в самостоятельный структурный элемент системы. Максимальное расстояние между частицами, при котором данная частица принадлежит агрегату, может быть определено из условия равенства силы связи на границе агрегата силе тяжести, действующей на крайнюю контактирующую с ним частицу, и определяется зависимостью

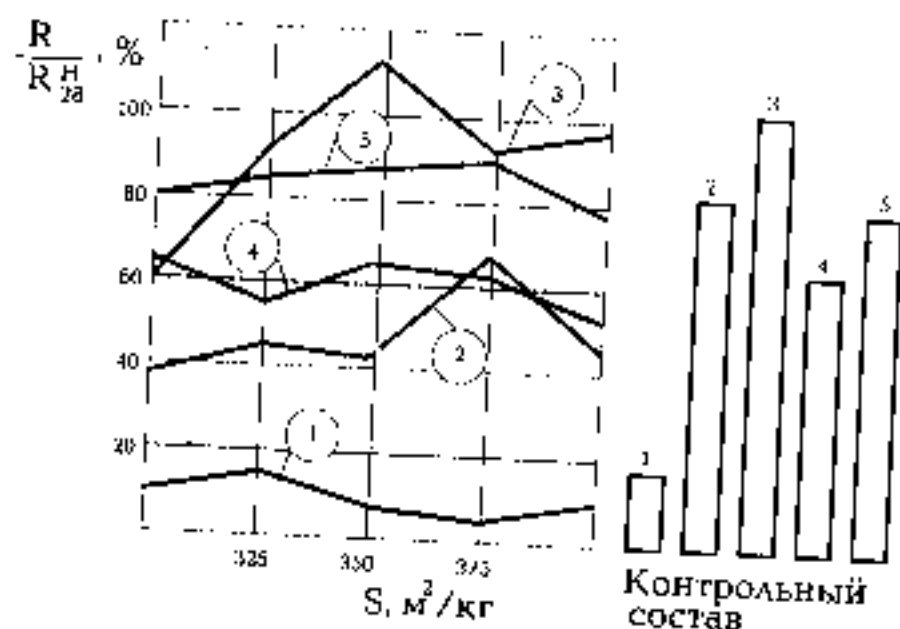


Рис. 2. Зависимость прочности многокомпонентного цемента от дисперсности 20% тонкомолотого шлака Новокузнецкого металлургического комбината (цемент Белгородского завода, $R_{28}^H = 51,6$ МПа — прочность контрольного состава в возрасте 28 сут после твердения в нормальных условиях (НУ): 1 — в возрасте 1 сут после твердения в НУ; 2 — то же, 7 сут; 3 — 28 сут; 4 — через 12 ч после ТВО; 5 — то же, в возрасте 28 сут

$$l = \left(\frac{2B}{\delta^2 \rho q} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (3)$$

Расчеты по формуле (3) показывают, что максимальное расстояние между частицами в агрегате составляет 1—1,5 мкм. Оно уменьшается с увеличением размера частиц δ , что подтверждает высокую концентрацию твердой фазы в единице объема, термодинамическую устойчивость и прочность агрегатов, состоящих из более тонкодисперсных частиц. Экспериментальными исследованиями по специально разработанной методике показано, что агрегаты с тонкомолотыми шлаками и золами ТЭС, имеющими оптимальную дисперсность, имеют более высокую концентрацию твердой фазы (в 1,3—10,6 раза) относительно исходного цемента и соответственно более высокую прочность, а размер агрегатов равен 100—150 мкм (рис. 5).

Анализ результатов проведен при минимальной начальной нагрузке 200 Н. При увеличении нагрузки разрушение многокомпонентных систем происходит при меньших усилиях, чем разрушение бездобавочного цемента, что, очевидно, обусловлено возрастанием сил отталкивания в системе, в которую введены частицы с однородным зарядом (например, зола ТЭС). Поэтому для повышения прочности бетона на основе таких систем необходимо стремиться к использованию добавок с повышенной пуццолановой активностью, которые за счет увеличения скорости пуццолановой реакции обеспечивали бы более высокую прочность цементного камня.

Агрегаты тонкодисперсного клинкера и минеральной добавки при смешении взаимодействуют между собой через газовую или дисперсную среду по межагрегатной поверхности раздела (см. рис. 4). При смешивании в газовой среде систем, состоящих из агрегатов частиц минеральной добавки и клинкера, происходит смешение агрегатов с различными энергетическими уровнями, так как поверхностная энергия E_s связана с поверхностным натяжением σ и площадью поверхности S , зависящей от размера частиц δ [6]:

$$E_s = \sigma S \quad (4)$$

Агрегаты с большей поверхностной энергией выполняют роль коагулянтов и, взаимодействуя с граничными частицами агрегатов с меньшей поверхностной энергией, присоединяют эти частицы, пенитизируя первичные

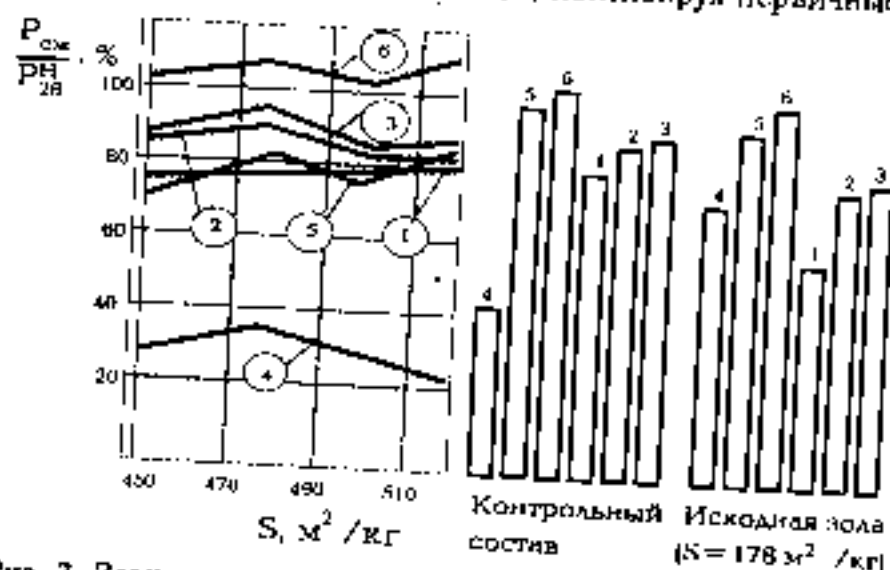


Рис. 3. Зависимость прочности многокомпонентного цемента при сжатии от дисперсности 20% золы Каширской ТЭС (цемент М 500 Воскресенского завода, $S = 350$ м²/кг, $R_{28}^H = 56$ МПа — прочность контрольного состава в возрасте 28 сут после твердения в НУ): 1 — через 12 ч после ТВО; 2 — то же, в возрасте 28 сут; 3 — 6 мес; 4 — в возрасте 1 сут после твердения в НУ; 5 — то же, 7 сут; 6 — 28 сут

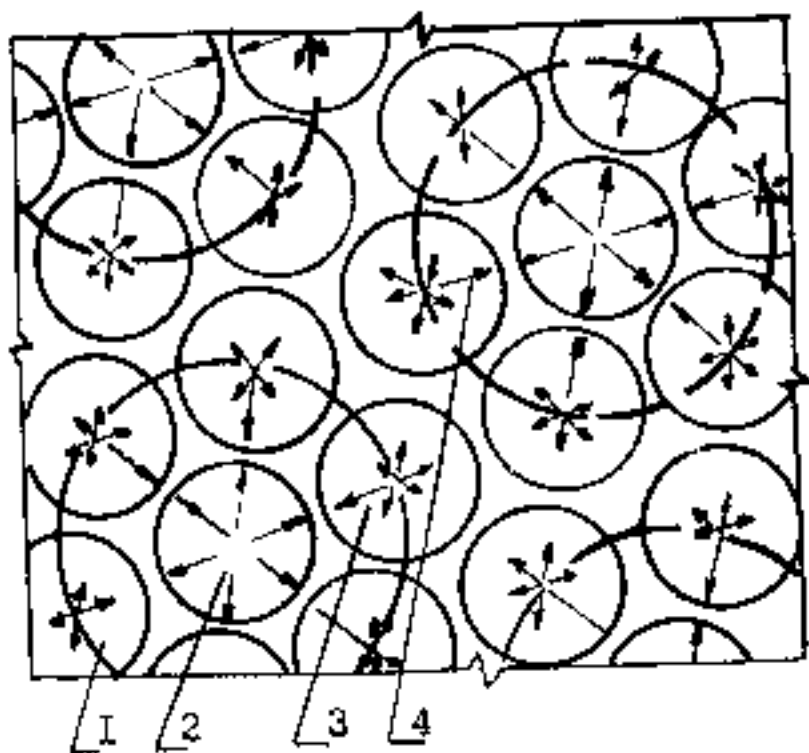


Рис. 4. Механизм начальной организации структуры минеральных вяжущих как высококонцентрированных дисперсных систем (по В. И. Соломатову):

1 — рядовые частицы вяжущего; 2 — «структурообразующие» частицы; 3 — направление возможных перемещений рядовых частиц; 4 — результирующие возможные перемещений частиц вяжущего

агрегаты и превращая их в активные «структурообразующие» элементы. Вновь образовавшиеся «структурообразующие» элементы взаимодействуют с граничными частицами агрегатов добавки и цемента, имеющими меньшую энергию связи со своими агрегатами и т. д., а это приводит к уменьшению поверхностной энергии Гиббса многокомпонентной системы в 1,45 раза и созданию вторичных термодинамически и кинетически устойчивых агрегатов А-2. Созданию вторичных агрегатов А-2 способствуют также электростатические силы притяжения между частицами, поскольку в составе клинкера содержится 60—65 % CaO, а в составе активных минеральных добавок — 90—95 % SiO₂, содержание же SiO₂ в доменном гранулированном шлаке (основная добавка в цементной промышленности) составляет 40—45 %. При этом агрегаты А-2 с тонкомолотым шлаком за счет дигольно-электростатического взаимодействия являются более устойчивыми (см. рис. 5).

Таким образом, при смешении тонкодисперсного наполнителя, имеющего оптимальные параметры (дисперсность и количество) с клинкерным компонентом (исходным цементом) происходит самоупорядочение гранулометрического состава многокомпонентного цемента, что подтверждено исследованиями в растровом электронном микроскопе с микроанализом. Полученные многокомпонентные системы будут иметь минимальную энтропию по отношению к многокомпонентным системам, получаемым совместным измельчением компонентов, а это обуславливает их более высокую прочность и другие физико-механические свойства. Минимальная энтропия S₀ такой системы следует из условия однозначного распределения тонкодисперсных частиц добавки в межзерновых пустотах цемента и ее связи с вероятностью этого состояния [7]:

$$S_0 = K \ln W, \quad (5)$$

где K — постоянная Больцмана; W — термодинамическая вероятность состояния, определяемая числом микросостояний, реализующих данное макросостояние.

Соотношение (5) выражает принцип Больцмана, который предусматривает, что изменение энтропии в замкнутой системе определяется односторонним ее

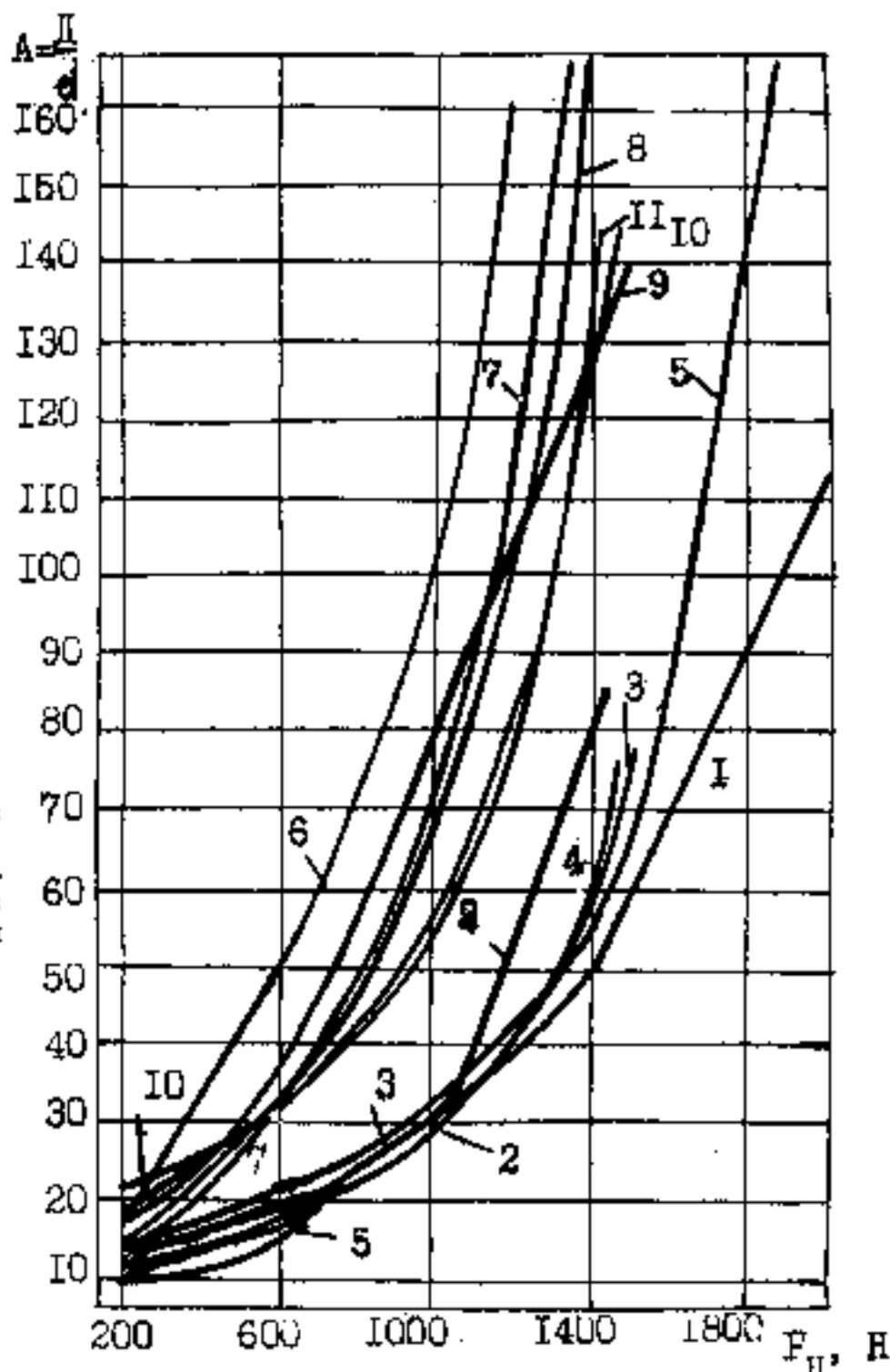


Рис. 5. Агрегативная устойчивость многокомпонентных цементов с тонкомолотым шлаком и золой ТЭС:

1 — портландцемент; 2 — с 20 % тонкомолотого шлака ($S = 450 \text{ м}^2/\text{кг}$); 3 — то же, с 40 %; 4 — с 60 %; 5 — с 20 % тонкомолотого шлака ($S = 390 \text{ м}^2/\text{кг}$); 6 — то же, с 40 %; 7 — то же с 60 %; 8 — то же с 20 % золой Каширской ТЭС ($S = 300 \text{ м}^2/\text{кг}$); 9 — то же, ($S = 350 \text{ м}^2/\text{кг}$); 10 — то же, ($S = 400 \text{ м}^2/\text{кг}$); 11 — то же, ($S = 450 \text{ м}^2/\text{кг}$); D — диаметр агрегата; d — диаметр частицы

переходом из менее вероятного в более вероятное состояние, и также подтверждает процесс самоупорядочения структуры многокомпонентного цемента с оптимизированным гранулометрическим составом.

При затворении цементов водой, в том числе многокомпонентных, ввиду ее содержания обычно в количестве меньшем, чем объем межзерновых пустот, образуется трехфазная система типа «твердая дисперсная фаза — жидкая дисперсная среда — газовая среда» (Т — Ж — Г).

Вода, взаимодействуя с поверхностью агрегата, в соответствии с законом Жюрене, транспортируется к центру агрегата, захватывая внутри него воздух с давлением \bar{P}_B равным сумме лапласового давления \bar{P}_L всех капилляров (n):

$$\bar{P}_B = \sum_{i=1}^n \bar{P}_{Li}. \quad (6)$$

Наличие захваченного воздуха исключает взаимодействие с водой частиц, находящихся внутри агрегата, а возникшие вследствие лапласового давления капил-

лярные силы способствуют сохранению агрегата как самостоятельной структурной единицы. По мере взаимодействия минералов цемента с водой произойдет диффузионный перенос вещества (новообразования) в первую очередь к тонкодисперсным частицам добавки, которые будут служить центрами зародышеобразования, сокращая индукционный период и соответственно начало схватывания системы. Связывание воды минералами цемента будет сопровождаться ее переходом из объемного состояния в пленочное и диффузией к внутриагрегатным частицам цемента и добавки, а это значительно ускорит рост пластической прочности цементных систем, и особенно бездобавочных, т. е. с большим клинкерным фондом.

При смешении двух систем агрегатов А-1 из цемента и добавки в дисперсной среде, так же как и в газовой, произойдет образование вторичных агрегатов А-2 многокомпонентного цемента. При этом их смешение будет более эффективным, так как в процессе перемешивания будет происходить разрушение агрегатов А-1 и смачивание «структурообразующих» элементов (частиц внутри агрегата А-2), что вовлечет большее количество частиц цемента в гидратацию на ранней стадии твердения. Кроме того, наличие дисперсной среды между частицами агрегата уменьшит его размеры [6], а это будет способствовать увеличению числа межагрегатных контактов в системе и соответственно большей прочности на ранней стадии ее твердения.

Таким образом, равномерное и эффективное распределение частиц клинкера и тонкодисперсной добавки (наполнителя) в многокомпонентном цементе с оптимизированным гранулометрическим составом наиболее вероятно при их раздельном введении в бетоносмеситель и более полно осуществляется при подведении к системе значительных механических воздействий и введении поверхностно-активных веществ [6].

Лабораторными и промышленными испытаниями различных видов минеральных добавок доказано, что за счет использования тонкодисперсных вулканических пород с оптимальной дисперсностью можно экономить до 20 % клинкерного цемента с одновременным повышением прочности бетона на 20—25 %, за счет использования зол и золошлаковых смесей ТЭС — до 10—20 % и доменных гранулированных шлаков — до 60 % и более. Исследованиями установлена также высокая эффективность использования пластифицирующих и суперпластифицирующих добавок в многокомпонентных системах с оптимизированным гранулометрическим составом.

Список литературы

1. Комар А. Г., Величко Е. Г. Основы формирования структуры цементного камня с минеральными добавками // Теория, производство и применение искусственных строительных конгломератов. Владимир, 1982. С. 162-166.
2. Величко Е. Г., Лукьянович В. М., Чижмаков Н. Б. Эффективная технология использования минеральных добавок в бетоне // Сб. трудов Международного симпозиума ООН (ЮНЕСКО/СССР) «Окружающая среда и золошлаковые отходы». М., 1983. С. 41-42.
3. Величко Е. Г., Лукьянович В. М., Пискарев В. А. Об оптимальной технологии изготовления вяжущих материалов с минеральными добавками // Журнал ВХО им. Д. И. Менделеева. 1984. № 3. С. 111-113.
4. Дмитриев А. М., Эптин Э. Б., Никифоров Ю. В. Цементы с минеральными добавками // Цемент. 1980. № 2. С. 12-14.
5. Гиббс Дж. В. Термодинамика. Статическая механика. М.: Наука, 1980. С. 548.
6. Урьев Н. Б. Высококонцентрированные дисперсные системы. М., 1980. 486 с.
7. Базаров Е. Г. Термодинамика. М.: Высшая школа, 1983. 344 с.

По страницам зарубежных журналов

Ушеров-Маршак А. В., Сивякин А. Г. Информационная техника для нужд технологии бетона базирующаяся на кинетике гидратации цемента // Цемент—Ванно—Гипс. 1995 г. Т. XLVIII/LXII. N 6. С. 195.

Описана концепция экспертной системы, основанной на результатах калориметрических исследований скорости тепловыделения цементного теста. Эта система, называемая TERMOSON, позволяет подбирать состав и условия хранения бетона. Критериями оптимизации являются экономия цемента и тепла при производстве бетона заданного класса. Структура системы является открытой и дает возможность ее дополнения дополнительными данными, касающимися, например, свойств компонентов и технологических факторов. Разработана модель, воспроизводящая прирост прочности и неизотермического тепловыделения в процессе твердения бетона.

Роцияльски М., Гладыц Я., Иванцив Я. Исследования использования кремнемарганцевых шлаков и пыли в качестве добавок к цементу // Цемент—Ванно—Гипс. 1995 г. Т. XLVIII/LXII. N 6. С. 198.

Проведены химические исследования и выполнен анализ фазового состава отходов производства железо-кремнемарганца — шлаков SiMn и пыли Si-Mn, осаждаемой в обеспыливающих установках. Определено их влияние на основные стандартные свойства цементов. Результаты исследований показали пригодность шлака

SiMn к использованию в качестве минеральной добавки к цементу. Установлено, что принимая во внимание свойства цемента и технологические возможности использования шлака SiMn в цементной промышленности, целесообразным было бы применение его в гранулированном виде. В то же время было выявлено неблагоприятное влияние пыли SiMn на свойства цемента.

Х. Донделевски, Л. Мицкич. Микрокремнезем в качестве активного компонента бетона с мелким заполнителем. // Цемент—Ванно—Гипс. 1995 г. Т. XLVIII/LXII. N 6. С. 203.

Проведенные авторами исследования влияния микрокремнезема на отдельные свойства песчаного бетона показали преимущества применения этой добавки. Микрокремнезем использовали в качестве активного микрозаполнителя, а также в качестве компонента, снижающего количество потребляемого цемента. В качестве пластифицирующей добавки был использован суперпластификатор польского производства. Установлено благоприятное влияние микрокремнезема на свойства бетона с мелким заполнителем, особенно в присутствии пластификатора. Обращено внимание на влияние кремнеземистой пыли на удобообработываемость бетонной смеси. Определены пределы дозирования добавки по отношению к количеству вяжущего.

*Подготовлено к печати
Л. П. Шкурихиной*

Л. П. ОРИНТЛИХЕР, д-р техн. наук (Московский государственный строительный университет),
В. И. ЛОГАНИНА, канд. техн. наук (Пензенский государственный архитектурно-строительный институт)

Оценка старения покрытий цементных бетонов с учетом наследственного фактора

Было оценено влияние пористости цементной подложки на изменение прочности сцепления покрытий. В качестве красочных составов в работе применяли поливинилацетатцементную (ПВАЦ) и кремнийорганическую (КО-168) краски. Красочные составы наносили на растворные подложки с различной пористостью с промежуточной сушкой в течение 20 мин. Адгезию определяли методом отрыва шайб после полного отверждения покрытий. Анализ экспериментальных данных свидетельствует о том, что при увеличении пористости цементной подложки наблюдается снижение прочности сцепления покрытий. Например, прочность сцепления ПВАЦ ($R_{сц}$) покрытий при пористости (П) подложки, равной 12,5 %, составляет 2,5 МПа, а при П = 23 % — 2,36 МПа. Аналогичные закономерности характерны и для кремнийорганического покрытия КО-168.

Снижение прочности сцепления покрытий при увеличении пористости подложки на первый взгляд находится в противоречии с основными положениями о механической адгезии. Однако такое противоречие кажущееся. Система «покрытие — подложка» является слоистой. Определенную роль в слоистой системе играет контактный слой, связывающий собственно покрытие с подложкой. Контактный слой можно представить как композиционный материал, состоящий из пространственного структурного каркаса материала подложки и полимерной матрицы (покрытие).

Исследование структуры контактного слоя показало, что имеются поры, не заполненные красочным составом. В соответствии с теорией перколяции снижение прочности композиционного материала с ростом его пористости происходит по закону [1]:

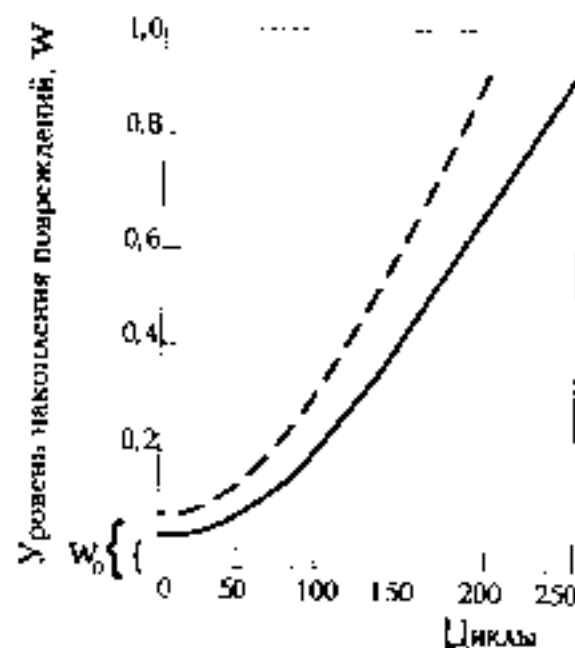
$$R_{\phi} = R_0 \left(1 - \frac{P}{0,84} \right)^{\beta}, \quad (1)$$

где R_0 — прочность композита, не содержащего пор; R_{ϕ} — фактическая прочность сцепления покрытий; — фактическая прочность сцепления покрытий; β — универсальный критический индекс.

В результате математической обработки экспериментальных данных было установлено, что $\beta = 0,39$. В соответствии с [1] это значит, что на прочность композиционного контактного слоя оказывает влияние весь массив структурных связей. Для ПВАЦ покрытий прочность бездефектного контактного слоя составляет $R_0 = 2,8$ МПа, для кремнийорганического КО-168 — $R_0 = 2,5$ МПа.

Наличие пор в контактной зоне способствует преждевременному отслаиванию покрытий. Рассмотрим процесс старения покрытий с позиции теории накопления повреждений с учетом наследственного фактора. Оценим степень повреждения материала покрытия уровнем накопления повреждений W , который может быть определен по формуле

$$W = (R_0 - R_{\phi}) / R_0. \quad (2)$$



Изменение уровня накопления повреждений в кремнийорганическом (КО-168) покрытии в процессе старения:

— — покрытие на подложке с П = 12,3 %; --- — то же, но с П = 23 %

На рисунке приведены экспериментальные данные изменения уровня накопления повреждений в процессе испытаний, где W_0 представляет собой наследственный фактор, оказывающий существенное влияние на кинетику накопления повреждений. Анализ данных, приведенных на рисунке, свидетельствует о том, что в начале процесса старения (инкубационный период) наблюдается незначительное изменение уровня накопления повреж-

дений. Длительность инкубационного периода зависит от уровня наследственного фактора W_0 . Чем больше начальный уровень накопления повреждений W_0 , тем быстрее начинается интенсивное накопление повреждений. При пористости цементной подложки П = 12,3 % $W = 0,04$ и инкубационный период составляет 25 циклов, а при пористости подложки П = 23 % $W = 0,12$ и инкубационный период равен 15 циклам. Соответственно скорость роста повреждений у покрытия на подложке с пористостью 12,3 % меньше по сравнению со скоростью у покрытия на подложке с пористостью 23 %. Так, спустя 100 циклов испытаний уровень накопления повреждений покрытия КО-168 на подложке с П = 12,3 % составляет $W = 0,25$, а на подложке с П = 23 % — 0,37. При $W = 0,9$ происходит разрушение покрытий.

Математическая обработка данных, приведенных на рисунке, свидетельствует о том, что зависимость времени эксплуатации от уровня накопления повреждений может быть аппроксимирована уравнением вида

$$t = a \exp(b \ln W). \quad (3)$$

Для кремнийорганического (КО-168) покрытия на подложке с пористостью П = 12,3 % уравнение (3) имеет вид:

$$t = 259,8 \exp(0,6856 \ln W), \quad (4)$$

на подложке с П = 23 %

$$t = 254,95 \exp(1,1848 \ln W). \quad (5)$$

Уравнение (3) позволяет оценить время эксплуатации покрытий при критическом уровне накопления повреждений, т. е. в момент «отказа».

Таким образом, при оценке срока службы покрытий необходимо учитывать наличие дефектов в структуре покрытия, оказывающих существенное влияние на кинетику его разрушения.

Литература

- Бобрышев А. Н., Козаматов В. Н., Бабин Л. О., Саламатов В. И. Синергетика композитных материалов. Липецк: НПО «ОРИУС», 1994. 153 с.

IN THE ISSUE

A. K. Brovtzin, G. S. Chersheva.
Aerodynamic cleansing, desintegration and separation of quartz sands and similar bulk materials.

E. G. Velichko, Zh. S. Belyakova.
Physical-chemical and methodological bases for production multicomponent cement systems of optimized composition.

M. D. Sinelnik, A. V. Kolenko, R. I. Guschin, V. A. Kostin, V. N. Bazhenov, A. M. Poltoratskikh, V. G. Agafonov. Use of chain filters for recovery cement dust.

A. P. Proshin, V. I. Solomatov, V. A. Hudyakov, A. N. Bobryshev.
Ultra-heavy epoxy composites for radiation protection.

V. P. Baldin, A. E. Gryshevsky, V. I. Rytzin. Facing panels from natural gypsum stone.

V. V. Remnev. Modified heat-resistance concrete.

D. V. Pustovalov, V. V. Remnev. Heat-resistance concretes and possibilities of their use in heat units

**Редакция журнала
находится по адресу:**

117818, г. Москва,
ул. Кржижановского, 13,
ком. 507 б

телефон/факс
(095) 124-32-96

Уважаемые читатели!

В №2, 1996 г. на стр. 14 были допущены опечатки.

1. В правой колонке четвертую строку сверху следует читать: «у аналогичного блока существующей формы, и не уступает».

2. В таблице рекламы в графе ПТ-11 седьмую строку следует читать: «плиты 4 фигурных».

3. В последней строке рекламы следует читать: «факс: (095) 253-33-56»

**Главный редактор
М. Г. РУБЛЕВСКАЯ**

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

Редакционный Совет:

Ю. З. БАЛАКШИН,

Г. Р. БУТКЕВИЧ,

А. И. БАРЫШНИКОВ,

Х. С. ВОРОБЬЕВ,

Ю. С. ГРИЗАК,

Ю. В. ГУДКОВ,

В. Н. ЗАБЕЛИН,

П. П. ЗОЛОТОВ,

А. В. ПОГОРЕЛОВ,

Я. А. РЕКИТАР,

С. Д. РУЖАНСКИЙ,

В. А. ТЕРЕХОВ

(зам. председателя),

И. Б. УДАЧКИН,

А. В. ФЕРРОНСКАЯ,

О. С. ФОМЕНКО

(председатель),

Е. В. ФИЛИПЦОВ

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

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

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

Учредитель журнала: ТОО рекламно-издательская фирма
«Стройматериалы»

Журнал зарегистрирован в Министерстве печати и информации
Российской Федерации за № 0110384

Уважаемый автор!

Если Вы хотите опубликовать статью в нашем журнале, пришлите в редакцию материалы, оформленные следующим образом:

1. Машиннописный текст, отпечатанный на одной стороне листа через 2 интервала. Все формулы и буквенные обозначения вписываются в текст от руки, греческие буквы выделяются красным цветом, и на поля выносятся их названия.

2. Рисунки, графики, схемы, чертежи выполняются тушью; иллюстрации должны иметь четкое изображение. Фотографии - контрастные, черно-белые, на матовой бумаге.

3. Сокращения в тексте и таблицах не допускаются, за исключением принятых ГОСТом.

4. Статьи обязательно должны быть подписаны всеми авторами.

5. Прохождение статей в процессе редакционной подготовки заметно упрощается и ускоряется, если вместе со статьей или иным материалом на бумажном носителе предоставляется дискета. При этом требуются:

- текстовый файл формата ASCII, созданный в Norton Edit (без кода «конец строки» и неформатированный);

- графические файлы формата TIFF, PCX, PIC, либо в формате HPGL;

Текст материала должен быть подписан всеми авторами, в случае предоставления рекламы - рекламодателем.

Подписано в печать 13.03.96.

Формат 60x88½

Бумага офсетная.

Печать офсетная.

Тираж 2300

Заказ

С

Набрано и сверстано
в ТОО РИФ «Стройматериалы»

Отпечатано АОЗТ «СОРМ»

117949 Москва

ул. Б. Якиманка, 38а