

## Содержание

<b>СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА</b>	ДЕВЛЕТ-КИЛЬДИЕВ Х. С., БУТКЕВИЧ Г. Р., ЗУЕВА В. В., СПИВАК Б. О. Разработка месторождений сырья нагорного типа для промышленности строительных материалов	2
	БАГАУТДИНОВ А. А., НЕЙМАН С. М. Утилизация асбестоцементных отходов в производстве строительных материалов	5
	НЕПЕСОВ А. Способ переработки гравийно-песчаной смеси	8
<b>ПИСЬМО В РЕДАКЦИЮ</b>	АРБУЗОВА Т. Б., КОРЕНЬКОВА С. Ф. К вопросу о позиции строителей в области экологической политики	9
<b>ОБОРУДОВАНИЕ</b>	ГЕРН Ю. В., ФРИДМАН Р. А., НАЦИЕВСКИЙ Ю. Д. Оборудование для производства перегородочных плит из гипсового вяжущего	11
	МЕЛЬНИКОВ А. Е., ПСАРЕВ А. Ф. Из опыта строительства мини-цементного завода	13
<b>НОВЫЕ И УЛУЧШЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ</b>	ПИВИНСКИЙ Ю. Е. Получение и свойства строительных кремнеземистых керамобетонов	14
	СТРЕЛКОВ В. П., ПАНОВ В. П., НОВИКОВА Ю. М. Древесно-волокнистые плиты средней плотности	18
<b>КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА</b>	АВДЕЕВ В. П., БОЙКО Н. И. Проверка возможности радиоволнового поляризационного метода контроля качества строительных материалов	20
<b>РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ</b>	ИВАНОВА И. В. Фазовый состав и гидравлическая активность продуктов термического разложения твердых отходов асбестоцементного производства	22
	БИТЕМИРОВ М. К., БАЖИРОВ Н. С., ИСКАКОВ Т. У., РОЗОВСКИЙ Л. Д. Влияние газообразующих добавок на качественные показатели шлаковой пемзы	24
<b>ЗАРУБЕЖНАЯ ТЕХНИКА</b>	Хлористоуглеводородные соединения не должны увеличивать озоновую дыру	27

*Спонсором этого номера журнала является Акционерный инновационный коммерческий банк развития промышленности строительных материалов России «Росстромбанк»*



УДК 666.622.232.002.2

Х. С. ДЕВЛЕТ-КИЛЬДИЕВ, инж. (Гипронеруд), Г. Р. БУТКЕВИЧ, канд. техн. наук, В. В. ЗУЕВА, инж., Б. О. СПИВАК, инж. (ВНИПИИстромсырье)

## Разработка месторождений сырья нагорного типа для промышленности строительных материалов

Изменения, происходящие в горно-добывающей промышленности бывш. СССР, отражают в основном стремления создавать предприятия сравнительно небольшой производственной мощности, сокращать сроки строительства. Появляется необходимость в ускоренном освоении труднодоступных, в частности, расположенных в горах, районах, богатых сырьевыми ресурсами, для обустройства которых нужны щебень, песок и другие строительные материалы. В этом и ряде других случаев источником сырья для производства строительных изделий являются месторождения нагорного типа, разработка которых пока слабо изучена.

Число месторождений нагорного типа вопреки распространенному мнению довольно велико. Так, доля проектов, выполненных в последние годы организациями ВНИПИИстромсырье и Гипронеруд по разработке нагорных месторождений, составляет 1/4 всех. Особенность таких месторождений заключается в том, что к ним трудно применить технологии, эффективные при освоении глубинных месторождений. Ущерб от неправильно выбранной технологии оказывается значительным, а эффективность неординарного решения, отвечающего горно-геологическим условиям, может быть ощутимой. Решения могут различаться по вскрытию, системам разработки, рекультивации нарушенной поверхности для нагорных и глубинных месторождений.

Самый дорогой процесс в разработке нагорных месторождений — транспортировка сырья и вскрышных пород. Замена циклических видов транспорта непрерывными позволяет снизить издержки. Для современного этапа развития техники типично применение комбинации циклического забойного транспорта (автосамосвалов, погрузчиков) и непрерывного магистрального (конвейеров, спусков, скатов, канатных дорог).

Для нагорных карьеров характерна небольшая длина фронта

горных работ, что затрудняет размещение оборудования. В ряде стран широко применяют вертикальные спуски. В спуск горная масса поступает после подготовки к транспортировке в самоходных дробильных агрегатах (СДА). Их обычно загружает погрузчик. При такой технологии длина блока, обслуживаемого одним спуском, достигает 400 м и более. Перемещение процесса первичного дробления в карьер позволяет не только снизить расходы на карьерный транспорт, но и в несколько раз повысить производительность труда.

На отечественных карьерах промышленности строительных материалов пока ограничиваются применением преимущественно автомобильно-конвейерного транспорта. Известен опыт Балаклавского рудоуправления, на котором линия конвейеров длиной 1 км работала в рекуперативном режиме.

Для условий Баканского карьера ополки ПО «Новоросцемент» предложена комбинация гравитационного транспорта по скатам с конвейерным. При производительности линии 1,1 млн. т в 1 год такая технология позволяет снизить себестоимость сырья в 2,4 раза, сократить численность работающего персонала с 52 до 37 чел.

С применением автомобильно-конвейерного транспорта Гипронеруд запроектировал строительство дробильно-сортировочного завода на станции Заозерное (о. Сахалин) на базе Угледарского месторождения габбро-долеритов и габбро-диоритов с размещением двух дробильных отделений на площадке с абсолютной отметкой +200 м (граница подсчета запасов), а отделений сортировки и отгрузки продукции — на морской террасе.

Отделения дробления и переработки связаны двумя линиями конвейеров длиной 1,7 км (8 ставов) и 2,5 км (12 ставов), а также хозяйственной дорогой со щебеночным покрытием. Ширина кон-

вейерной ленты — 1000 мм.

Угледарское месторождение состоит из двух участков: Октябрьского и Южного.

Абсолютные отметки Октябрьского участка изменяются от 533 до 200 м, а Южного, эксплуатируемого, — от 480 до 320 м. Крутизна склонов колеблется в пределах 30—45°. Есть обрывы и осыпи. Вскрышные породы средней мощностью 1,9 м представлены супесями с примесью обломков коренных пород. Угол откоса борта карьера на конец отработки составит 50°. Есть опасность схода лавин и оползания поверхностных слоев.

Южный участок разрабатывают с 1978 г. Его годовая производительность 120 тыс. м<sup>3</sup> в целнке по полезному ископаемому и 50 тыс. м<sup>3</sup> — по вскрыше. Высота добычных уступов 10 м. Рабочие площадки уступов соединены звездами с автодорогой. Вскрышные скважины бурят с помощью станка 2СБШ-200. Выемочно-погрузочные работы на добыче и вскрыше выполняются экскаватором Э-2505, транспортировка — автосамосвалами КраЗ-256Б на расстоянии соответственно 5 и 1 км. Отвалы расположены в 1 км за пределами контура подсчета запасов.

После ввода в эксплуатацию Октябрьского участка мощность предприятия достигнет 1,2 млн. м<sup>3</sup>.

Для бурения скважин диаметром 214 мм на обоих участках решено применить 4 станка 5СБШ-200 (рабочий парк) а при погашении карьера, чтобы обеспечить заданные углы откоса уступов, — станки 2СБУ-100Г. Негабарит будет дробиться гидромолотом на экскаваторе ЭО-4124А. На вскрышных и добычных работах задействованы экскаваторы ЭКГ-5А.

Полезное ископаемое обрабатывают горизонтальными слоями высотой 10 м на Южном участке и 12 м — на Октябрьском. Длина фронта горных работ зависит от места расположения уступа и составляет на Южном участке 120—160 м, на Октябрьском — 60—

Таблица 1

Параметры системы разработки месторождения	Показатели для карьера				
	Гранитный	Гехашенский*	Заозерский**	Харангонский**	Боснийский**
Полезное ископаемое	Гранит	Песчано-гравийная смесь	Габбро-диорит и габбро-диорит	Известняк	Доломит
Производственная мощность по горной массе, млн. м <sup>3</sup>	1,2	0,5	1,2	0,95	0,26
Мощность, м:					
вскрышных пород	0,3—0,7	0,9—0,3	10—12	Местами до 1,5	Местами до 8
полезного ископаемого	4,7—73 (68)	0—60 (47)	20—200 (80)	100—140 (120)	До 100
Расположение отвалов	Внешнее	Внутреннее	Внешнее	Внешнее	Внешнее
Длина фронта работ, м	До 750	До 1000	60—430	100—250	До 130
Высота добычных уступов, м и их число	15/4	5/10	10 и 12/8	15	75/6
Расстояние транспортировки, км:					
вскрышных пород	0,5	Нет	1 и 2	3 и 2	До 1
полезного ископаемого	1,5	2	4 — самосвалы, 1,7 и 2,5 — конвейеры	5 и 1 — самосвалы и 7,5 — канатная дорога	До 3

Примечания: \* Проект ВНИПИИстромсырья; \*\* проект Гипронеруд. В скобках — средние значения мощностей.

Таблица 2

Карьер	Вид оборудования, число единиц				
	Буровые станки	Экскаваторы	Автосамосвалы	Бульдозеры	
Заозерский	5 СБШ-200, 2 СБУ-100	5/4	ЭКГ-5А, 5/4	КраЗ-256Б, 61/42	5/4
Харангонский	2 СБШ-200, 2 СБУ-100, БТС-150,	2/1, 2/1, 1/1	ЭКГ-5А и ЭКГ-4,6, 4/3	КраЗ-256Б, 25/18	6/5
Боснийский	2 СБШ-200, 2 СБУ-100,	1/1, 2/1	ЭКГ-5А и ЭКГ-4,6, 2/1	БелАЗ-540, 4/3	2/2
Гехашенский			ЭО-6123, 2/1	КраЗ-256Б	1/1
Гранитное	2 СБШ-200Н, СБУ-100,	1/1, 1/1	ЭКГ-5А, 2/1	КраЗ-256Б, БелАЗ-540, 9/6	1/1, 1/1

Примечание. Над чертой указан инвентарный парк, под чертой — рабочий парк оборудования.

430 м (табл. 1). Из-за необходимости преодолевать подъемы до 11° сырье до приемных воронок дробильных отделений № 1 и № 2 доставляется автосамосвалами КраЗ-256Б. Далее продукт дробления перемещают конвейеры.

Харангонское высокогорное месторождение известняков с абс. отметками 1400—2000 м разрабатывают с использованием канатной дороги и автотранспорта. Сырье поступает на Душанбинский цементный завод. Месторождение разрабатывают с разделением на 2 независимых участка: нижний с абс. отметкой 1500 м (эксплуатируемый) и верхний с абс. отметкой 1900 м. Вскрытие верхнего участка — бестраншейное. Автодорога, проводимая до абс. отметки 1900 м, соединяется с забойными дорогами каждого горизонта. В настоящее время отрабатывают горизонты высотой 1885 и 1870 м верхнего участка и 1500 и 1485 м — нижнего.

Горные работы готовят к выемке буровзрывным способом. Для бурения применяют станки СБШ-250МН, а на косогорной части уступа — станки СБУ-100Н-35 и БТС-150 А. Применяемое для горных работ оборудование указано в табл. 2. Длина фронта горных работ на верхнем участке составляет 100—200 м. Поскольку вскрышные породы встречаются не везде, их обуривают и взрывают совместно с полезными ископаемыми. В зависимости от количества некондиционных пород горную массу вывозят автосамосвалами в отвал или на дробильно-сортировочный завод, на котором после дробления отделяют мелкие фракции, содержащие наибольшее количество некондиционных включений. Их направляют в отвал.

Расстояние транспортирования горной массы до дробильного отделения с верхнего участка — до 5 км, с нижнего — до 1 км. Вскрышные породы во внешний отвал перевозятся на расстояние 3 и 1 км соответственно.

Месторождение доломитов в ущелье «Босния» разведано до абс. отметки 1600 м. Его верхняя часть обрывиста, имеет форму ступеней, склоны подножья (угол откоса — до 40°) местами покрыты четвертичными отложениями мощностью до 8 м. Угол падения залежи — 26°. Породы с коэффициентами крепости по шкале проф. М. М. Протодьяконова [8] являются крупноблочными.

Разрабатываемое карьероуправлением «Кашдоломит» месторождение вскрыто полутраншеями, соединенными с Военно-Грузинской дорогой технологической магистралью, прошедшей в таль-

веге ущелья.

Нижняя часть месторождения от горизонта 980 м отрабатывается 5 уступами высотой по 25 м. Подготовка к выемке осуществляется буровзрывным способом при диаметре скважин 100 и 200 мм. Выше отметки 1075 м проходят минные штольни, и образующийся после взрыва развал отрабатывают слоями высотой 10 м.

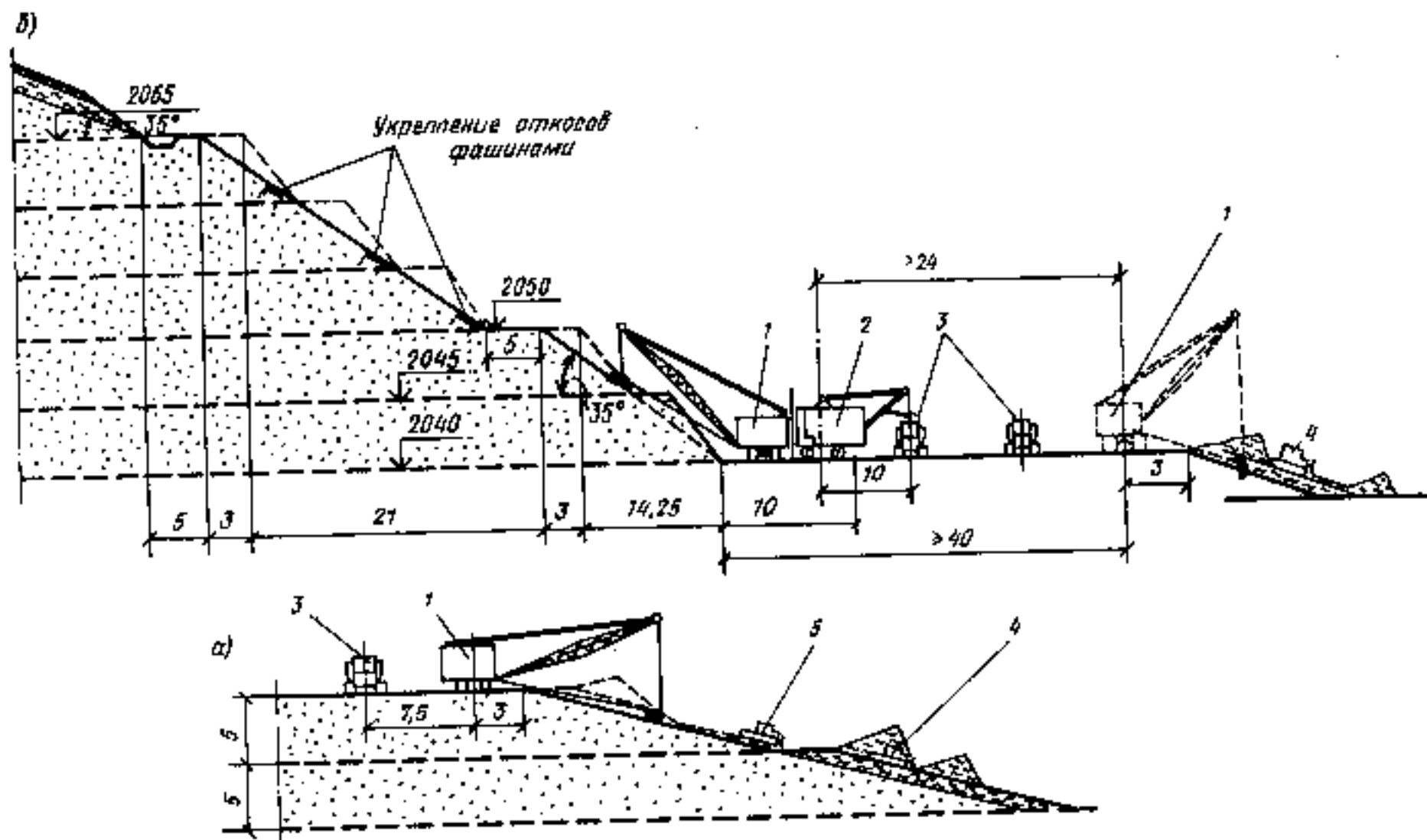
Оригинальное решение принято ВНИПИИстромсырье при проектировании разработки Гехашенского наклонного пластообразного песчано-гравийного месторождения с согласным падением залежи. Уклон поверхности между абс. отметками 2070—1955 м составляет 25°. Рельеф поверхности неровный. Мощность песчано-гравийной толщи достигает в среднем 430, но запасы в соответствии с условиями ведения горных работ утверждены до глубины 60 м.

Направление развития горных работ — от верхней части карьерного поля — вниз. Почвенный слой мощностью 0,2 м бульдозер ДЗ-109Б перемещает по откосу

вниз, образуя штабель, а из штабеля драглайн ЭО-4112 отгружает его в автосамосвалы КраЗ-256Б. Аналогично разрабатывают вскрышные породы. Почвенный слой и вскрышные породы автосамосвалы доставляют во временные внутренние отвалы на верхние горизонты, которые образовались после выемки полезного ископаемого добычным экскаватором.

В одновременной эксплуатации находятся 3 уступа высотой по 5 м. Высота уступа определена исходя из условий последующей рекультивации. На первом уступе выполняют вскрышные работы, на втором — добычные, выжимая в зависимости от угла откоса склона залежи различное число заходов, а на верхнем — осуществляют горно-техническую рекультивацию с помощью драглайна ЭО-4112.

Сначала драглайн «выползает» откос добычного уступа до 35°, погружает вынимаемое сырье в автосамосвалы. После этого на поверхности песчано-гравийных пород из фашин (хвороста) выкле-



#### Технология горных работ

а — перемещение шпиченного слоя и вскрышных пород; б — добыча сырья и горно-техническая рекультивация; 1 — экскаватор ЭО-4112; 2 — экскаватор ЭКГ-5А; 3 — автосамосвал КраЗ-256В; 4 — бульдозер 23-109В; 5 — бульдозер-рыхлитель 23-106Л

дывают квадратные ячейки, фиксируемые кольями. Фашины препятствуют сползанию наносимых поверх них потенциально плодородных пород и почвенного слоя.

Потенциально плодородные (вскрышные) породы драглайн распределяет по откосам и бермам безопасности, затем укладывает почвенный слой. Между каждым тремя уступами оставляют берму шириной 5 м с нагорной канавой (см. рисунок). Поэтому суммарный угол откоса нерабочего борта снижается до 29°.

Одна из сложностей в организации горных работ на месторождениях нагорного типа в начальный период — строительство вскрышающих выработок и автодороги. Автодорога необходима, в частности, для доставки оборудования до верхнего горизонта, если предполагается вести горные работы в нисходящем порядке. Такой порядок ведения горно-капитальных работ резко увеличивает трудоемкость, продолжительность строительства карьера, снижает фондоотдачу, требует значительных первоначальных инвестиций (табл. 3). Чтобы увеличить угол подъема магистральной автодороги, что дает возможность сокращать ее протяженность, используют автосамосвалы типа КраЗ-256В. Но это предопределяет рост парка автомашин и сни-

Таблица 3

Технико-экономические характеристики работы карьера	Показатели для карьера		
	Граничное	Галенский	Заозерский
Свобстоимость, р. за 1 м <sup>3</sup> продукции	4,28	2,09	6,11
Удельные капиталовложения на 1 м <sup>3</sup> продукции, р.	22,19	7,86	33
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/м <sup>3</sup> продукции	19	6	11

жение производительности труда.

Мировая практика показывает, что на нагорных месторождениях нередко одновременно или с интервалом во времени эксплуатируют два карьера. Первый, небольшой производительности, может работать длительное время. Обычно этот участок расположен ниже будущего, основного. Его создание обусловлено более благоприятными горно-техническими условиями, в частности меньшим углом откоса склона, лучшей возможностью для прокладки автодороги.

Поскольку для нагорных месторождений типична нарезка уступов небольшой протяженности, длина экскаваторного блока оказывается меньше нормативной. Это приводит к снижению производи-

сти оборудования, необходимости частых перегонки буровых станков, экскаваторов с горизонта на горизонт и усложняет управление качеством сырья. Последнее особенно сказывается в начальный период эксплуатации, когда объектом разработки является косогорная часть залежи, на которой вскрышные скальные породы нередко взрывают вместе с полезным ископаемым. Из-за этого теряется или разубоживается сырье.

Острее, чем на месторождениях глубинного типа, встают вопросы планирования горных работ, функционирования геолого-маркшейдерской службы, связанные с предотвращением схода лавин и оползания бортов.

Следует отметить, что при применении автотранспорта не только увеличиваются сроки строительства, но и снижаются технико-экономические показатели (см. табл. 3). Поэтому нередко горнодобывающие предприятия оказываются убыточными, связаны с высокими капиталовложениями, затратами труда и энергоресурсов.

А. А. БАГАУТДИНОВ, инж. (МИСИ им. В. В. Куйбышева), С. М. НЕЙМАН, канд. техн. наук (ВНИИпроектасбестцемент)

## Утилизация асбестоцементных отходов в производстве строительных материалов

Вопросам утилизации асбестоцементных отходов в настоящее время уделяется большое внимание, что объясняется прежде всего нехваткой сырьевых ресурсов практически повсеместно и их удорожанием. В то же время асбестоцементные отходы в своем составе имеют компоненты, пригодные для получения на их основе строительных материалов различного назначения. Проблема утилизации асбестоцементных отходов (АЦО) актуальна и потому, что с ее решением уменьшается загрязнение окружающей среды. Химический состав асбестоцементных отходов (влажных и сухих) приведен в табл. 1.

По данным асбестоцементной промышленности, количество сухих отходов (брак и бой асбестоцементных изделий, обрезки, стружка от обточки труб, пыль от резки и шлифовки листов) составляет 2,6—4 % массы выпускаемых изделий. Объем влажных отходов, являющихся осадком сточных вод, в пересчете на сухое вещество достигает 1,5—2 % массы сырья.

Наиболее целесообразно возвращать отходы в основное производство. Влажные асбестоцементные отходы (ВАЦО) с большим

содержанием воды (до 300 % по массе) необходимо вернуть в технологический процесс как можно скорее после завершения фильтрации, чтобы эффективнее использовать негидратированную часть цемента. Такая задача частично решается при внедрении разработанных ВНИИпроектасбестцементом малоотходной и безотходной технологий: продувочные воды из рекуператоров сливаются под формовочную машину. Однако и здесь эффективность использования негидратированных зерен цемента невысока, так как сливаемая порция отходов попадает на повторную фильтрацию не сразу, а лишь через некоторое время.

Степень гидратации цемента еще до выхода отходов из рекуператоров в отстойники составляет 90 % и через 4—6 ч хранения в отстойниках дополнительно гидратирует еще 9 % цемента. К тому же подача АЦО под формующую машину позволяет утилизировать не более 1/3 их общего объема. Повышение этого предела ведет к снижению прочности материала и к ухудшению фильтрационных характеристик асбестоцементной суспензии, увеличению уноса твердых частиц и т. д.

При существующих способах осветления отходящих вод (с помощью рекуператоров) правильнее вводить продувочные воды не под машину, а сразу в турбосмеситель или ковшовую мешалку, согласовав время и объем продувки с циклом подачи массы в ковшовую мешалку, что сократит время пребывания АЦО в воде.

Для еще лучшего использования свойств влажных АЦО в асбестоцементном производстве необходимо заменить рекуператоры более совершенными аппаратами, в которых очистка воды и отделение твердого осадка происходят значительно быстрее.

Сухие асбестоцементные отходы (САЦО) можно ввести в асбестоцементную суспензию только после дробления и помола.

Из-за отсутствия специального оборудования, энерго- и трудоемкости помола САЦО в асбестоцементном производстве используются редко.

К сожалению, большую часть АЦО в связи с названными выше трудностями использования вывозят в отвалы. На одном только Воскресенском (Московская обл.) комбинате асбестоцементных изделий ежегодно сбрасывается в отвалы более 10 000 т сухих и 41 000 т влажных отходов.

На ряде предприятий вопреки запрету [7] влажные АЦО отгружаются строительным организациям и населению для выполнения теплоизоляционных засыпок, сухие — для подсыпки дорог и железнодорожных насыпей. Лишь на некоторых заводах возвращаются к внедрению разработанной в 50-х годах ВНИИпроектасбестцементом технологии производства мелких стеновых блоков из САЦО для возведения малоэтажных зданий. В этом случае сухие отходы использовали в качестве крупного заполнителя, который перемешивали с портландцементом и песком и формовали на виброплощадках. В г. Воскре-

Таблица 1

Вид асбестоцементных отходов	Содержание компонентов, %									
	П. П. П.	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Сумма СаО	СаО <sub>св</sub>	MgO	SO <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>	Гигроскопическая влага
Влажные, на основе портландцемента										
мин.	19,4	14,5	2,0	2,4	32,4	0,1	1,4	0,3	0,5	2,9
макс.	29,6	24,6	8,8	7	47,2	5,5	8,6	6,5	1,1	5,8
сред.	25,6	18,7	3,5	4	41	2,94	4,2	2,9	0,8	4,2
На основе песчаного цемента										
мин.	14,2	34,6	2,8	2,0	29,4	2,4	3,6	2,3	Нет сведений	
макс.	17,7	38,5	3,1	7,2	32,7	9,3	6,5	4	Нет сведений	
сред.	16,1	36,2	3	4,8	30,5	7	5	2,9	—	—
Сухие, на основе портландцемента										
мин.	11,2	18,9	3,2	2,9	44,1	4,6	4	0,5	0,3	1,7
макс.	20,6	21,4	5	5,3	52,4	6,6	5,4	2	0,7	5,6
сред.	15,6	20	4,2	3,9	49	5,6	6,2	1,3	0,6	2,9
Стружка от обточки труб	17,3	20	3,6	2,9	47,2	—	4,7	1,4	0,6	—
Бой листов	14,8	20,1	4,2	4,1	50,1	5,5	4,2	1,3	0,5	2,9

Таблица 2

Теплоизоляционные и конструктивно-теплоизоляционные материалы	Состав сырья, %	Вид воздействия на сырье		Физико-механические характеристики материала					Примечание
		при подготовке к производству	при производстве изделий	R <sub>изг.</sub> МПа	R <sub>сж.</sub> МПа	U, кг/м <sup>3</sup>	W <sub>м.</sub> %	λ, Вт/(м·К)	
Теплоизоляционные и конструктивно-теплоизоляционные материалы									
Теплоизоляционная масса	ВАЦО и САЦО в соотношении 3:1 — 20,5; известняк — 20,5; перлит — 13, жидкое стекло — 41; вода — 5	Помол	Естественная сушка	1,84	2,26	1280	—	0,31	Для ускорения твердения можно ввести до 6 % Na <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub>
То же	ВАЦО и САЦО в соотношении 3:1—25,5; портландцемент — 25,5; перлит — 10, жидкое стекло — 3, вода — 36	Помол	Естественная сушка	1,7	4,56	1000	—	0,18	
Композиция для теплоизоляционных изделий, до 500 °С	ВАЦО — 56—85; вспучиваемый перлит — 5—20; жидкое стекло; целлюлозно-бумажное волокно	Отжатие воды из ВАЦО в форме с сетчатым дном	Сушка при температуре 190—220 °С в течение 2,5—3 ч	1,9—2,2	1,54	280—350	—	0,068—0,075	
Штукатурка	Портландцемент; ВАЦО: песок кварцевый 1:1,7:9	—	Естественная сушка	—	—	1300	—	0,35	
Теплоизоляционные изделия, до 1000 °С	ВАЦО — 10—15; минеральное волокно — 10—15; фосфорная кислота — 10—11, вода — 44—60	—	Естественная сушка	0,55—0,75	0,76—1,32	195—225	—	0,049—0,052	Термостойкость при 20—200 °С 10—11 циклов
Изоляционные плиты, скорлупы, сегменты, до 500 °С	ВАЦО — 70; диатомит — 30, негашеная известь — 10	Помол в бегунах	Обработка в автокладе (P=0,8 МПа, 6—8 ч)	—	0,3—0,6	550—750	—	0,096	Сброс давления в автокладе не менее 2 ч
Изоляционные изделия, до 500 °С	ВАЦО на основе песчанистого цемента — 80; диатомит — 20	—	Обработка в автокладе (P=0,8 МПа, 2-8+2 ч)	—	2,3	393	—	0,09—0,1	Сорбционная влажность в комнатных условиях 2,5—3 %
То же, до 150 °С	ВАЦО — 90—95, жидкое стекло — 5—10	—	Пропаривание (85 °С, 12 ч) Сушка в течение 8—10 ч при 50—60 °С; 16 ч при 100 °С	0,3	—	500	—	0,1	
Межкомнатные перегородки	ВАЦО — 90; портландцемент — 10	Сушка ВАЦО при 110 °С Обжиг ВАЦО при 700 °С	Пропаривание	—	1,8	1335	37	—	
То же	ВАЦО — 30; портландцемент — 70	Сушка ВАЦО при 110 °С Обжиг ВАЦО при 700 °С	Пропаривание То же	—	7,6	950	49	—	
				—	27	1830	16	—	
				—	39	1780	18	—	

Таблица 3

Материалы и изделия для облицовки зданий	Состав сырья, %	Вид воздействия на сырье		Физико-механические характеристики материала				Примечание
		при подготовке к производству	при производстве изделий	R <sub>изг.</sub> МПа	R <sub>сж.</sub> МПа	U, кг/м <sup>3</sup>	W <sub>м.</sub> %	
Плитки облицовочные и декоративные листы	ВАЦО — 70—80; отходы целлюлозно-бумажного производства — 20—30	—	Прессование на автоформовочной машине	7,7—8,8	—	730—880	59—70	
Панели для пола	ВАЦО (влажностью 300—350 %) — 60; битумная эмульсия — 15; мочевиновая смола — 20, ССБ — 5	—	Прессование (P=1,5—5 МПа)	1,37—5	—	530—600	—	
Облицовочные плитки для интерьеров	ВАЦО — 100	Обезвоживание на вакуум-фильтре	Прессование (P=30—50 МПа)	2,6—5,2	6,4—9,5	640—840	—	Оптимальная влажность определяется по формулам [4]
Облицовочные плитки	ВАЦО — 70—74; жидкое стекло — 26—30	—	Прессование (P=4—5 МПа) и сушка при 200—250 °С в течение 3—4 ч	0,65—0,7	1,2—1,3	1400	—	Морозостойкость 8—12 циклов
То же	ВАЦО — 55—60; мочевиноформальдегидная смола — 23—28; портландцемент — 14—15, отвердитель — 1,9—2,1	Сушка ВАЦО до 5 %-ной влажности	Прессование (P=15—25 МПа) и сушка при 60—80 °С в течение 12 ч	16	—	1350	12—13	Отвердитель — 5 % раствор HCl
"	САЦО — 68—75; портландцемент — 15—20; вода — 10—12	Помол смеси АЦО до S=290 м <sup>2</sup> /кг	Прессование (P=1,5—2,5 МПа) выдержка при 70 °С в течение 8 ч	Свыше 10	—	—	22	—
То же	САЦО — 52; портландцемент — 48, вода — 18	Измельчение до 1,25 мм	Прессование (P=28 МПа) и пропаривание 6+6 ч	16	—	1720	19,5	—
То же	САЦО — 82—85; вода — 15—18	Измельчение до 5 мм	Прессование (P=25—120 МПа), пропаривание 12+8 ч при 80—85 °С, выдержка в среде CO <sub>2</sub> , 16—30 ч	12,6—20,8	—	1540—2120	18,2—10,3	—

Бетоны, стеновые изделия	Состав сырья, %	Вид воздействия на сырье		Физико-механические характеристики материала					Примечания
		при подготовке и производству	при производстве изделий	R <sub>изг.</sub> МПа	R <sub>см.</sub> МПа	Q, кг/м <sup>3</sup>	W <sub>м.</sub> %	λ, Вт/(м·К)	
Газогипсовасбестит (до 500 °С)	ВАЦО—30—70; гипс — 30—70; алюминивая пудра ПАК-Э—0,1	—	Естественное твердение	—	0,59—1,56	463—424	—	0,12—0,14	—
Газобетон	ВАЦО, известь негашеная 5—15; кварцевый песок ВАЦО—11; фосфорный шлак—29; вольский песок (1:3)	Обжиг ВАЦО при 700 °С и помол	Автоклавная обработка	3,22—4,84	6,88—9,35	380—420	—	—	—
Бетон	ВАЦО—11; фосфорный шлак—29; вольский песок (1:3)	—	—	4,5	32,3	2100	—	—	—
То же	ВАЦО — 10—70; фосфорный шлак — 28—88; хлорид кальция—2	Обжиг ВАЦО при 700 °С и помол до S=280—330 м <sup>2</sup> /кг	Пропаривание Двойное пропаривание при 50 °С—6 ч; при 96 °С—1+6+2 ч Автоклавирование 8 ч (P=0,8 МПа)	—	14—52,1	1650—1900—2000	23	—	Оптимальное В/Т—0,25—0,37
Малые стеновые блоки	ВАЦО — 60—80; портландцемент — 20—40;	—	Прессование (P=2—4 МПа)	—	5—7,5	—	—	—	—
Стеновые камни и кирпичи	ВАЦО — 46—70; САЦО — 3—17	Помол САЦО до S=200—300 м <sup>2</sup> /кг, обжигание ВАЦО до 30—40 %-ной влажности	Прессование (P=20 МПа), автоклавная обработка при 0,8 МПа по режиму 1,5+6+1,5 ч	6,2—7,4	20,5—27,4	1100—1300	23,7—25,1	0,35—0,38	—
Силикатные блоки	ВАЦО — 20—30, кварцевый песок — 70—80	Помол ВАЦО	Виброуплотнение и автоклавирование 10 ч (P=0,8 МПа)	—	19—19,6	1780—1800	15,7—18	—	Морозостойкость свыше 25 циклов
		Помол ВАЦО и песка до S=205 м <sup>2</sup> /кг	Виброуплотнение и автоклавирование 10 ч (P=0,8 МПа)	—	60,5	1900	—	—	—

сенске с 50-х годов эксплуатируются более 10 двух-трехэтажных домов из таких блоков. Их изготавливают и ручным способом.

Разработаны технологии получения различных строительных материалов и изделий на основе асбестоцементных отходов. Для облегчения выбора того или иного способа получения строительных материалов из АЦО авторы систематизировали результаты многочисленных работ [1—6, 8, 9] по утилизации АЦО (табл. 2—5) и рекомендуют их в качестве справочного материала.

Из данных таблиц видно, что в зависимости от вида АЦО, применяемого вяжущего и технологии изготовления можно получить материалы и изделия с различными свойствами. Свойства материалов в значительной степени зависят от подготовки АЦО к введению в технологический процесс.

Наибольшее повышение активности отходов обеспечивает обжиг (при температуре не менее 700 °С) и помол. Однако такой процесс оказывается энергоемким и для его осуществления требуется специальное оборудование.

Значительное повышение прочности материала наблюдается также при добавке в АЦО кремнеземистых компонентов (фосфорных шлаков, зол ТЭЦ, кварцевого песка и т. д.) в результате реакции пуццоланизации. Известно, что такая реакция наиболее интенсивно протекает при температуре 174—

Таблица 5

Материалы с добавкой АЦО	Состав сырья, %
Строительная смесь для ковра кровли	Портландцемент — 21—25; песок карбонатный — 21—30; глина бентонитово-лодская — 7—9, ВАЦО — 1—3
Огнезащитный состав	ВАЦО* — 12—25, железонепелиновые отходы — 10—15, полиметилсикс — 0,3—1, жидкое стекло — остальное
Шпатлевка	САЦО** — 5—8; карбоксиполгидрофиллизол — 2,5—3,7, известняк — остальное
Клинкер при помоле	Клинкер цементный — 95, АЦО — 5
Битумные рулонные материалы	ВАЦО — 6,1, битум — 93,9

\* R<sub>см.</sub> — 9,8—11. \*\* Помол САЦО — до 300 м<sup>2</sup>/кг

200 °С и давлением насыщенного пара 0,8—1,5 МПа.

Влажные и молотые сухие АЦО имеют высокую удельную поверхность, что является причиной повышенной водопотребности материалов, полученных на их основе. Поэтому для получения строительных материалов с требуемыми физико-механическими характеристиками приходится применять жесткие смеси и прибегать к интенсивным методам уплотнения, в частности прессованию. Причем прессующее давление должно быть в пределах 30—50 МПа. Однако таким образом целесообразно готовить лишь небольшие по размеру изделия — плиты, кирпичи, стеновые камни и др.

На каждом предприятии в зависимости от технологических воз-

можностей, местного сырья могут быть выбраны наиболее подходящие решения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Башев Ф. П. Получение вяжущих из отходов асбестошиферного и электрофосфорного производства ВНИИЦемент // Цемент. 1969. № 4.
2. Березовой В. Ф. Получение облицовочных плиток из асбестоцементных отходов методом сухого прессования // Производство и применение асбестоцемента. Межвузовский сб. научных статей. Вып. 1.— Калинин, 1975.
3. Веды Е. И., Терещенко Л. Е. Вяжущие свойства асбеста и использование его для изготовления теплоизоляционных изделий // Строит. материалы. 1963. № 9.
4. Калинин В. И. Строительные материалы и изделия контактного твердения из отходов асбестоцементного производства: Автореф. дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук / Киевский инженерно-строительный институт.— Киев, 1987.
5. Колесников Б. И., Комаров В. А., Фукс В. А., Овцынов И. Е. Замкнутый цикл рекуперации осадка в производстве асбестоцементных изделий // Строит. материалы. 1992. № 8.
6. Косарев В. М., Нейман С. М., Борисов Н. В. Применение отходов асбестоцементной промышленности для производства стеновых блоков и облицовочной плитки // Использование отходов, попутных продуктов в производстве строительных материалов и изделий. Охрана окружающей среды. Научно-технический реферативный сб. ВНИИТИ и ЭПСМ. Вып. 7.— М., 1982.
7. Санитарные правила при работах с асбестом. Минздрав СССР.— М., 1991.
8. Стойнов В., Лазаров И. В. Использование отходов асбестоцементного производства в качестве добавки в портландцемент при производстве низкомарочных вяжущих и для изготовления теплоизоляционных изделий // Тр. НИИСтроительных материалов, ИРБ. Вып. 6. 1976.
9. Усманов М. А., Авдеева В. И., Скоткова В. В. Сухие безизвестковые смеси // Экологическая технология. Переработка промышленных отходов в строительные материалы. Межвузовский сб., изд. УПИ им. С. М. Кирова.— Свердловск, 1984.

А. НЕПЕСОВ, инж. (Проектно-строительный кооператив «Геологстрой», г. Ашхабад)

## Способ переработки гравийно-песчаной смеси

В проектно-технологическом кооперативе «Геологстрой» г. Ашхабада (Республика Туркменистан) предложен способ переработки гравийно-песчаной смеси как заполнителя для производства бетона и железобетона.

В основе предложения — максимальное снижение в подлежащей переработке гравийно-песчаной смеси глинистых частиц путем дробления промытого гравия и сортировки сухим способом без промывки. Эта цель достигается в результате изменения технологической схемы переработки гравийно-песчаной смеси, заключающегося в сухом отсеве на первом этапе глинистых частиц из него и промывке гравия, сушке и дроблении. В последующем материал сухим способом сортируется на фракции и используется как заполнитель тяжелого бетона — щебень и песок (см. рисунок).

Таким образом, технология переработки гравийно-песчаных смесей осуществляется по схеме сортировки сухих смесей с целью получения чистого гравия и дальнейшего его дробления без промывки. Это приводит к резкому снижению глинистых частиц в дробленном материале и, как следствие, — к значительному повышению прочности бетона — на 25—30% при применении дробленого гравия в качестве заполнителей для приготовления тяжелого бетона или на 25—30% — к снижению расхода цемента.

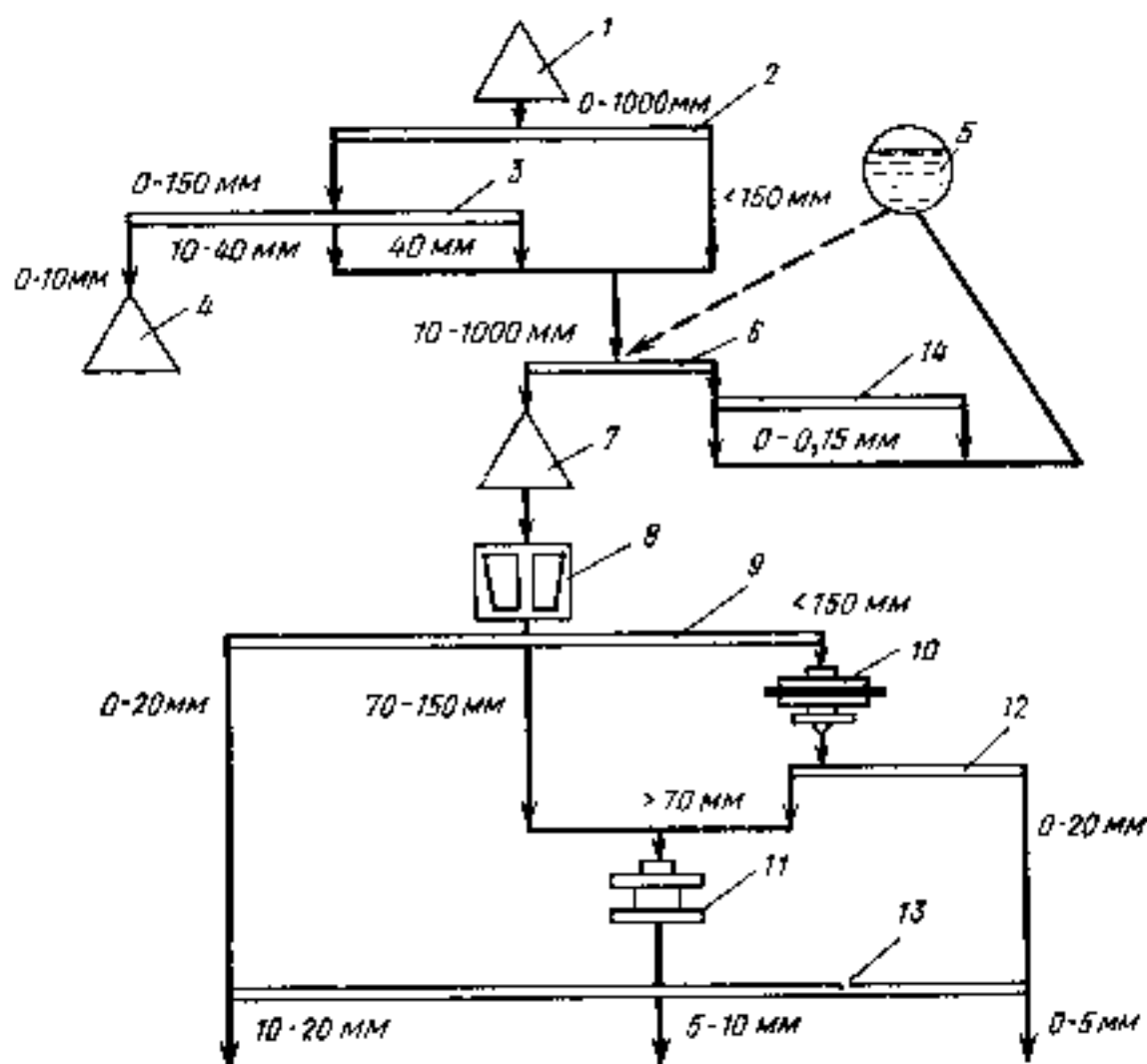
Отходы, полученные из гравийно-песчаной смеси в виде отсева фракции 0—10 мм, можно использовать в качестве заполнителей для приготовления асфальтобетона.

Получение щебня и песка как заполнителей для тяжелого бетона из гравийно-песчаной смеси по

предлагаемому методу снижает потребления воды в несколько раз. Предлагаемая технологическая схема в отличие от существующих исключает образование хвостов, которые, как известно, загрязняют окружающую среду на больших площадях — 10—15 га. В этом случае не требуется также дорогостоящего, металло- и энергоемкого оборудования для промывки и сортировки материала.

Технологическая схема переработки гравийно-песчаной смеси для получения заполнителей сухим способом работает следующим образом: сырье с гравийно-песчаного карьера после отделения валунов — камней крупнее 1000 мм поступает на грохот предварительного грохочения 2, на котором происходит рассев на фракции 0—150 мм и более 150 мм. Затем на грохоте 3 отсеивается материал фракции 0—10 мм 4, который используется как заполнитель для приготовления асфальтобетона, а отсеянные фракции, т. е. гравий крупностью 10—1000 мм, поступают на промывку в барабанное цилиндрическое сито 6. На нем и отмывается гравий от мелких слипшихся глинистых частиц. Промытый гравий после обезвоживания (на посту 7) направляется на первичное дробление в щековую дробилку 8. От барабанного цилиндрического сита вода с находящимися в ней глинистыми частицами направляется в отстойник 14, из которого через систему обратного водоснабжения подается в емкость для воды 5, мелкие же глинистые частицы размером 0—0,15 мм задерживаются в отстойнике 14.

Гравий из щековой дробилки 8 после дробления поступает на грохот 9, на котором происходит отсев фракции 0—20 и 70—150 мм. Куски размером более 150 мм вторично дробятся в конусной дробилке 10. Из конусной дробилки сырье опять поступает на грохот, на котором происходит отсев фракций материала 0—



Технологическая схема переработки гравийно-песчаной смеси для получения заполнителей тяжелого бетона сухим способом



№ состава	Состав бетона — Ц, П, Щ	В:Ц	О. К., см	З. К., с	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при сжатии, МПа, в возрасте			Способ переработки заполнителя
						7 дней	28 дней	После пропаривания	
Мелкозернистый бетон М300									
1	1,4,2,0	0,445	0—1	30	2210	18,3 100 %	20,1 100 %	24,5 100 %	Базовый, традиционный
2	1,4,2,0	0,445	0—1	30	2215	20,1 111	24,5 111,8	27, 110,5	Предлагаемый
Тяжелый бетон М300									
3	1,1,65-3,35	0,45	2	10	2400	20,8 100 %	20,4 100 %	29,2 100 %	Известный, традиционный
4	1,1,65-3,35	0,45	2	10	2430	24,1 116 %	23,8 117 %	34,5 118 %	Предлагаемый

Примечание. Под чертой — % по отношению к нормируемому значению.

20 мм и более 70 мм.

Материал от грохота 12 крупностью более 70 мм поступает на третье дробление в короткоконусную дробилку 11. Затем уже вся дробленое сырье поступает для окончательного грохочения на грохот 13, на котором происходит отсев фракций 0—5 мм — песок, 5—10 и 10—20 мм — щебень.

В лаборатории Технологии бетонных и железобетонных работ НИИ сейсмостойкого строительства Госстроя СССР были проведены испытания песка и щебня, полученных из гравийно-песчаной смеси Безменского месторождения

по предлагаемому способу, в цементном бетоне с целью оценки их качества и пригодности в качестве заполнителей для тяжелого бетона.

Прочностные показатели цементного бетона, приготовленного на основе портландцемента марки 400 и заполнителей из песка и щебня, в сравнении с характеристиками для традиционного материала приведены в таблице.

При одинаковых условиях технологического процесса приготовления цементного бетона в мелкозернистом бетоне марки М300 песок и щебень, полученные по

предлагаемой технологии, повышают прочность бетона при сжатии: в 7-дневном возрасте — на 11 %; в 28-дневном — на 11,8; при пропаривании — на 10,5 %. Прочность при сжатии тяжелого бетона марки М300 на песке и щебне, полученными по предлагаемой технологии, увеличивается в 7-дневном возрасте на 16 %; в 28-дневном — на 17 %; при пропаривании — на 18 %.

Как видно из данных таблицы (пп. 1,3), составы, приготовленные на песке и щебне Безменского карьера, полученными по существующей технологии, и составы (пп. 2 и 4) — на песке и щебне, полученными по новой, предлагаемой технологии, по качеству отвечают основным требованиям действующих стандартов. Приготовленные на основе заполнителей, переработанных по предлагаемой технологии (пп. 2, 4), мелкозернистый и тяжелый бетон после пропаривания и в 28-дневном возрасте имеют более высокую — на 11—18 % прочность по сравнению с бетонами, в которых использовали песок и щебень Безменского карьера, полученные по традиционной технологии.

## ПИСЬМО В РЕДАКЦИЮ

УДК 691.458.614.7

### К вопросу о позиции строителей в области экологической политики

Реальная возможность мировой экологической катастрофы заставила ученых всего мира объединить усилия в решении этой проблемы. Предотвращение катастрофы зависит от темпов проведения ряда взаимосвязанных мероприятий: охраны окружающей среды, уничтожения и захоронения отходов, разработки и внедрения безотходных и малоотходных технологий. Не вызывает сомнения необходимость комплексного решения всех этих сторон экологической проблемы.

В последние годы большие

средства государственного бюджета вложены в природоохранные мероприятия, появилось большое число различных комитетов и комиссий, большой резонанс получают всевозможные выступления «зеленых» и марши за чистоту атмосферы, почвы и водоемов. Какова отдача от всего этого? Хозяйственный «прессинг» на природу продолжается и даже, несмотря на спад производства, нарастает, так как в связи с конверсией и изменением международной обстановки уничтожению подлежит большое количество ра-

диоактивного, химического и других видов вооружения. Пессимисты пророчат экологический хаос через 50 лет, оптимисты удлинляют этот срок до 100. Объединяет их необходимость интенсивного внедрения вышеуказанных мероприятий в ближайшие 5—10 лет. Кто же обязан проводить экологическую политику в жизнь?

Вопросами экологии занимаются многие профильные научные институты и учреждения (Госкомприрода, институт «Ресурсосбережение», санэпидстанции, многочисленные НПО «Экология»). В

своей деятельности они опираются на специалистов в области химии, медицины, социологии и т. д. Это правильно и своевременно. В этом общереспубликанском хоре едва слышны голоса строителей. И это весьма существенное упущение вполне объяснимо их финансовой незаинтересованностью, что обусловлено неправильным распределением средств, выделяемых на экологические нужды. А ведь только строительная отрасль, отличаясь большой материалоемкостью, широкой номенклатурой строительных материалов, изделий и конструкций, способна переработать на полезный продукт практически любые промышленные отходы, снизив при этом потребление природного сырья. Иными словами, именно строительная индустрия может выступить в главной роли врачавателя больной природы.

И вот именно строители отстранены (или сами отстранились?) от участия в общереспубликанской политике, довольствуясь очень качественными, но частными решениями по утилизации отходов. Одним из примеров тому является разработка государственных стандартов и проведение международной и государственной стандартизации вторичных материальных ресурсов. Приказом Госстандарта РФ за № 262/217 от 15.09.92 г. для этих разработок создан технический комитет № 349 по стандартизации «Вторичные материальные ресурсы». Сейчас в стадии обсуждения Государственный стандарт «Технический паспорт отхода». И что же? Среди исполнителей и источников информации нет ни одного, относящегося к стройиндустрии — главного потребителя отходов. Отсюда и недостаток стандарта, который не адресован этому потребителю и не дает ему исчерпывающей информации.

В области экологической политики строителям пора занять более активную позицию, и все возможности у них для этого имеются. Ученые строительных вузов имеют много технических решений данного направления, однако отсутствие достаточного государственного финансирования вузов ставит под угрозу развитие этого важнейшего научного направления.

Кроме того, государственная политика в области экологии должна включать подготовку высоко-

образованных специалистов-экологов в области строительных материалов, основным направлением научной и практической деятельности которых будет использование отходов в производстве строительных материалов.

Поделемся опытом, который имеется на кафедре строительных материалов Самарского архитектурно-строительного института (СамАСИ). В течение многих лет коллектив ученых кафедры занимается изучением отходов. По результатам научных исследований опубликовано более 100 трудов, получено более 50 авторских свидетельств и патентов. Эти результаты внедрены не только в производство, но и в учебный процесс. Введен новый специальный курс «Долговечность и ресурсосбережение при производстве строительных материалов», читаемый студентам всех строительных специальностей.

Цель курса — убедить будущих специалистов, что природное сырье — не единственный источник материалов для стройиндустрии, дать знания по конкретным технологическим приемам использования промышленных отходов, развить их творческие способности

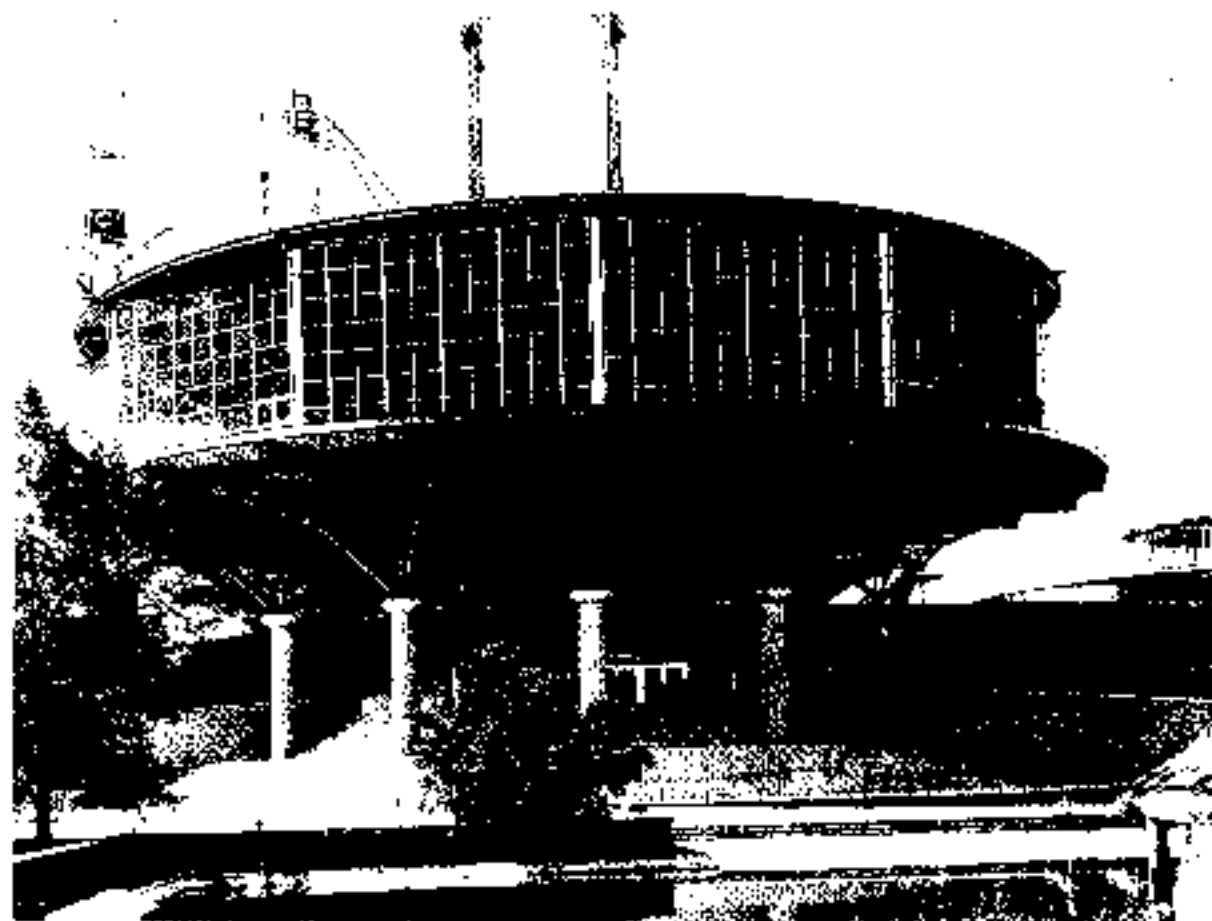
и инициативу в области принятия технических решений по замене природного сырья техногенным. Это весьма своевременно, так как сегодняшние студенты через 5—10 лет должны вершить строительную политику в условиях, когда столь неразумно эксплуатируемая нашим поколением природа не сможет дать строительному комплексу сырья в достаточном количестве и необходимого качества.

Коллектив кафедры «Строительные материалы» СамАСИ обращается к коллегам из других вузов, работникам Министерства экологии и природных ресурсов Российской Федерации, всем заинтересованным лицам с предложением обменяться на страницах журнала своим мнением по вопросам экологической политики, участия в ней строителей и другим поднятым здесь вопросам.

Зав. кафедрой строительных материалов СамАСИ,  
д-р техн. наук, проф.  
**Т. Б. Арбузова**  
И. о. профессора, доцент,  
канд. техн. наук  
**С. Ф. Коренькова**

### За рубежом

Повышение долговечности металлических рам с большой площадью остекления во многом определяется надежной защитой от коррозии. Для этого целесообразно использование специальных покрытий. На снимке: конструкция ограждения павильона фирмы «Мессе-Гинквер» (Германия), выполненная с антикоррозийным покрытием на основе лакового сырья фирмы «Байер»: Десмодир (грунтовка) и Десмокур (наружное покрытие).



УДК 691.311.002.5.004.67

Ю. В. ГЕРН, инж. (Гипростроммашина, Киев), Р. А. ФРИДМАН, инж. (Киевский завод строительных материалов), Ю. Д. НАЦИЕВСКИЙ, канд. техн. наук (НИИСМИ, Киев)

## Оборудование для производства перегородочных плит из гипсового вяжущего

Карусельная машина фирмы «Херн-Борн», производящая гипсовые перегородочные плиты на Киевском заводе строительных материалов, в 1955 г. была модернизирована институтом «Гипростроммашина» (тогда проектная контора треста «Строймехмонтаж») под выпуск стандартных пазовых плит. Были изготовлены 16 таких карусельных машин под индексом 636, большинство из которых работают на предприятиях строительных материалов и по настоящее время.

Для замены карусельных машин на действующих предприятиях институт разработал карусельную машину другой модификации — СМА-369. Она изготовлена Хмельницким заводом «Строммашина» и эксплуатируется на Комбинате стройматериалов в г. Бельцы. Машина предназначена для изготовления гипсовых перегородочных плит с повышенной точностью геометрических размеров с пазогребневой конструкцией стыков.

Применение изделий, изготавливаемых на карусельной машине, позволяет вести сборку из них перегородок «насухо», без кладочного раствора и штукатурки, и получать поверхность, готовую под окраску или оклейку обоями. Машина СМА-369 сконструирована на основе новых технических решений, защищенных авторским свидетельством № 1673451.

### Техническая характеристика машины СМА-369

Производительность	98,4 м <sup>2</sup> в 1 ч (310 шт в 1 ч)
Размеры изготавливаемых плит, мм:	
длина	800±2
ширина	400±1
толщина	80±0,5
Установленная мощность, кВт	15
Габариты машины, мм:	
длина	12800
ширина	6370
высота	3480
Масса, кг	22000

Операции по смазке машины автоматизированы.

Время твердения гипсовых плит можно регулировать в пределах 11—15 мин. Формовочная масса подается из гипсомешалки непрерывного действия, что обеспечивает большую производительность по формованию изделий, но не позволяет регулировать время твердения каждой пары залитых плит. В связи с этим в дальнейших разработках института применяли

тах производительностью от 10 до 150 м<sup>2</sup> в 1 ч. К таковым относятся следующие установки.

### Формовочная установка 03-90 (рис. 1)

Установка предназначена для формования гипсовых перегородочных плит по ГОСТ 6428—83. В ее состав входят: смеситель, блок формования, съемник, электрооборудование, гидрооборудование, смазочный агрегат.



Рис. 1. Формовочная установка 03-90

гипсомешалки периодического действия с весовыми дозаторами воды и гипса и стационарные кассетные формы. При такой конструкции формовочных машин получается более качественная сырьевая смесь и появляется возможность изменять время твердения изделий.

Специалистами Гипростроммашины, НИИСМИ, ВНИИстрома, ЦНИИЭПсельстроя проведены исследования по производству перегородочных плит на предприятиях строительных материалов, изучен зарубежный опыт изготовления аналогичных изделий. В результате комплексных работ создан ряд модификаций машин для формования плит пазогребневой конструкции способом литья в кассе-

В блоке формования смонтированы механизмы образования гребня и удаления отходов.

### Техническая характеристика формовочной установки 03-90

Производительность	10 м <sup>2</sup> в 1 ч (32 плиты в 1 ч)
Размеры изделий, мм:	
длина	667±2
ширина	500±1
толщина	80±0,5
Установленная мощность, кВт	15
Габариты установки, мм:	
длина	4300
ширина	3400
высота	6230
Масса, кг	8000

Формовочная установка 03-90 работает на Пешеланском гипсовом заводе.

Формовочная машина СМА-424 состоит из блока формования

(2 шт.); электрооборудования (1 комп.); гидрооборудования (1 комп.).

Формовочная масса заливается из смесительной установки СМА-429. Механизмы управляются в ручном или автоматическом режиме.

**Техническая характеристика формовочной машины СМА-424**

Производительность . . . . .	20 м <sup>3</sup> в 1 ч (64 изделия в 1 ч)
Размеры плит по ГОСТ 6428—83, мм:	
длина . . . . .	667±2
ширина . . . . .	500±1
толщина . . . . .	80±0,5
Установленная мощность формовочной машины, кВт . . . . .	12,45
Габаритные размеры, мм:	
длина . . . . .	6200
ширина . . . . .	2140
высота . . . . .	3220
Масса машины, кг . . . . .	10000

Формовочная машина 28-92Н/2 (рис. 2) входит в состав комплекса по производству гипсовых плит пазогребневой конструкции. Одновременно в машине формируется 20 плит. Одна смесительная установка может обслуживать до трех формовочных машин.

**Техническая характеристика формовочной машины 28-92Н/2**

Производительность . . . . .	57 м <sup>3</sup> в 1 ч (171 плита в 1 ч)
Размеры плит по ГОСТ 6428—83, мм:	
длина . . . . .	667±2
ширина . . . . .	500±1
толщина . . . . .	80±0,5
Габариты машины, мм:	
длина . . . . .	1400
ширина . . . . .	2370
высота . . . . .	5850
Масса машины, кг . . . . .	≈6000

Литьевой способ производства гипсовых плит требует больших энергозатрат на удаление лишней влаги. Кроме того, при испарении влаги в изделиях остаются поры, снижающие прочность плит.

Прессование гипсовых и гипсо-

бетонных изделий позволяет получать продукцию высокой прочности (10 МПа) без сушки, так как формовочная смесь содержит лишь то количество воды, которое необходимо для превращения гипса-полугидрата сульфата кальция в гипс-дигидрат.

Эффективность внедрения комплекса оборудования для производства строительных элементов по новой энергосберегающей технологии, рассчитанная как превышение оценки результатов от применения комплекса над стоимостной оценкой совокупных затрат ресурсов, за весь срок внедрения измеряется десятками миллионов руб. Текущие затраты на изготовление гипсовых перегородочных плит взяты по данным Киевского завода строительных материалов.

Гипростроммашинной разработано экспериментальное оборудование для прессования пазогребневых плит и стеновых камней 59-92/36.

**Техническая характеристика прессы показана в таблице.**

Техническая характеристика прессы	Показатель для	
	плит	камней
Производительность, м <sup>3</sup> в 1 ч	18	4,4
шт. в 1 ч	100	60
Размеры, мм	600×300×390×190×80	390×190×188

Примечание. Углия прессования — 240 т, габариты прессы — 1700×3100×5200 мм, масса — 8000 кг.

После отработки технологии прессования плит и состава формовочной массы с использованием местного сырья может быть разработана техническая документация на изготовление комплекса оборудования годовой производительностью до 110000 м<sup>2</sup>.

Кроме природного гипсового сырья, добываемого на Украине

(около 3 млн. т в год), для получения изделий можно применять промышленные отходы, прежде всего фосфогипс. Наполнителями могут служить золы и шлаки ТЭЦ, песок, сельскохозяйственные отходы, опилки и другие материалы.

В перспективе в качестве сырья можно будет применять искусственный гипс, получаемый из дымовых газов тепловых электростанций. Объемы его — не меньше, чем фосфогипса. Искусственный гипсовый камень содержит более 90 % CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O и является высококачественным сырьем для производства строительного и высокопрочного гипса.

### Зарубежная техника

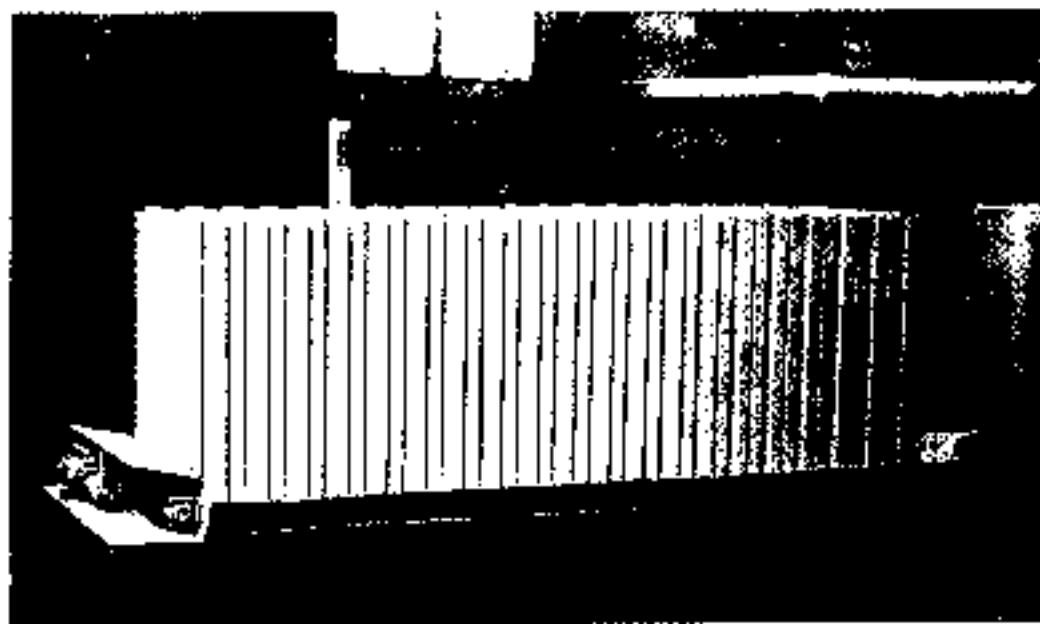
## Полиуретан для сантехнических изделий, армированный стекловолокном

Искусственные материалы типа оргстекла приобретают растущую популярность в изделиях сантехники. Однако основным недостатком пластика при изготовлении душевых и купальных ванн, баков для стирки и деталей стиральных машин является их недостаточная жесткость. Такие изделия могут быть упрочнены применением материала Байтек ГР, полиуретанового эластомера из сырья фирмы «Байер».

Эластомер, в который введены армирующие частицы стекловолокна, разбрызгивается непосредственно на обратную сторону деталей сантехники. Волокна длиной от 6 до 13 мм вводятся в распыляемую струю, как это обычно принято при напылении волокон.

Байтек ГР по сравнению с прежде используемыми системами армирования имеет два решающих преимущества: реакция протекает секунды, благодаря чему покрываемые армирующим слоем изделия могут подвергаться транспортировке уже через несколько минут, что делает возможным автоматизацию процесса. К тому же реакция происходит при комнатной температуре, что существенно снижает расход энергии. Дополнительные преимущества полиуретанового эластомера состоят в том, что он не содержит ни мягчителей, ни растворителей.

Рис. 2. Формовочная машина 28-92Н/2



Концепция развития цементной промышленности России в течение десятилетий основывалась на увеличении единичной мощности завода и в настоящее время средняя мощность составляет 1,5 млн. т в год. Однако в условиях складывающихся рыночных отношений крупные заводы испытывают серьезные трудности из-за большой зависимости от источников энергии, ресурсов, от транспорта. Кроме того, как свидетельствует практика, эксплуатация крупных цементных заводов приводит к нарушению экологии регионов.

Возник вопрос о необходимости строительства наря-

ду с крупными предприятиями малой мощности. Такие предприятия выгодны как утилизаторы отходов химической, металлургической, горно-добывающей промышленности. Актуальность малых заводов возросла с появлением вяжущих нового типа — ВНВ и ТМВ.

В публикуемой ниже статье описывается опыт строительства такого завода. Он строится на оборудовании, заимствованном из других отраслей промышленности, не в полной мере удовлетворяющей технологии цемента. Вопрос оснащения таких заводов оборудованием требует проработки совместно с машиностроителями.

УДК 646.9.63.011:858

А. Е. МЕЛЬНИКОВ (Кооператив «Мукрынский»), А. Ф. ПСАРЕВ (Проектный институт «Талдыкурганагропромпроект»)

## Из опыта строительства мини-цементного завода

В последнее время возникла необходимость в строительстве малых предприятий (до 100 тыс. т вяжущего в год) для удовлетворения потребности в цементе отдельных строительных организаций и небольших регионов. На таких предприятиях применяется чаще всего один передел — тонкий помол в шаровых мельницах гидравлически активных материалов с активизаторами и различными добавками с получением вяжущего гидротермального твердения, тонкомолотого цемента низкой водопотребности (ВНВ).

Вяжущие готовятся на основе гидравлически активных шлаков, цементного клинкера, товарного цемента. Однако эти материалы сами по себе являются дефицитными. Наиболее перспективны малые предприятия с полным технологическим циклом получения цемента. В этом случае используются широко распространенные природные сырьевые материалы и промышленные отходы. К сожалению, в стране заводы с объемом производства до 100 тыс. т давно не строятся и не изготавливаются специальное оборудование.

После технологической проработки кооперативно-строительное объединение «Семиречье» (г. Талды-Курган, Казахстан) начало строительство цементного завода с объемом производства до 40 тыс. т в год.

В основу технологии производства был положен обжиг методом просасывания (ОМП) на алгомерационной машине, предложенный Уральским политехническим институтом. Это позволило, во-первых, снизить капитальные затраты,

во-вторых, уменьшить земельный участок под застройку в 3 раза, в-третьих, применять для обжига дешевые виды топлива и уменьшить в 3 раза потребность в мазуте.

Разработку технологической схемы проводили с учетом того, что производственная площадка располагается в сельской местности вдали от крупных энерго- и электропоставщиков. Технологическая схема максимально упрощалась, снижалось количество сложного специального механического и электрического оборудования. В результате принята следующая схема производства.

Сырье со склада подается в расходные бункеры. Затем дозируется, подсушивается в сушильном барабане и измельчается в шаровой мельнице. Сырьевая смесь накапливается в бункере, откуда подается питателем в смеситель. Туда же дозируется предварительно подготовленный уголь. Смешанная с углем сырьевая смесь подается на гранулятор. Гранулированная шихта классифицируется на грохоте. Гранулы фракции 5—10 мм укладываются на ленту агломашин и обжигаются, а некондиционные гранулы возвращаются в смеситель и вновь на грануляцию.

Чтобы предохранить ленту агломашин от высоких температур, используется сырьевая смесь без угля с повышенным содержанием алюмосиликатного компонента. Для этого в технологическую схему включена линия подготовки подстилки: бункер, питатель, смеситель, гранулятор, грохот. После обжига цементный клинкер цепным элеватором подается в нако-

пительный бункер. Затем дозируется и вместе с добавками поступает на помол. Из мельниц цемент подается на хранение в силосные бункера.

В 1989 г. началась эксплуатация узла помола цемента и выпуск шлакового вяжущего. Исходными материалами были товарный портландцемент и шлак Джамбулского фосфорного завода. Содержание шлака в вяжущем довели до 40 % в зависимости от разновидности портландцемента. Вяжущее использовали на строительные нужды: изготовление фундаментов под оборудование, кладочные и штукатурные работы.

После монтажа агломашин и некоторого технологического оборудования в отделении подготовки сырья начали обжиг цементного клинкера с целью отработки состава сырьевой смеси по схеме: помол сырья на цементных мельницах, перевозка самосвалом в отделение подготовки, дозировка вручную сырьевых компонентов в смеситель. Из смесителя смесь транспортером подавалась в гранулятор и затем на агломашину. Дополнительная установка оборудования исключила ручную работу и позволила получать до 20 т цемента в сутки.

В качестве карбонатного компонента использовали известняковый щебень, который является отходом при подготовке известняка для обжига на известь в шахтных печах сахарных заводов. В качестве глинистого компонента применили местный суглинок. Топливом служит угольный шлак с размером частиц от 0 до 3 мм. Расчет состава сырьевой смеси проводился по данным химических анализов, проведенных в Уральском политехническом институте (г. Свердловск) и институте НИИ-стромпроект (г. Алма-Ата).

Обжиг смеси и ее корректировка проводились на агломашине в промышленных условиях. Контроль состава сырьевой смеси осуществлялся с помощью кальци-

метра по титру. Обжиг контролировали по внешнему виду спека и прочности образцов размером  $2 \times 2 \times 2$  см, приготовленных из клинкера, измельченного в лабораторной мельнице с добавками. Прочность полученного цемента определяли в растворах и бетонах. После испытаний цемент использовали в изготовлении шлакоблоков для продажи и строительных растворов, бетонов для собственных строительных нужд.

Экономические расчеты, проведенные до апреля 1991 г. с учетом практических данных, показали, что капитальные вложения составляют 134,15 р. на 1 т цемента. Это ниже норматива по отрасли, который составляет 147,22 р. на 1 т и рассчитан для крупных цементных заводов.

С точки зрения воздействия на окружающую среду новый завод выгодно отличается от существующих. Известно, что большие пылевывбросы являются отличительной особенностью цементных заводов. До 80 % всех пылевывбросов приходится на процесс обжига (259 кг пыли на 1 т клинкера). Это объясняется тем, что во вращающейся печи горячий воздух движется навстречу потоку тонкоизмельченного сырья, вынося из печи мелкие частицы, а при обжиге на агломашине воздух фильтруется через слой плотных сырьевых гранул. Пылевывделение агломашин составляет 2,2 кг на 1 т продукта\*. Такое малое пылевывделение позволило эксплуатировать агломашину в течение всего периода работы без системы пылеочистки.

В настоящее время на заводе получают вяжущее удовлетворительного качества.

По нашему мнению, способ получения цемента методом просасывания перспективен для строительства мини-заводов. По сравнению с технологией для вращающихся печей в 30—40 раз снижается потребление огнеупоров, металлоемкость ниже в 1,4—2 раза. Агломашину можно изготавливать везде, где имеется литейный цех. При этом используя набор простых однотипных деталей, можно изменять ее производительность в широких пределах. Незначительная тепловая инерция агломашин позволяет организовать работу производства в одну и две смены.

\* Защита атмосферы от промышленных загрязнений. Справочник под редакцией С. Килверта и Г. М. Ингиунда (пер. с англ.). — М.: Металлургия, 1988 г., часть 2.

## НОВЫЕ И УЛУЧШЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

УДК 691.27.69.815.22.668.71

Ю. Е. ПИВИНСКИЙ, д-р техн. наук (Фирма «Интерсил», г. Санкт-Петербург)

### Получение и свойства строительных кремнеземистых керамобетонов

Применительно к получению разнообразных строительных материалов существенный интерес могут представлять высококонцентрированные керамические вяжущие суспензии (ВКВС) кремнеземистого состава [1]. Первое сообщение о таких вяжущих было опубликовано автором в 1978 г., детальные исследования по технологии их получения, реологическим и вяжущим свойствам приведены в литературе спустя 2 г.

Принципиальная возможность получения строительных материалов с использованием ВКВС различных песков, перлитов была показана в работе ВНИИСтрома [2]. Однако применение ВКВС в промышленности строительных материалов (в отличие от технологии огнеупоров) длительный период было проблематичным. В самое последнее время перспектива широкого практического применения новых вяжущих стала очевидной, что следует и из данных статьи [3], посвященной освоению первой промышленной линии по получению строительных (стеновых) кремнеземистых керамобетонов. Важнейшей здесь оказалась разработка промышленного помольного агрегата с полупрерывным (пульсационным) режимом получения ВКВС [1, 4].

Основные технологические параметры получения ВКВС в мельницах с применением как металлических, так и немаetalлических мелющих тел соответствуют при этом таковым согласно изобретениям [5—7].

Как следует из опубликованных ранее данных [3], содержание вяжущего в керамобетонах составляет 32—35 % или по удельному расходу — около 700—750 кг на  $1 \text{ м}^3$  бетона, что, по крайней мере, в 2 раза выше, чем для получения цементно-песчаного бетона [8] — наиболее близкого аналога кремнеземистых керамобетонов. Между тем с учетом резкого (практически на 2 порядка за послед-

ние годы) повышения стоимости электроэнергии — основной статьи расхода при получении как ВКВС, так и керамобетонов — столь высокое содержание вяжущего в большинстве случаев сделает экономически неконкурентоспособными новые стеновые материалы по сравнению с традиционными (силикатным и глиняным кирпичом, цементно-песчаными блоками). Кроме того, керамобетоны с повышенным содержанием вяжущего характеризуются пониженной водостойкостью, склонностью к образованию высолов.

В связи с изложенным поставлена задача получения строительных кремнеземистых керамобетонов с применением как для ВКВС, так и заполнителей широко распространенных низкосортных (содержание  $\text{SiO}_2$  в пределах 70—80 %) кремнеземных песков при одновременном существенном уменьшении содержания в них вяжущего. Требуемые механические свойства виброформованных и высушенных образцов достигались непродолжительной (1 ч) их обработкой в раствора жидкого стекла плотностью  $1,06 \text{ г/см}^3$  [1]. Проведены также опыты по введению в формовочные смеси молотой силикат-глыбы [9].

В качестве одного из исходных материалов для получения ВКВС применяли кварц-полевощпатовый песок с содержанием, %:  $\text{SiO}_2$  — 80,3;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — 10,8;  $\text{Na}_2\text{O}$  — 4,0;  $\text{K}_2\text{O}$  — 2,5;  $\text{CaO}$  — 1,0;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — 0,9. Суспензию получали по технологии, описанной ранее [1], при конечном значении объемной концентрации твердой фазы  $C_v = 0,75$ . Зерновой состав ВКВС характеризовался кривой 1, рис. 1. В качестве вяжущего изучен и ряд других кремнеземистых ВКВС с существенно различными характеристиками.

В качестве заполнителей изучены близкие по химическому, но существенно различающиеся по зерновому составу пески, харак-

теризованные кривыми 2 и 3 на рис. 1. Для сравнительной оценки на том же рисунке по данным литературы приведен оптимальный состав песков [10], применяемых в качестве заполнителя для обычных строительных бетонов.

Формовочные смеси с переменными параметрами (содержание вяжущего и заполнителя, влажность смеси) готовили в лабораторном бегунковом смесителе. Формование образцов (кубов с ребром 4 и 7 см) осуществляли в стальных формах на лабораторном вибростенде с оптимальной (экспериментально установленной) амплитудой.

При выборе режимов виброформования учитывали прежде всего реологические свойства исходных ВКВС, оказывающие существенное влияние и на технологические свойства смеси. В частности, с учетом тиксотропно-дилатантного характера течения ВКВС, особенно на первой стадии формования, необходим выбор таких напряжений (усилий), которые бы обеспечили течения (уплотнения) системы при минимальной ее вязкости  $\eta_{\text{ж}}$  [1].

Попытки виброформования при постоянном вибропригрузе независимо от величины последнего не позволили получить образцы с расчетной пористостью 14—16 % — она в ряде случаев составляла 20—25 %. В связи с этим были разработаны режимы, предусматривающие изменение удельного давления и скорости нагружения в процессе формования. Как следует из рис. 2, режим приложения нагрузки  $P$  может быть как непрерывным, так и ступенчатым (кривые 1, 1'). Нагрузка может прикладываться как вначале (при  $t_0$ ), так и после частичного уплотнения без приложения давления (до  $t_1$ ).

Интервал значений приложенной удельной нагрузки может достигать одного-двух порядков. Несмотря на это, максимальные значения  $P$  для оптимальных режимов не превышают 0,02 МПа. Продолжительность процесса — не более 20—30 с.

Существенное влажностное разрыхление при получении формовочных смесей обуславливает достаточно высокое значение коэффициента сжатия  $K_{\text{сж}}$  — отношение высоты засыпки к таковой для полуфабриката [1]. В зависимости от ряда параметров  $K_{\text{сж}}$  находился в пределах 1,8—2,5.

Наиболее резкое уплотнение системы наблюдается в первые секунды формования (кривая 2, рис. 2). Эквивалентно этому изменяются показатели пористости (кривая 3). Прочностные же свойства свежеотформованного полу-

© Пивинский Ю. Е., 1993

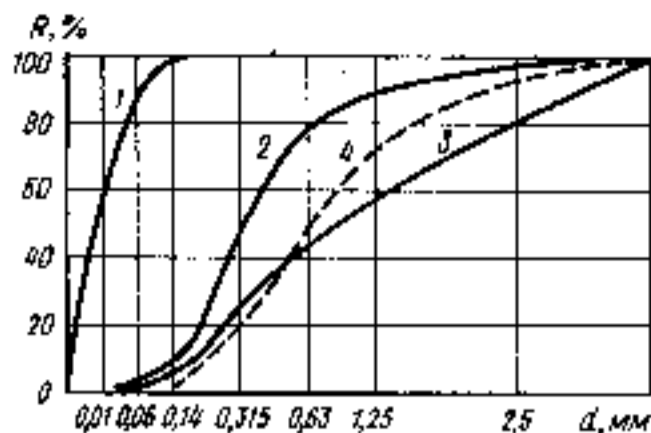


Рис. 1. Интегральные кривые зернового распределения твердой фазы исходной ВКВС (1), тонкозернистого (2) и крупнозернистого песка (3) и оптимальная кривая песков для обычных строительных бетонов (4)

фабриката («сырая» прочность) в значительной степени определяются конечными стадиями процесса. Следует отметить достаточно высокие значения прочности при сжатии  $\sigma_{\text{сж}}$  свежеотформованного полуфабриката, которая для оптимальных составов и режимов достигает 0,5—1 МПа.

По аналогии с процессами прессования и вибропрессования порошковых керамических масс [11] при виброформовании кремнеземистых керамобетонов исключительная роль принадлежит выбору оптимальной влажности. При проектировании составов смесей пользовались известным понятием степени заполнения пор системы жидкостью или коэффициентом насыщения  $K_n$  [1]. Момент, в который пористость полуфабриката стано-

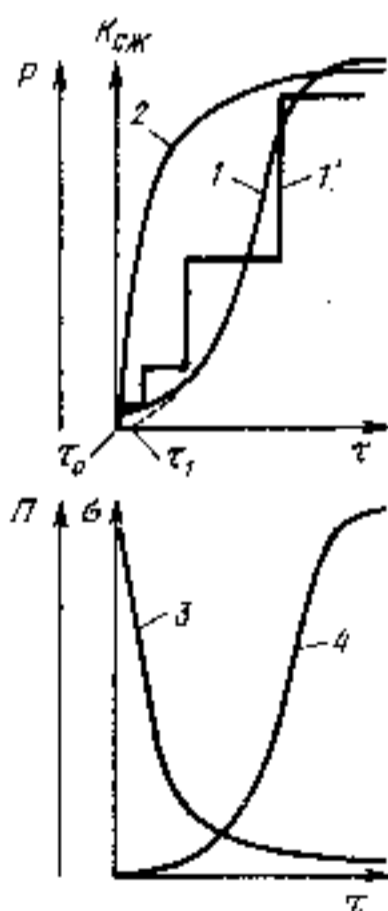


Рис. 2. Общий характер зависимости параметров процесса виброформования кремнеземистых керамобетонов от его продолжительности  $t$

1, 1' — режим приложения нагрузки  $P$ ; 2 — коэффициент сжатия массы  $K_{\text{сж}}$ ; 3 — пористость  $\Pi$ ; 4 — прочность полуфабриката  $\sigma$

вится равной объемному содержанию жидкости ( $K_n=1$ ), соответствует предельному уплотнению системы без удаления жидкости. Между тем, как правило, полуфабрикат характеризовался определенным содержанием защемленного воздуха (чаще всего до 1—2 %). В случае неоптимальных режимов виброформования отмеченное «недоуплотнение» может быть весьма существенным и достигать 8—10 %.

Характеристика технологически важных параметров изученных формовочных смесей и отформованных бетонов в сопоставлении с таковыми для цементно-песчаных бетонов, полученных на основе обработки известных литературных данных [11, с. 54], приведена на рис. 3 (ввиду определенной вариации изучаемых параметров, все характеристики исследованных масс представлены заштрихованной областью соответствующих значений). Очевидно, что формовочные смеси для получения керамобетонов характеризуются существенно меньшим водовязущим отношением и влажностью по сравнению с таковыми для цементно-песчаных бетонов. При этом сохраняется закономерное влияние крупности заполнителя (песка) — для крупных песков отмечаются пониженные значения показателей  $V/V_0$  и  $W_0$ .

В случае кремнеземистых керамобетонов с применением крупных песков представляется возможность значительного понижения доли вяжущего в системе. По аналогии существенная разница отмечается и для показателей объемной концентрации вяжущего в бетонной смеси (рис. 3, а). Так, при сравнимых показателях  $V/P C_0^*$  для керамобетонных масс более, чем в 1,5 раза выше, чем для цементно-песчаных. Характерны также высокие значения концентрации заполнителя в отформованном керамобетоне (рис. 3, г).

Приведенные максимальные значения  $C_{v,2}$  существенно (на 15—20 %) превышают соответствующие значения коэффициента упаковки  $K_{\text{уп}}$  исходных песков. Последнее свидетельствует о высоких технологичности смесей и эффективности виброуплотнения при формовании.

Известно [12], что в структуре обычных бетонов объем цементного камня на 4—7 % больше объема пустот в смеси заполнителей.

В результате изложенного делаем вывод, что при формовании керамобетонов можно получить материал с низким объемным содержанием влаги (рис. 3, д). С учетом безусадочности и негидратуемости материала при сушке и упрочнении объемное содер-

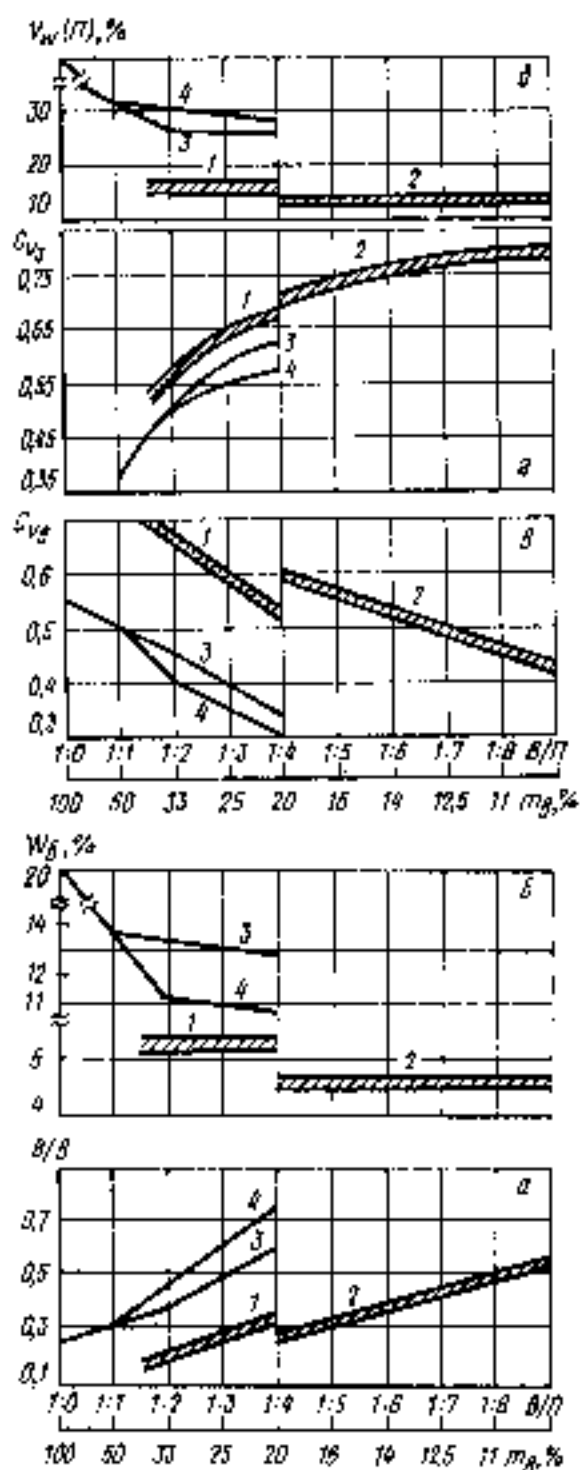


Рис. 3. Сопоставительная оценка влияния соотношения вяжущее:песок В/П (или массового содержания вяжущего  $m_v$ ) на характеристики формовочных систем для получения кремнеземистых керамобетонов (1, 2) и песчано-цементных бетонов (3, 4) с применением в качестве заполнителей крупных (1, 3) и мелкого (2, 4) песков; а — водовяжущее соотношение В/В; б — влажность бетонной смеси  $W_g$ ; в — объемная концентрация твердой фазы в вяжущем  $C_{v2}$ ; г — объемная концентрация заполнителя  $C_{v1}$  в бетоне; д — объемная концентрация жидкости в бетоне (потенциальная пористость керамобетона)  $V_n$  (II)

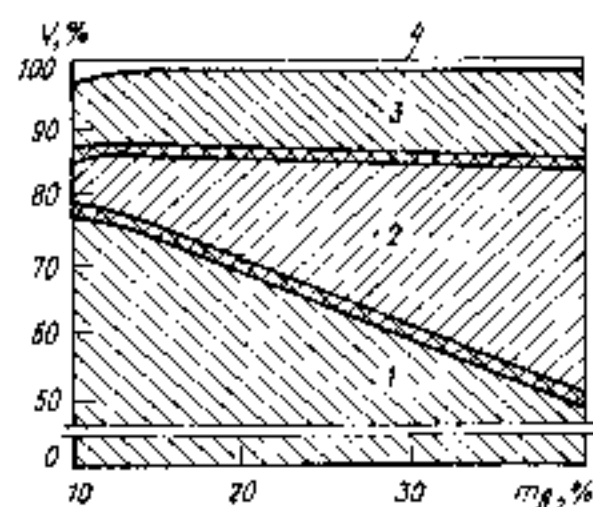


Рис. 4. Влияние содержания вяжущего  $m_v$  на изменение фазового состава кремнеземистых керамобетонов

1 — заполнитель; 2 — вяжущее; 3 — вода; 4 — заземленный воздух

жание жидкости эквивалентно определяет пористость бетона (без учета заземленного воздуха).

Таким образом, если в случае цементно-песчаных бетонов относительно низкая их пористость достигается в результате последующей (после формования) гидратации вяжущего, то в случае кремнеземистых керамобетонов — высокой концентрацией ВКВС, подбором оптимального состава и параметров процесса виброформования.

Взаимосвязь содержания вяжущего  $m_v$  с объемным фазовым составом керамобетонов показана на рис. 4 (граничные области с двойной штриховкой соответствуют области возможной вариации содержания фаз). В области бетонов с минимальным содержанием вяжущего несколько возрастает объемная доля заземленного воздуха.

Фазовый состав керамобетонов оказывает преобладающее влияние на их свойства (рис. 5). Если предел прочности при сжатии  $\sigma_{см}$  высушенных керамобетонов (область 1) в диапазоне  $m_v = 18-39\%$  незначительно изменяется по мере изменения содержания в бетоне вяжущего, то для упрочненных керамобетонов (область 2) в указанной области  $m_v$  эта разница весьма существенна. Причем наблюдается кажущаяся «аномальной» закономерность — чем ниже содержание вяжущего в керамобетоне, тем выше его прочность.

Расход вяжущего при получении керамобетонов по сравнению с данными работы [3] может быть уменьшен в 2—2,5 раза (рис. 6—8). Из данных рис. 6 видно, что по мере повышения  $m_v$  смеси показатель объемного содержания заполнителя в бетоне  $K_{уп}^3$  (или  $C_{v2}$ ) увеличивается с 0,52 до 0,69. С учетом зернового состава заполнителя, характеризующегося удельной поверхностью  $S \approx 150 \text{ см}^2/\text{г}$  (кривая 2, рис. 1), рассчитанные в соответствии с известными положениями [8] показатели ориентировочной толщины пленки вяжущего в контактной зоне  $\delta$  бетона в указанной области  $m_v$  уменьшаются с 25 до 5 мкм. В соответствии с этим по мере уменьшения показателей  $m_v$  (или, что аналогично,  $\delta$ ) увеличиваются показатели  $\sigma_{см}$  для упрочненного бетона (кривая 3) и коэффициент упрочнения  $K_{уп}$  — отношение прочности после упрочнения к исходной (кривая 4).

Механизм рассмотренной аномалии, по нашему мнению, состоит в следующем. По мере концентрирования формовочной смеси и уменьшения зазоров между зернами заполнителя в процессе уплотнения осуществляется «выжимание» крупных частиц ВКВС с кон-

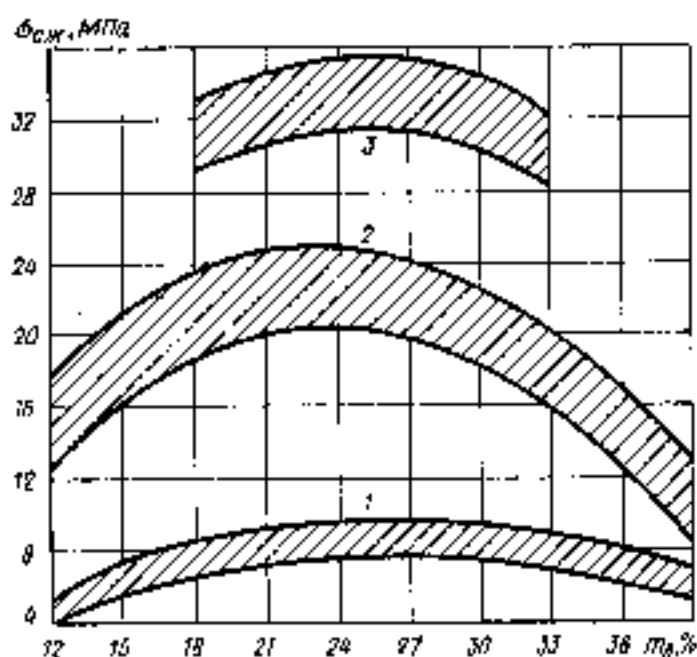


Рис. 5. Влияние содержания вяжущего  $m_v$  на показатели предела прочности при сжатии кремнеземистых керамобетонов в исходном (высушенном) состоянии (1), после кратковременного упрочнения (2), в высушенном состоянии после 2—3 циклов продолжительного (5—10 сут) насыщения водой

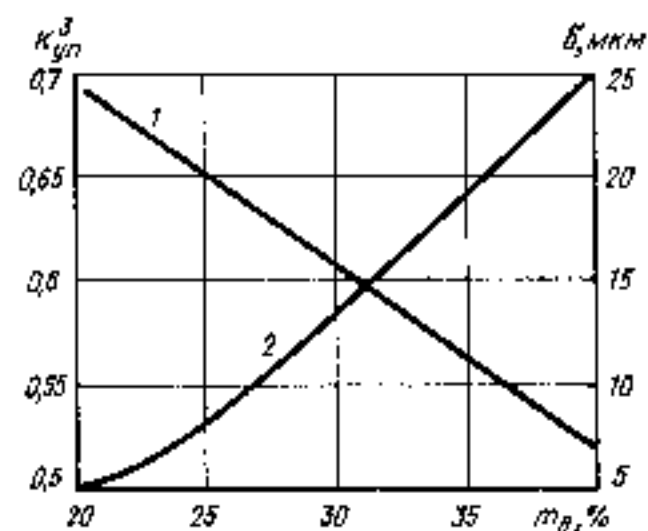


Рис. 6. Влияние содержания вяжущего  $m_v$  на показатели коэффициента упаковки заполнителя  $K_{уп}^3$  (1), среднего зазора между зернами заполнителя  $\delta$  (2).

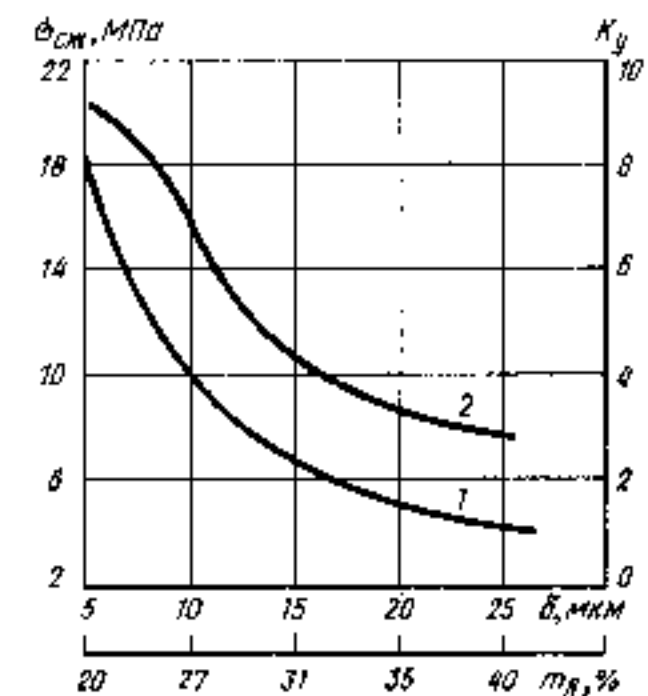


Рис. 7. Влияние  $\delta$  и  $m_v$  на предел прочности при сжатии  $\sigma_{см}$  (2) и коэффициент упрочнения  $K_{уп}$  (1) кремнеземистых керамобетонов на основе мелкозернистых песков



тактной зоны в поровое межзеренное пространство. В области низких значений  $m_2$  даже усредненные показатели  $\delta$  находятся в пределах 5—10 мкм. Фактические же значения, как выяснено микроструктурными исследованиями, в отдельных участках еще меньше. Поэтому справедливо допустить, что в контактной зоне концентрируются частицы с размером менее 2—3 мкм. При повышении же значения  $m_2$  (или  $\delta$ ) в этой зоне фиксируются частицы и значительно большего размера, приближаются к зерновому составу исходной ВКВС (рис. 8).

Таким образом, при различных значениях  $m_2$  (или  $\delta$ ) бетонов в структура последних формируются существенно отличающиеся по дисперсности контактные зоны. Между тем дисперсность материала отливки (вяжущего) [13] оказывает существенное влияние на кинетику упрочнения, осуществляемого посредством обработки в щелочных растворах.

Прочностные свойства керамобетонов в существенной мере определяются прочностью контактных связей и преимущественно этим обстоятельством можно объяснить установленную «аномальную» закономерность. Таким образом, и в случае керамобетонов подтверждается известное для обычных бетонов правило — в качественном бетоне расход цементного теста должен быть минимальным, но достаточным [12].

Принципиально важной характеристикой рассматриваемых материалов является их водостойкость. Последняя в значительной степени определяется не только технологией, структурой материала, но и методикой испытания. Среди технологических факторов наиболее значимыми являются содержание вяжущего, пористость полуфабриката и условия упрочнения (прежде всего, температура обработки). Так, установлено [13], что прочностные свойства материала в водонасыщенном состоянии существенно улучшаются, когда их обработка (упрочнение) осуществлялась при повышенных температурах. Это объясняется повышенной растворимостью  $SiO_2$  и формированием более прочных и водостойких контактных заполимеризованных связей в структуре материала.

В соответствии с рекомендуемыми методами [14] водостойкость определяли как посредством оценки коэффициента размягчения  $K_p$  (отношение  $\sigma_{сн}$  в насыщенном состоянии к исходному), так и коэффициента, представляющего собой отношение прочности образцов, высушенных до постоянной массы после насыщения водой, к исходной прочности контрольных

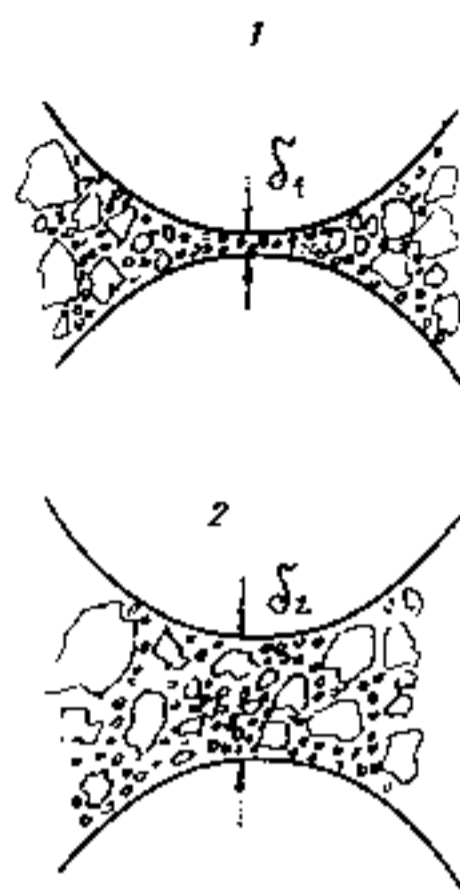


Рис. 8. Структура контактной зоны кремнеземистых керамобетонов при низком (1) и повышенном (2) содержании вяжущего

Исходные компоненты	Объемная доля вяжущего в формовочной смеси	Пористость, %	Предел прочности, МПа	
			при сжатии	при изгибе
<b>Исходное вяжущее</b>				
Тридимито-кристобаллитовый компонент (0,1—0,63 мм)	0,25	—	—	—
Высокодисперсный кварц (из ВКВС)	0,48	31,5	102	24,2
Вода	0,27	(38)	(58)	(18,2)
<b>Песчаный бетон</b>				
Тридимито-кристобаллитовый компонент	0,2	—	—	—
Высокодисперсный кварц (из ВКВС)	0,25	—	—	—
Рядовой мелкозернистый песок (0,1—0,6 мм)	0,34	25	123	25,5
Вода	0,21	(31)	(83)	(23)
<b>Бетон с крупным заполнителем</b>				
Кварцит (5—10 мм)	0,52	—	—	—
Тридимито-кристобаллитовый компонент	0,1	—	—	—
Высокодисперсный кварц (из ВКВС)	0,12	11	170	—
Рядовой песок	0,16	—	—	—
Вода	0,1	—	—	—

Примечание. В скобках приведены сопоставимые значения свойства соответствующих материалов для обычного случая их получения (с применением сухоземельного кварцевого песка вместо ВКВС).

образцов  $K_p$ . Он характеризует способность материала восстанавливать свою прочность при последующем высушивании.

Испытания на определение коэффициента размягчения  $K_p$  осуществляли на образцах, подвергнутых однократной 5-суточной выдержке в воде, объем которой в ванне примерно соответствовал объему образцов. В зависимости от состава и режимов упрочнения для образцов оптимального состава  $K_p$  находился в пределах 0,55—0,9.

Образцы керамобетонов, полученные с добавкой 0,5—1,5 % общей массы измельченной силикат-глыбы [9] без дополнительной обработки в щелочном растворе, отличались существенно меньшим значением  $K_p=0,3—0,5$ . Другую партию образцов испытывали на циклическое водонасыщение (5—7 сут.) с последующими сушкой и повторным насыщением в том же растворе. После двух-трех таких циклов испытывая прочность образцов как в насыщенном, так и в высушенном состоянии. Вследствие такой циклической обработки (моделирующей возможные условия эксплуатации материалов) возрастали показатели прочности образцов как в насыщенном, так и в высушенном состоянии:  $K_p$  возрос до 0,9—0,95, а значения коэффициента  $K_s$  достигали 1,5—1,8.

Таким образом, продолжительное циклическое водонасыщение не только не приводит к разупрочнению материала, но и обуславливает значительный рост прочности, что следует из данных рис. 5 (область 3).

Отмеченный «аномальный» эффект вполне объясним тем фактом, что при циклическом водонасыщении и сушке происходят те же самые процессы растворения-конденсации, которые и обуславливают упрочнение материалов по УХАКС-механизму [1, 14]. С учетом небольшого объема раствора при насыщении последний, вследствие отложенной в порах материала щелочи, становится щелочным ( $pH \approx 10,5—11$ ), что и обеспечивает дальнейшее упрочнение бетона по УХАКС-механизму.

Следует полагать, что при увеличении продолжительности циклирования прочность материалов будет еще больше возрастать и прочность водонасыщенного материала окажется большей, чем исходного ( $K_p > 1$ ). Указанное предположение основано на результатах исследований кинетики упрочнения отливок на основе ВКВС кварцевого песка с заполнителем из того же песка. Весьма существенное упрочнение таких отливок наблюдается при длительных (до 60 сут) выдержках в щелочных

растворах. Если показатели  $\sigma_{изг}$  изученных образцов после обработки при  $t=1$  ч составляли 6 МПа, то при  $t=60$  сут — 33 МПа.

На основе ВКВС кремнеземных композиций могут быть получены безобжиговые материалы с существенно большей прочностью, чем названные выше показатели. Последнее достигалось различными путями: применением более чистых (с высоким содержанием  $SiO_2$ ) материалов, увеличением продолжительности упрочнения в растворах, с помощью гидротермальной обработки или сочетания упрочнения в растворах с гидротермальной обработкой и т. д.

Вязущие на основе кварцевых песков могут эффективно применяться в промежуточной для получения керамобетона и кремнебетона технологии [1], сущность которой заключается в том, что в составе кремнебетона применяемый обычно порошок кварцевого песка сухого помола (с водопотребностью 25 %) заменяют тем же количеством  $SiO_2$ , вводимого в виде ВКВС кварцевого песка (с влажностью 12—15 %). Как следует из данных таблицы\*, это при-

водит к существенному понижению пористости и росту прочности как вяжущего, так и бетонов на его основе. Одним из преимуществ таких бетонов является их высокая водостойкость ( $K_p$  — в пределах 0,9—0,95).

Таким образом, на основе ВКВС недефицитных композиций можно получать безобжиговые строительные материалы — аналог обычных цементных бетонов. Доля вяжущего в новых бетонах может быть снижена до 300—400 кг/м<sup>3</sup>.

При дальнейшем развитии промышленной технологии кремнеземистых керамобетонов последние могут оказаться вполне конкурентоспособными не только применительно к получению химически стойких материалов, но и в ряде традиционных областей применения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пивинский Ю. Е. Керамические вяжущие и керамобетоны. — М.: Металлургия, 1990.
2. Научно-технический отчет ВНИИСТРОИМ. П. П. Будникова по теме: «Исследования по разработке технологии изделий на основе нового кремнеземистого вяжущего». — Красково, 1978.
3. Производство безобжиговых строительных материалов на основе кремнеземистых суспензий / М. А. Трубицын, И. И. Навал, Ю. И. Але-

шин и др. // Строит. материалы. 1993. № 1.

4. Пивинский Ю. Е., Трубицын М. А. Огнеупорные бетоны нового поколения. Безцементные бетоны // Огнеупоры. 1990. № 9.
5. А. с. № 771052 (СССР). Способ изготовления строительных изделий / Ю. Е. Пивинский, Ю. Л. Спирин, Х. С. Воробьев // Б. И. 1980. № 38.
6. А. с. № 992487 (СССР). Способ получения минерального вяжущего / П. Л. Митякин, Ю. Е. Пивинский, А. К. Пургин // Б. И. 1983. № 4.
7. А. с. № 1204260 (СССР). Способ получения минерального вяжущего // А. Д. Осипов, Ю. Е. Пивинский, Ю. Р. Седых, В. Л. Титов // Б. И. 1986. № 2.
8. Божанов Ю. М. Технология бетона. — М.: Высшая школа, 1978.
9. Горлов Ю. П., Меркин А. П., Зейфман М. И., Тотурбиев В. Д. Жаростойкие бетоны на основе композиций из природных и техногенных стекол. — М.: Стройиздат, 1988.
10. Строительные материалы. Справочник. Под ред. А. С. Болдырева, П. П. Золотова. — М.: Стройиздат, 1989.
11. Попильский Р., Я., Пивинский Ю. Е. Прессование порошковых керамических масс. — М.: Металлургия, 1983.
12. Божанов П. И. О формировании термических характеристик полидисперсных искусственных материалов // Строит. материалы. 1992. № 4.
13. Пивинский Ю. Е. О некоторых закономерностях упрочнения безобжиговых материалов посредством химического активирования контактных связей // Огнеупоры. 1983. № 9.
14. Буров Ю. С., Колокольников В. С. Лабораторный практикум по курсу «Минеральные вяжущие вещества». — М.: Стройиздат, 1988.

\* Работа проведена автором совместно с В. П. Кирилинским в 1979 г.

В. П. СРЕЛКОВ, В. П. ПАНОВ, Ю. М. НОВИКОВА (ВНИИдрев)

## Древесно-волокнистые плиты средней плотности

В последние годы одной из наиболее интенсивно развивающихся отраслей деревообрабатывающей промышленности за рубежом стало производство древесно-волокнистых плит (ДВП) средней плотности.

ДВП средней плотности обладают высокими потребительскими свойствами, что делает их одним из наиболее перспективных современных материалов для строительства и изготовления мебели. Плиты обрабатываются как натуральная древесина высокого качества, не имеющая сучков и трещин; подвергаются различным видам механической обработки, хорошо удерживают шурупы и гвозди и крепятся теми же способами,

как и обычная древесина. Они имеют гладкую с обеих сторон поверхность, пригодную для различных видов отделки — окраски, ламинирования, фанерования, тиснения и др. Плиты могут изготавливаться как плоскими, так и профилированными и с текстурной поверхностью, имитирующей натуральную древесину и другие материалы.

Наблюдается два основных направления применения ДВП средней плотности — строительство, особенно малоэтажное домостроение, и мебельная промышленность. Этот материал может использоваться как для полной обшивки домов, так и для декоративной отделки отдельных частей

дома, установки экранов, настила полов и др., может успешно конкурировать с обшивками из алюминия, стали, пластмасс, фанеры и брусчатого материала. В зарубежной практике плиты средней плотности широко используются для изготовления оконных створок, заливочных блоков, плинтусов и наличников.

Применение ДВП средней плотности для изготовления и отделки фасадных и других элементов мебели позволяет получать высококачественные изделия, отвечающие мировым стандартам и современным эстетическим требованиям. Такая мебель конкурентоспособна на внешнем рынке и превосходит традиционную отечест-

венную, изготавливаемую на основе древесно-стружечных плит.

Сфера применения ДВП средней плотности быстро расширяется. В настоящее время в мире выпускается более 7 млн. м<sup>3</sup> таких плит в год, число заводов по их изготовлению постоянно возрастает.

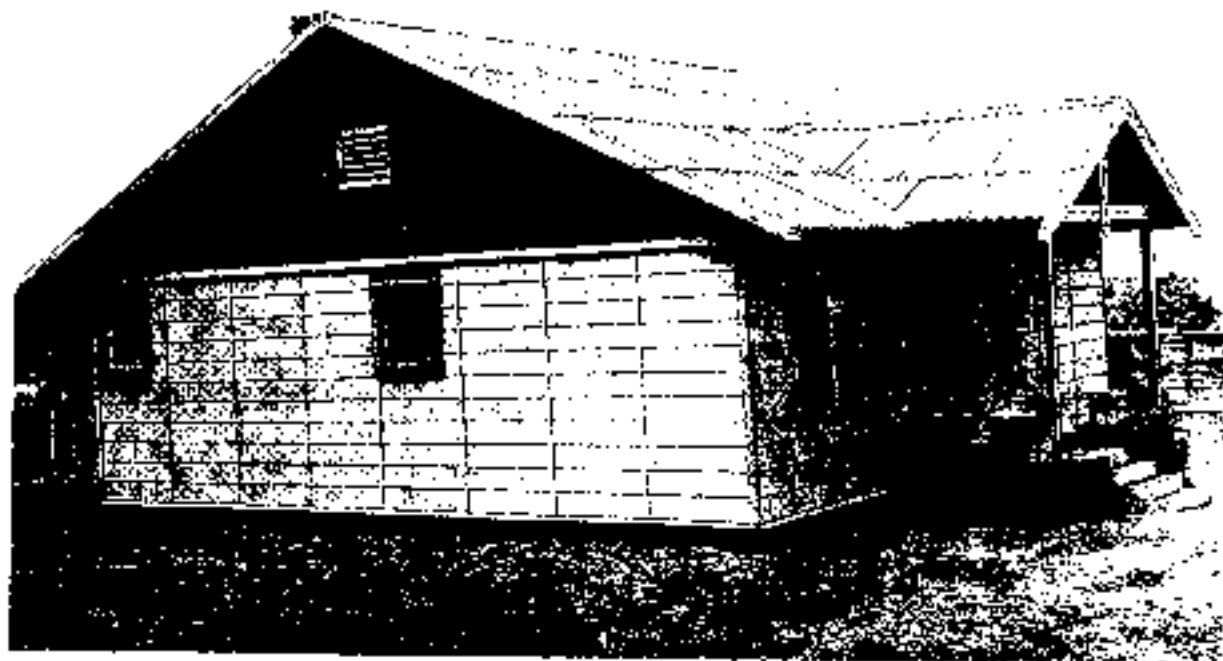
В России и странах СНГ мощностей по выпуску ДВП средней плотности практически до сих пор нет. Приобретенные за рубежом отдельные линии громоздки и дороги. Закупки оборудования и готовых плит по импорту в настоящее время не производятся. В то же время на многих деревообрабатывающих предприятиях скапливаются отходы, являющиеся ценным сырьем для получения высококачественных плитных материалов.

Всероссийским научно-исследовательским институтом деревообрабатывающей промышленности (ВНИИдрев) совместно с рядом крупных предприятий и организаций машиностроения разработаны технология и комплекты оборудования малой мощности для производства ДВП средней плотности толщиной 10—20 мм.

В настоящее время институт принимает заявки на поставку и установку «под ключ» комплектов оборудования мощностью 10—15 тыс. м<sup>3</sup> плит в год, предназначенных для деревообрабатывающих предприятий, имеющих 20—30 тыс. м<sup>3</sup> древесных отходов в год. Стоимость комплекта (по ценам на ноябрь 1992 г.) в 20 раз дешевле импортного. Срок окупаемости оборудования — 2,2 года. К изготовлению оборудования привлекаются предприятия оборонного комплекса. Начиная с 1994 г. планируется вводить в действие по пять комплектов ежегодно.

Для изготовления плит могут использоваться любые древесные отходы — стружка, опилки, отходы фанерного производства, низкосортная листовая древесина, макулатура и т. п. В качестве связующего применяется карбамидно- или фенолоформальдегидная смола.

Физико-механические свойства получаемых плит могут варьироваться в широких пределах в зависимости от состава сырья, степени помола древесно-волоконистой массы, вида связующего, температуры прессования и других технологических факторов.



Строительство панельного дома с наружной обшивкой из ДВП средней плотности

**Физико-механические показатели  
ДВП средней плотности**

Предел прочности при статическом изгибе, МПа . . . . .	19—35,5
Предел прочности при растяжении перпендикулярно плас- ти, МПа . . . . .	0,25—0,95
Водопоглощение за 24 ч, % . . . . .	39,4—62
Разбухание, % . . . . .	6—25,8
Плотность, кг/м <sup>3</sup> . . . . .	700—800

Равновесная влажность плит 6—7 % при относительной влажности воздуха 35 % и 11—13 % при влажности воздуха 85 %, что значительно меньше, чем у натуральной древесины.

Технология испытана и отработана на Балабановской экспериментальной фабрике и Селецком ДОКе. Опытно-промышленные партии плит прошли испытания в конструкциях мебели и в качестве внутренней и наружной обшивки деревянных панельных домов и материалов для настила полов.

В комплект включено как серийное и освоенное оборудование, так и нестандартное или дорабатываемое применительно к условиям производства ДВП средней плотности.

В состав технологической линии входят:

рубительная машина, бункер и сортировка щепы, дезинтегратор и другое оборудование участка изготовления щепы (выпускается серийно);

гидромойка щепы (на базе освоенных промышленностью вариантов);

установка горячего размола щепы УГР-02-2 (изготавливалась серийно, требует доработки технической документации);

одноступенчатая труба — су-

шилка древесного волокна с газомазутной топкой и системой искрообнаружения производительностью 2,5 тыс. кг/ч (в стадии разработки). Аналогична сушилкам конструкции ВНИИдрев производительностью 5 тыс. кг/ч (работает на Шекснинском заводе ДВП);

система автоматического дозирования связующего, отвердителя и парафина (разработана, готовится к серийному изготовлению); вакуум-формирующая машина с ленточно-валковым подпрессовщиком и главный конвейер (аналогичны действующим в ПДО «Киевдрев»);

смеситель волокна и отвердителя (модифицированный вариант из числа применяемых в производстве ДСП);

четырёхэтажный пресс с загрузочно-разгрузочными этажерками, бесподдонным способом загрузки ковров и греющими плитами размерами 2100×3800×140 мм (дорабатывается техническая документация);

форматно-обрезной станок (готовится к серийному изготовлению);

линия ДЛШ-190 для шлифования плит (готовится к серийному изготовлению);

системы пылеулавливающих установок с рукавными фильтрами производительностью 15 и 60 тыс. м<sup>3</sup>/ч (прошли испытания, готовятся к серийному изготовлению);

система очистки воздуха от формальдегида с помощью водяных скрубберов производительностью 50 тыс. м<sup>3</sup>/ч (проходит промышленные испытания).

Толщина готовых плит — 10—

20 мм, формат 1750×3500 мм. Размеры здания для размещения основного технологического оборудования: длина — 100—120 м, ширина — 18—24 м, высота до ферм — не менее 6 м. Для работы линии необходимо иметь насыщенный пар давлением 8—10 атм.

Основные технико-экономические показатели комплектов в расчете на 1 год (режим работы — трехсменный)

Мощность, тыс. м <sup>3</sup>	15
Выпуск продукции (в ценах на ноябрь 1992 г.), млн. р.	250
Полная себестоимость продукции, млн. р.	160
Прибыль, млн. р.	90
Рентабельность производства, %	56
Списочное число работающих, чел.	64
Мощность токоприемников, кВт	3600
Расход электроэнергии, тыс. кВт·ч	10400
Потребление пара, т	17300
Потребление воды, тыс. м <sup>3</sup>	4,6
Потребление тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, Гкал	12900
Потребление тепла на технологические нужды, Гкал	65
Потребление топлива, т усл. топлива в том числе на технологические нужды	9880 1680
Сметная стоимость строительства (в ценах на ноябрь 1992 г.), млн. р. в том числе оборудования	200 150

Комплекты будут поставлять по хозяйственным договорам с оказанием полного комплекса услуг по внедрению, включая составление технического предложения, нормативно-технической документации, разработку ТЭО и проектно-сметной документации, изготовление и поставку оборудования, освоение производства. Предусмотрено долевое участие заказчика в завершении проектирования нестандартного оборудования.

С целью более оперативного использования разработки ВНИИ-древ приглашает предпринимателей, имеющих свободные капиталы, для организации совместных производств по выпуску древесноволокнистых плит средней плотности на базе действующих промышленных предприятий, имеющих сырьевые ресурсы и свободные производственные мощности.

Наш адрес: 249000,  
г. Балабаново Калужской обл.,  
пл. 50 лет Октября, 1,  
ВНИИдрев.

Телефоны: (08458) 2-11-79 —  
зам. директора Стрелков  
Виталий Петрович;  
2-16-38 или 2-16-67 —  
ведущий научный сотрудник  
Панов Виктор Петрович.

Телетайп 183454 «Фотон».

## КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

УДК 666.7.012:621.3.095

В. П. АВДЕЕВ, канд. техн. наук, Н. И. БОЙКО, канд. техн. наук (ВИСИ)

### Проверка возможности радиоволнового поляризационного метода контроля качества строительных материалов

В поиске надежных методов контроля качества строительных материалов [1] авторы обратили внимание на радиоволновый метод, основанный на облучении испытываемых образцов и измерениях и анализе параметров рассеянной волны. Привлекательность этого метода в том, что взаимодействие с испытываемым образцом осуществляется с помощью электромагнитного поля, а какое-либо механическое взаимодействие исключается.

Известно, что параметры рассеянной электромагнитной волны зависят как от параметров падающей волны, так и от многих характеристик объекта, на котором произошло рассеяние, размеров, конфигурации, значений электропроводности, диэлектрической и магнитной проницаемости и др. Эта зависимость является сложной и многогранной, что не позволяет сделать однозначного вывода об эффективности радиоволнового метода контроля качества строительных материалов. Необходима экспериментальная проверка возможностей этого метода применительно к различным видам материалов и изделий, подбор таких условий проведения измерений и способов обработки результатов, которые бы позволили наилучшим образом судить о качестве исследуемых образцов.

Целью эксперимента, описываемого в статье, является проверка возможности определения качества керамической плитки на основе измерения энергетических и поляризационных параметров отраженной электромагнитной волны в диапазоне сверхвысоких частот.

Рассмотрим связь показателей качества керамической плитки с параметрами отраженной волны. Пусть плитка установлена так, что одно из ребер ориентировано вертикально и на ее лицевую грань падает электромагнитная волна вертикальной поляризации. Из теории радиолокации известно [2], что если вертикальная симметрия

плитки не нарушена (к этому классу плиток относятся качественные образцы), то поляризация отраженной волны будет вертикальной и горизонтально поляризованная составляющая будет отсутствовать.

Всякое нарушение вертикальной симметрии, вызванное короблением плитки, сколами, трещинами и другими причинами, должно вести к появлению горизонтально поляризованной составляющей в отраженной волне. Причем, чем значительнее нарушение симметрии, тем интенсивнее должна быть горизонтально поляризованная составляющая. Сдвиг фаз между горизонтально и вертикально поляризованными составляющими в отраженной волне зависит от условий формирования этих составляющих и может нести дополнительную информацию о характере нарушения симметрии плитки, т. е. о характере ее дефекта.

Поскольку связь между показателями качества керамической плитки и параметрами отраженной волны носит сложный характер, практически не поддающийся аналитическому описанию, то возможности рассматриваемого метода контроля качества могут быть изучены следующим образом. Изменяются параметры отраженной волны для большого числа плиток, соответствующих заранее определенным классам качества, например: плитка без брака; покоробленная; со сколами и другим. Если в пространстве параметров отраженной волны или в некотором его подпространстве, полученном путем отбрасывания неинформативных параметров, точки, соответствующие плиткам этих классов качества, образуют непрерывные или почти непрерывные области, то данный метод может быть использован для классификации плитки по выбранным классам качества.

Структурная схема установки для проверки возможностей рассматриваемого метода контроля ка-

чества приведена на рис. 1. Установка работает следующим образом.

Генератором 1 генерируется сверхвысокочастотный сигнал в диапазоне длин волн  $\lambda=3$  см мощностью 50 мВт. Этот сигнал поступает на разделитель мощности 2, где расщепляется между его выходами примерно поровну. Одна часть этого сигнала поступает на антенну 3 вертикальной поляризации и через открытое пространство облучает исследуемый образец керамической плитки 4. Отраженный от плитки сигнал принимается приемной антенной 5, не обладающей поляризационной селекцией, и поступает на поляризационный расщепитель 6, где выделяются вертикально  $E_v$  и горизонтально  $E_r$  поляризованные компоненты сигнала. Эти компоненты поступают на волноводные измерительные линии 7, 8. На вторые входы этих линий подаются опорные сигналы  $E_{оп.в}$ ,  $E_{оп.г}$ . Опорные сигналы поступают с генератора 1 через разделитель мощности 2, аттенюатор 9 и двойной волноводный Г-мост 10. Уровень опорных сигналов устанавливается на 20—30 дБ ниже уровня сигнала в передающей антенне, что способствует повышению чувствительности установки. Волноводный мост 10 совместно с согласованной нагрузкой 11 служит для развязки измерительных линий со стороны источника опорных сигналов.

Принятые сигналы  $E_v$ ,  $E_r$  совместно с опорными сигналами  $E_{оп.в}$ ,  $E_{оп.г}$  образуют в волноводных линиях 7, 8 стоячие волны. С помощью стрелочных индикаторов 12, 13 посредством перемещения зондов определяются положения и величины максимумов и минимумов стоячих волн в измерительных линиях. По этим параметрам известным способом [3] рассчитываются амплитуды  $E_v$ ,  $E_r$  и фазы  $\varphi_v$ ,  $\varphi_r$  сигналов  $E_v$ ,  $E_r$ . Далее находится амплитуда отраженного сигнала

$$E = \sqrt{E_v^2 + E_r^2},$$

амплитудный поляризационный параметр

$$r = E_r/E_v,$$

фазовый поляризационный параметр

$$P = \varphi_r - \varphi_v.$$

Причем, амплитуду  $E$  отраженного сигнала удается определить в относительных единицах, а фазовый поляризационный параметр  $P$  — с точностью до постоянного слагаемого. Однако отмеченные обстоятельства не препятствуют решению задачи классификации керамической плитки по ее качеству.

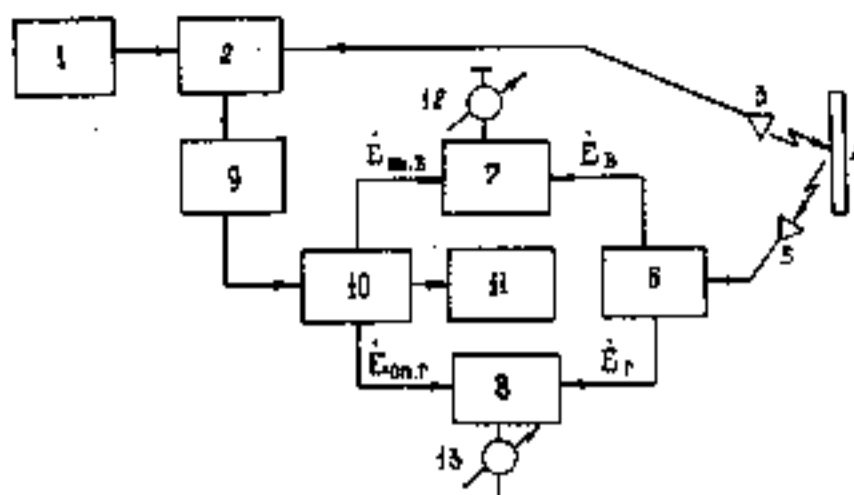


Рис. 1. Структурная схема лабораторной измерительной установки

1 — генератор; 2 — разделитель мощности; 3 — передающая антенна; 4 — керамическая плитка; 5 — приемная антенна; 6 — поляризационный расщепитель; 7, 8 — волноводные измерительные линии; 9 — аттенюатор; 10 — волноводный мост; 11 — согласованная нагрузка; 12, 13 — стрелочные индикаторы

С помощью описанной установки были измерены параметры  $E$ ,  $r$ ,  $P$  сигналов, отраженных от набора керамических плиток размером  $15 \times 15$  см различного качества, соответствующего классам: 1) плитка без брака; 2) покоробленная плитка, с прогибом более 3 мм; 3) плитка с трещинами и сколами. Результаты измерений изображены на рис. 2 в виде кружков различного диаметра в плоскости комплексного поляризационного параметра  $\dot{r} = r e^{iP}$ . Центры кружков соответствуют значениям параметров  $r$ ,  $P$ , а диаметры кружков условно соответствуют амплитуде  $E$ .

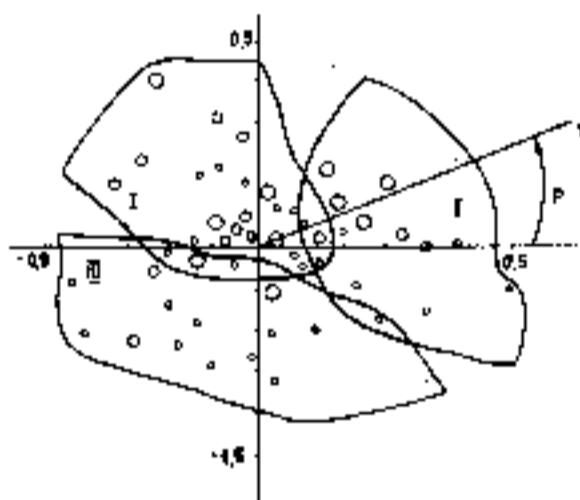


Рис. 2. Зоны значений поляризационных параметров отраженной волны плиток различного качества

I — плитки без брака; II — то же, с искаженной поверхностью; III — то же, с трещинами и сколами;  $\odot$  — интенсивность отраженной волны малая;  $\circ$  — то же, средняя;  $\bigcirc$  — то же, большая

Анализ результатов измерений показывает, что амплитуда  $E$  отраженного сигнала не несет информации о качестве керамической плитки. Информативными являются параметры  $r$  и  $P$ . При этом в плоскости  $\dot{r}$  можно выделить три незначительно пересекающиеся зоны, соответствующие плиткам различных классов качества.

Расположение зон в определенной степени согласуется с теорией рассеяния электромагнитных волн. Так, многие плитки без брака

обеспечивают небольшую деполаризацию падающей волны ( $r < 0,2-0,3$ ) при произвольном значении фазового поляризационного параметра  $P$  ( $0 \leq P \leq 360^\circ$ ). Это может быть объяснено нарушением изотропности материала плитки и ошибками измерений. В то же время некоторое число плиток без брака дает значения фазового поляризационного параметра  $P$  в интервале  $[\pi/2, \pi]$ . Само положение этого интервала никакой информации не содержит, так как параметр  $P$  измеряется с точностью до постоянного слагаемого. Наличие данного интервала значений параметра  $P$  может быть объяснено нарушением параллельности вектора  $E$  падающей волны и ребра плитки, устанавливаемого вертикально.

Естественно, приведенное толкование рассмотренного результата эксперимента может быть подвергнуто сомнению. В целом же эксперимент показывает, что наличие слабо перекрывающихся зон значений параметра  $\dot{r}$ , соответствующего керамическим плиткам различного качества, позволяет использовать поляризационный радиоволновый метод для контроля качества керамической плитки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Неразрушающие физические методы контроля. Библиографический указатель № 24104. Новосибирск, 1977. ГПНТБ Сибирского отделения АН СССР.
2. Современная радиолокация. Перевод с англ. Под ред. Ю. Б. Колбарева. М.: Советские радио, 1969.
3. Эйнштейн А. Г. Измерительная аппаратура сверхвысоких частот. М.: Судостроение, 1965.

УДК 666.961.004.8.001.2

И. В. ИВАНОВА, инж. (Красноярский филиал ВНИИпроектасбестцемента)

## Фазовый состав и гидравлическая активность продуктов термического разложения твердых отходов асбестоцементного производства

Твердые отходы асбестоцементного производства являются высококачественным сырьем для изготовления строительных материалов и изделий, так как обладают высокой потенциальной гидравлической активностью. Эффективный способ ее раскрыть — применение термической обработки твердых отходов. В этом случае гидратные новообразования и асбест подвергаются деструктурированию, а в системе накапливаются безводные продукты, обладающие вторичной гидравлической активностью.

Эффективность процесса деструктурирования материала твердых отходов зависит от температурно-временных параметров, а также от того, насколько правильны представления о причинах и механизме его развития.

Проведены исследования твердых отходов шиферного производства Красноярского комбината асбестоцементных изделий в возрасте 1—2 сут. Отходы сушили при температуре 80 °С, пока масса их не становилась постоянной, затем подвергали термической обработке при температуре 500—1000 °С в течение 0,5; 1; 2; 3 ч. Термообработанные отходы измельчали до тонны, характеризующейся остатком на сите с сеткой № 008, равным 35—37 %, и подвергали рентгеноструктурному и дифференциально-термическому анализу для оценки фазового состава исследуемого вещества.

Вязущую активность термообработанных отходов определяли по стандартной методике (ГОСТ-310.4—81). Термограммы продуктов термического разложения отходов при температурах 500, 700, 900 °С, указывающие на их фазовый состав, приведены на рис. 1.

Не подвергнутые термообработке твердые отходы содержат гидрoалюминаты кальция состава  $C_3AH_6$  (эндотермические эффекты при температуре 180 и 220 °С),

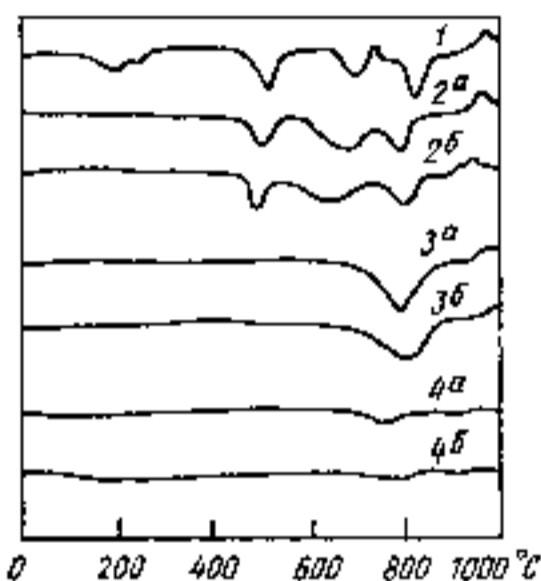


Рис. 1. Термограммы исходных и термообработанных твердых отходов асбестоцементного производства

1 — твердые отходы без термообработки; 2 — термообработанные твердые отходы при температуре 500 °С; 3 — то же, 700 °С; 4 — то же, 900 °С; а — термообработка в течение 1 ч; б — то же, в течение 3 ч

гидроксид кальция (эндозффект при температуре 520 °С), хризотил-асбест (эндозффект при температуре 680 °С и экзозффект при температуре 720 °С), слабозакристаллизованный гидросиликат кальция  $CSH(V)$  (эндозффект при температуре 815 °С и экзозффект при температуре 980 °С). Рентгено-

грамма исходных отходов подтверждает наличие данных минералов, кроме того, указывает на присутствие этtringита и непрогидратированных двух- и трехкальциевого силиката.

Термообработка существенно меняет фазовый состав твердых отходов, в частности, возрастает масса безводных минералов  $C_3S$  и  $C_2S$ , появляются  $C_3A$ , ангидрид, оксид кальция и кремневая кислота. Первоначально аморфная кремневая кислота кристаллизуется в  $\beta$ -кварц. При этом скорость кристаллизации находится в прямой зависимости от температуры и времени термической обработки.

Результаты расчета количественного фазового состава по данным термического и рентгеноструктурного анализов продуктов термического разложения отходов представлены в таблице. Из таблицы видно, что количество непрогидратированных  $C_3S$ ,  $C_2S$ , а также восстановленных  $C_3A$  и ангидрида во всех пробах твердых отходов примерно одинаково. Количество  $CSH(V)$  с увеличением температуры обработки уменьшается с одновременным возрастанием содержания  $CaO$  и  $SiO_2$ .

Испытания термообработанных отходов на вязущую активность

Минералы, содержащиеся в твердых отходах асбестоцементного производства	Содержание минералов, %, при температурах, °С, и времени термообработки, ч									
	До термической обработки	500			700			900		
		0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2
$C_3S$	18,4	18,1	18,6	17,7	18,3	19	18,7	19,4	19,6	18,9
$C_2S$	9,2	9	8,7	8,7	9,3	9,2	9,3	9,3	9,2	9,5
$C_3A$	—	9	8,7	9,2	8,7	8,3	8,5	8,7	8,8	8,5
$C_4AF$	6,1	5,7	5,6	5,5	6,1	6,2	6,2	6	5,8	6,2
Ангидрид	1,6	3,1	2,5	2,7	3,2	3,2	3,2	3,2	4,5	4,5
$CaO$	—	4,5	5,2	6,1	16,7	16,9	17,5	21,3	21,7	22,2
$SiO_2$	—	3,1	3,7	4,4	10,2	10,4	10,7	12,7	12,4	12,7
$CSH(V)$	33,8	26,2	26	24,5	11	10,5	8,6	3,8	3,2	2,2
$CH$	5,1	5,1	5,1	4,2	—	—	—	—	—	—
$C_2AH_3$	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Этtringит	1,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—

показали (рис. 2), что гидравлическая активность носит экстремальный характер как по температуре, так и по длительности обработки. Установлено, что увеличение времени термической обработки ведет к снижению гидравлической активности, которая стремится к некоторой постоянной величине, равной примерно 40 кгс/см<sup>2</sup>, и соответствующей гидравлической активности твердых отходов, не подвергнутых термообработке.

Полученные данные позволяют утверждать, что гидравлическая активность, как и фазовый состав термообработанных отходов, имеют постоянные и переменные части. Для фазового состава постоянной частью является негидратированный резерв клинкерных минералов (см. таблицу), для гидравлической активности — показатель 40 кгс/см<sup>2</sup>. Переменным для фазового состава является изменение содержания CSH (B), CaO и SiO<sub>2</sub>, для гидравлической активности — прирост механической прочности в диапазоне 90—190 кгс/см<sup>2</sup>.

Очевидная корреляционная связь между гидравлической активностью системы и количествами CaO и SiO<sub>2</sub> позволяет объяснить экстремальный характер восстановленной вяжущей активности. Кристаллические CaO и SiO<sub>2</sub> в смеси с водой в обычных условиях взаимодействуют слабо и не могут привести к образованию сколь угодно значительного количества CSH (B). Между тем, экстремальные значения прочности термообработанных отходов по всему ряду температур соответствуют максимальному выходу CSH (B). Отсюда можно сделать только один вывод, что результат активного взаимодействия CaO и SiO<sub>2</sub> есть следствие неупорядоченности структуры последнего. Подтверждение вывода находим в данных таблицы.

С увеличением времени и температуры обработки твердых отходов асбестоцементного производства доля SiO<sub>2</sub> в системе возрастает, однако гидравлическая активность увеличивается лишь до некоторой оптимальной точки. Далее она падает.

Период нарастания гидравлической активности совпадает с периодом, когда выделившаяся после разложения CSH (B) кремневая кислота аморфна. Дальнейшее нагревание системы способствует энергичной кристаллизации SiO<sub>2</sub>, вследствие чего SiO<sub>2</sub> теряет способность активно взаимодействовать с CaO в нормальных условиях. Скорость кристаллизации SiO<sub>2</sub> находится в прямой зависимости от температуры. Поэтому в отходах, обработанных при темпе-

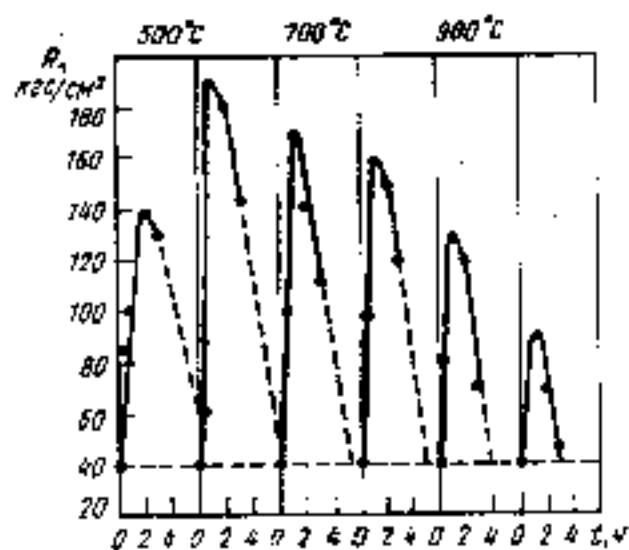


Рис. 2. Гидравлическая активность термообработанных твердых отходов в зависимости от длительности термообработки

ратуре 600 °C, хотя и меньше содержание SiO<sub>2</sub>, чем в отходах, обработанных при 700—1000 °C, но степень его аморфизации больше, жизнеспособность дольше и, как следствие, выше восстановленная гидравлическая активность.

Проведенные исследования и анализ полученных результатов позволяют взглянуть с иной стороны на механизм восстановления вяжущей активности термически обработанных продуктов гидратации портландцемента. До сих пор механизм восстановления его вяжущей активности объяснялся просто: нагревание системы обуславливает дегидратацию новообразований, при этом гидросиликаты независимо от основности после обезвоживания представлены соединением β—C<sub>2</sub>S. С этим трудно согласиться, поскольку для перехода от основности 0,8—1,5 (CSH (B)) к основности 2 (C<sub>2</sub>S) требуется дополнительное количество энергии, уровень которой значительно превосходит тот, который характерен

для условий термообработки в экспериментах.

Если допустить, что эти выводы справедливы, то свободное количество CaO в системе при нагревании должно неуклонно снижаться, но мы наблюдаем обратное явление.

Наращение доли свободной извести указывает, что происходит разложение CSH (B), а не насыщение низкоосновных силикатов кальция. Отсюда механизм восстановления гидравлической активности твердых отходов асбестоцементного производства представляется следующим. При нагревании происходит одновременно обезвоживание гидросиликатов кальция и их разложение на свободные CaO и SiO<sub>2</sub>. Система пересыщена этими оксидами. Причем SiO<sub>2</sub> находится в аморфном состоянии. Если систему затворить водой, то между известью и аморфным SiO<sub>2</sub> происходит эффективное взаимодействие с образованием CSH (B). Однако, вследствие процесса старения аморфного SiO<sub>2</sub>, который усиливается при длительном нагревании, его способность к взаимодействию с CaO в нормальных условиях снижается, что и установлено в экспериментальном порядке.

Таким образом, у твердых отходов асбестоцементного производства при термической обработке восстанавливается гидравлическая активность, экстремальное значение которой наблюдается при температуре 600 °C и длительности обработки 1 ч. Прирост гидравлической активности есть следствие взаимодействия оксида кальция с аморфным кремнеземом — продуктами термического разложения гидросиликата кальция CSH (B).

## Ежемесячный производственно-технический журнал

### «СТРОИТЕЛЬСТВО ТРУБОПРОВОДОВ»

предназначен для специалистов нефтегазового строительства, смежных отраслей нефтегазового комплекса, общестроительных отраслей.

Журнал издается с 1956 г.

Учредитель — АО «Роснефтегазстрой».

Вниманию читателей предлагаются статьи, посвященные проблемам нефтегазового строительства, смежных отраслей нефтегазового комплекса, а также общестроительным вопросам.

Реклама журнала познакомит Вас с новейшими технологиями, разработками, товарами.

Распространение — только по подписке!

Цена одного номера — 10 р.

Индекс — 70888.

Справки по телефонам: 238-69-11, 238-69-21, 239-12-44.

Почтовый адрес: 117049, Москва-249, ГСП-1, ул. Житная, д. 14.

М. К. БИТЕМИРОВ, канд. техн. наук, Н. С. БАЖИРОВ, канд. техн. наук, Т. У. ИСКАКОВ, канд. техн. наук (НИИ специального материаловедения, г. Чимкент Республики Казахстан), Л. Д. РОЗОВСКИЙ, канд. техн. наук (УралНИИСтромпроект)

## Влияние газообразующих добавок на качественные показатели шлаковой пемзы

При применении пемзы как заполнителя бетонов большое значение имеют форма зерна, состояние поверхности и связанная с ними межзерновая пустотность, размер и форма пор, характер пористости, прочность и насыпная плотность [1, 2].

Одной из основных задач шлакоперерабатывающих предприятий, наряду с производством шлаковой пемзы в виде отдельных зерен округлой формы, является снижение плотности материала. При этом поры должны быть мелкими и закрытыми, равномерно распределенными по объему зерен пемзы.

Большинство исследований, посвященных улучшению качественных показателей шлаковой пемзы, сводятся к решению двух основных задач:

изменению физико-химических свойств шлакового расплава путем введения минеральных добавок — центров кристаллизации и зародышей газовых пузырьков;

введению в шлаковый расплав при поризации газообразующих добавок.

Использование газообразующих и других твердых добавок способствует улучшению структуры пемзы, снижает насыпную плотность, повышает прочность пемзы. Однако известные добавки не позволя-

Таблица 1

Испытуемый материал	Содержание химических элементов, % по массе													
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	MnO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	F	S	SO <sub>2</sub>	п.п.п.	Σ
Электро-термофосфорный шлак ПО «Химпром»	41,08	2,23	1,01	—	47,62	3,01	0,08	—	2,02	2,74	0,46	—	0,12	100,37
Доменный шлак ЧМК	38,58	11,09	—	0,44	34,76	11,17	0,9	0,7	—	—	1,07	—	0,20	98,91
Доменный шлак ЧусМЗ	30,72	16,89	—	1,1	29,21	11,83	1,87	6,42	—	—	1,14	—	0,18	99,36
Фосфогипс ДСЗ	13,7	0,84	0,3	—	28,04	0,38	—	—	1,97	0,24	0,05	40,8	14,03	100,35

ют получать шлаковую пемзу с пониженной насыпной плотностью (400—600 кг/м<sup>3</sup>), что вызывает необходимость поиска новых эффективных газообразующих добавок [3—5].

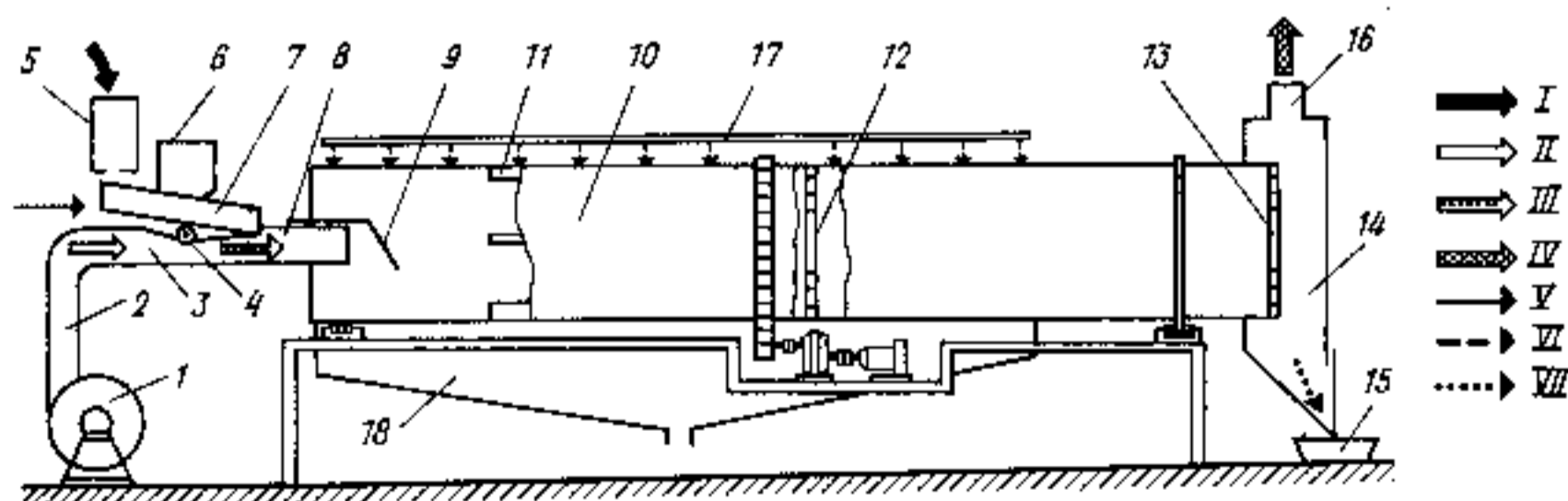
Исследованы процессы производства гравиеподобной шлаковой пемзы пониженной насыпной плотности с применением для поризации расплава эффективной газообразующей добавки — фосфогипса — продукта переработки фосфоритовых руд месторождения Каратау в фосфорную кислоту экстракционным способом на Джамбулском суперфосфатном заводе (ДСЗ).

В экспериментальных исследованиях использовали переплавленные шлаки электротермического производства фосфора Джамбулского

ПО «Химпром», доменных процессов Челябинского металлургического комбината (ЧМК) и Чусовского металлургического завода (ЧусМЗ). Средний химический состав шлаков приведен в табл. 1.

Отработку технологических параметров производства шлаковой пемзы с применением порошковой газообразующей добавки проводили на барабанной установке с водовоздушным поризатором. Общий вид экспериментальной установки показан на рисунке.

Установка включает в себя дутьевой вентилятор 1, воздуховод 2, переходящий в воздушное сопло 3. К нему примыкает шнековый питатель 4 с бункером 6. Над воздушным соплом расположен гидрожелоб 7 водовоздушного поризатора. Гидрожелоб и воздуш-



Технологическая схема работы экспериментальной барабанной установки для получения гравиеподобной шлаковой пемзы

1 — дутьевой вентилятор; 2 — воздуховод; 3 — воздушное сопло; 4 — шнековый питатель; 5 — клапан-присоски; 6 — бункер фосфогипса; 7 — гидрожелоб; 8 — камера разгона; 9 — экран; 10 — барабанный холодильник; 11 — продольные ребра; 12 — крупноячеистая решетка; 13 — мелкоячеистая решетка; 14 — выгрузочная камера; 15 — приемник; 16 — пирогазно-воздушная труба; 17 — система охлаждения; 18 — водосборная чаша

I — шлаковый расплав; II — технологический воздух; III — порошково-воздушная смесь; IV — запыленная парогазовоздушная смесь; V — водно-известковая суспензия; VI — охлаждающая вода; VII — готовый продукт



ное сопло примыкают к цилиндрической камере разгона (смещения) 8, которая входит во внутрь барабанного холодильника 10. Перед выхлопным отверстием камеры разгона помещен экран 9. Над гидрожелобом расположен шлакоприемник 5 со съемными кольцами разного сечения.

Барабанный холодильник снабжен продольными ребрами 11, крупноячейстой 12 и мелкоячейстой 13 калибровочными решетками. У нижнего конца барабанный холодильник охватывается выгрузочной камерой 14. От выгрузочной камеры сверху отходит парогазоотводная труба 16. Над барабанным холодильником расположена система охлаждения 17, снизу — водосборная ванна 18.

Методика проведения технологических исследований такова:

Исходный шлак в количестве 60—80 кг на каждый опыт расплавляли в электродуговой печи, сливали в разливочный ковш и им после достижения заданной температуры заливали в дозировочную воронку водовоздушного поризатора.

Струя шлака заданного сечения поступала в гидрожелоб водовоздушного поризатора, где пронизывалась струйками технологической воды, бьющими под напором из сопловых отверстий водоподающей коробки. Интенсивность слива шлакового расплава регулировали с помощью съемных воронок с различным диаметром выпускного отверстия, а технологической воды — с помощью сопловых досок, имеющих отверстия разного сечения. Под действием струи воды расплав шлака проталкивался по дну гидрожелоба в камеру разгона. При входе в камеру разгона шлаковый расплав попадал под воздействие потока воздуха, выходящего из сегментного сопла.

Фосфогипс находился в воздушном потоке во взвешенном состоянии. В воздухопровод его вводили шнековым питателем из бункера. Расход регулировали изменением числа оборотов шнека питателя. Расход воздуха зависит от положения шибера в воздуховоде.

Воздушный поток диспергировал шлаковый расплав и воду, поступающие в камеру разгона из гидрожелоба. Частицы шлака, фосфогипс и водяная пыль разгонялись и выбрасывались из камеры разгона. Ударяясь о внутреннюю поверхность экрана, они отклонялись от первоначальной траектории, соединялись и под углом направлялись на внутреннюю поверхность корпуса барабанного холодильника.

В барабанном холодильнике завершалась поризация расплава

шлака, продолжалось охлаждение поризованной шлаковой массы, сначала до пиропластичного, потом до пирозрупкого и холодноломкого состояний. Во время прохождения через барабанный холодильник поризованная шлаковая масса подвергалась самодроблению на зерна различного размера, а последние окатывались.

Процессы самодробления и окатывания происходили одновременно. В начальной стадии преобладало дробление, на завершающей — окатывание. На выходе из барабанного холодильника зерна продукта проходили через мелкоячейстую калибровочную решетку,

так что их размеры не превышали заданной величины ячеек решетки. Более крупные зерна задерживались внутри барабанного холодильника и подвергались в нем дополнительному самоизмельчению и окатыванию до тех пор, пока их размер не уменьшался до предельно допустимого. Полученная гравелоподобная шлаковая пемза высыпалась из барабанного холодильника в приемный бункер.

Результаты экспериментов по изучению влияния поризующих агентов на физико-механические свойства шлаковой пемзы приведены в табл. 2.

## Вниманию наших читателей!

Напоминаем, что подписка на журнал

### «СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ»

принимается в отделениях Роспечати

в соответствии с Каталогом по подписке на 2 полугодие 1993 г.

Подписная цена на 1 месяц — 200 р., на 3 мес. — 600 р.,

на 6 мес. — 1200 р.

Индекс журнала — 70886.

Ф. СП-1

Министерство связи		РФ									
Роспечать											
АБОНЕМЕНТ на		70886									
журнал		(индекс издания)									
Строительные материалы		Количество комплектов:									
на 19 93 год по месяцам											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Куда		(почтовый индекс) (адрес)									
Кому		(фамилия, инициалы)									

		ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА									
ПВ		место	лп-тер								
		на журнал	70886								
		(индекс издания)									
Строительные материалы		Количество комплектов:									
на 19 93 год по месяцам:											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Куда		(почтовый индекс) (адрес)									
Кому		(фамилия, инициалы)									

Таблица 2

Расход поризующих агентов			Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup> , по фракциям, мм				Прочность при сдвиге в цилиндре фракцией 10—20 мм, МПа	Водопоглощение за 1 ч, фракцией 10—20 мм, %	Максимальная пустотность пемзы фракция 10—20 мм, %
гранулологической воды, л/т	фосфогипса, %	известки, %	0—5	5—10	10—20	20—40			
<b>Шлак ПО «Химпром»</b>									
280	—	—	1170	950	822	738	2,61	7,9	47,02
—	3,6	—	1150	830	662	571	1,54	13,2	—
—	5,8	—	988	753	587	521	1,32	15,3	—
160	3,5	—	1015	765	657	534	1,56	12,77	49,24
210	4,8	—	987	718	607	511	1,34	14,82	50,76
280	—	0,5	1120	906	771	680	2,39	9,98	47,82
280	—	1	1097	909	777	685	2,4	10,08	48,04
200	4	0,5	953	689	583	485	1,39	15,72	50,84
200	4	1	978	690	597	487	1,36	15,74	50,36
<b>Шлак ЧМК</b>									
250	—	—	1055	721	674	634	1,92	12,7	49,23
300	—	—	1102	758	699	657	2,13	12,5	48,85
—	3,6	—	861	556	478	439	1,12	20,78	52,66
—	5,2	—	796	472	411	364	1,02	22,84	54,53
200	3,5	—	867	522	488	436	1,1	20,41	52,3
275	3,7	—	945	529	497	461	1,14	20,26	52,1
250	—	0,5	1027	683	628	561	1,8	13,11	49,3
200	3,5	0,5	848	480	442	388	1,04	20,83	52,4
<b>Шлак ЧусМЗ</b>									
360	—	—	945	722	656	614	1,36	13,84	49,16
410	—	—	983	734	683	639	1,43	12,49	48,64
—	3,8	—	823	516	454	406	1,06	22,31	53,76
—	5,2	—	780	448	387	341	0,93	24,18	55,44
280	3,5	—	868	544	488	453	1,02	19,07	51,9
300	3,6	—	872	530	476	434	0,97	19,31	52,1

## ПРОВЕРЬТЕ ПРАВИЛЬНОСТЬ ОФОРМЛЕНИЯ АБОНЕМЕНТА!

На абонементах должен быть проставлен оттиск кассовой машинки.

При оформлении подписки (переадресовки) без кассовой машинки на абонементах проставляется оттиск календарного штампа отделения связи. В этом случае абонемент выдается подписчику с квитанцией об оплате стоимости подписки (переадресовки).

Для оформления подписки на газету или журнал, а также для переадресования издания бланк абонемента с доставочной карточкой заполняется подписчиком чернилами, разборчиво, без сокращений, в соответствии с условиями, изложенными в каталогах Союзпечати.

Заполнение месячных клеток при переадресовании издания, а также клетки «ПВ—МЕСТО» производится работниками предприятий связи и Союзпечати.

Анализ экспериментальных данных позволил установить, что оптимальным расходом технологической воды (при отсутствии подачи порошковой добавки на поризацию) для производства шлаковой пемзы из расплава фосфорного производства на барабанных установках является 280—300 л на 1 т шлака. Минимальные значения насыпной плотности пемзы из шлаков ЧМК и ЧусМЗ соответствуют удельным расходам воды 250 и 360 л/т. Увеличение удельного расхода воды свыше указанных оптимальных значений приводит не только к снижению качества пемзы, но и к росту влажности получаемого материала, к некоторому увеличению выхода фракции 0—5 мм, к налипанию шлакопемзового песка к внутренним стенкам барабанного холодильника, следствием чего является снижение производительности шлакопемзовой установки.

Применение фосфогипса в количестве 4—6 % для поризации шлакового расплава (безводный способ) позволяет снизить насыпную плотность шлаковой пемзы на 250—300 кг/м<sup>3</sup> и получить продукт марки 500—550. Снижение плотности пемзы достигается в результате повышения ее общей пористости за счет увеличения объема газовой фазы, образующейся в результате термического разложения вводимого в расплав фосфогипса. Полученный продукт по своим прочностным показателям превышает требования ГОСТ 9760—86.

Исследования совокупного влияния технологической воды и фосфогипса на качественные показатели гравиеподобной шлаковой пемзы позволили установить возможность регулирования ее насыпной плотности в широком диапазоне. При этом оптимальным расходом воды является 200; 200 и 300 л на 1 т, фосфогипса — 4,8; 3,5 и 3,6 % по массе соответственно для шлаков ПО «Химпром», ЧМК и ЧусМЗ.

Анализ влияния известки на насыпную плотность и прочность гравиеподобной шлаковой пемзы показал, что эта зависимость носит экстремальный характер и экстремум для всех свойств соответствует содержанию известки 0,5—0,6 % массы расплава.

Установлено, что введение в шлаковый расплав известки в количестве 0,5 % приводит к снижению насыпной плотности шлаковой пемзы на 40—50 кг/м<sup>3</sup> независимо от применения того или другого вида вспучивающих агентов.

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что для эффективной поризации шлакового расплава газообразующими до-



## Хлористоуглеводородные соединения не должны увеличивать озоновую дыру

бавками необходимо соблюдение двух главных условий. Первое — равномерное распределение частиц газообразующей добавки в объеме поризуемого расплава. При этом происходит термическая диссоциация частиц газообразующих веществ, в результате чего в расплавленной массе возникает большое количество газовых пузырьков, которые при охлаждении и затвердевании шлакового расплава образуют пористую структуру шлакового камня.

Вторым условием является быстрое и равномерное охлаждение расплава, которое предотвращает всплывание газовых пузырьков с последующим их выделением в атмосферу или скоплением в верхней части его объема.

Названные условия обеспечиваются при одновременной обработке шлакового расплава водой и газообразующими добавками. При этом оптимальное количество добавки, обеспечивающее интенсивное вспучивание материала, не является постоянным для шлаков различного химического состава и должно корректироваться в зависимости от физико-химических свойств расплава и газообразующих добавок.

Следует отметить, что все технологические исследования проводили на переплавленных шлаках, поэтому можно ожидать получение пемзы из натуральных шлаков, обладающих большей газонасыщенностью, насыпной плотностью на 50—80 кг/м<sup>3</sup> ниже достигнутого уровня.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Розовский Л. Д. Условия получения мелкопористой шлаковой пемзы // Строительные материалы и изделия из металлургических шлаков. — М.: Стройиздат, 1965. С. 55—61.
2. Хохлова Е. В., Зятькова Л. Р. Улучшение качества шлаковой пемзы // Сб. науч. тр. / Уральский науч.-исслед. и проект ин-т строит. материалов: Переработка шлаков в строительные материалы и изделия. — Челябинск, 1978. С. 62—70.
3. Битемиров М. К., Ибрагимов Ж. А., Розовский Л. Д. и др. Использование фосфогипса для поризации шлакового расплава вододутьевым способом // Сб. научн. тр. / ЛенНИИ Гипрохим: Процессы и аппараты производства фосфатов и карбида кальция. — Л., 1986. С. 47—53.
4. А. с. № 1368287 СССР, МКИ С 04 В 5/00. Способ получения шлаковой пемзы / Ж. А. Ибрагимов, Л. Д. Розовский, М. К. Битемиров, Н. С. Бажинов (СССР) // Б. И. 1988. № 3.
5. А. с. № 1418308 СССР, МКИ С 04 В 5/00. Способ получения шлаковой пемзы / Ж. А. Ибрагимов, Л. Д. Розовский, М. К. Битемиров, С. Д. Пименов, Н. С. Бажинов, Л. Н. Ржухович, П. Г. Логинов (СССР) // Б. И. 1988. № 31.

Флуорхлоруглеводородные соединения (ФХУВС), такие, как трихлорфлуорметан и дихлордифлуорметан, с конца 20-х годов широко применяются в холодильной технике, а также в производстве строительных материалов. Эти газообразные вещества используют в качестве вспучивающей добавки при изготовлении полиуретановых пенопластов. Благодаря низкой теплопроводности используемого газа получается эффективный теплоизолирующий строительный материал. Например, при применении его в конструкции дома на одну семью жилой площадью 160 м<sup>2</sup> количество жидких нефтепродуктов, потребляемых на отопление за сезон, снижается с 5400 до 2500 л, т. е. экономия составляет 2900 л.

На теплоизоляцию уходит 20 м<sup>3</sup> полиуретанового пенопласта, а расход энергии на производство такого количества этого материала соответствует 1700 л топлива. Иными словами, полиуретановая теплоизоляция менее чем за один год обеспечивает положительный баланс энергии. При этом, кроме снижения расходов на отопление дома, уменьшается и выброс в атмосферу двуокиси углерода, вносящей свой вклад в создание парникового эффекта, оказывающего неблагоприятное влияние на климат.

К сожалению, хлористоуглеводородные соединения, попадая в воздух и поднимаясь затем в стратосферу, разрушают озоновый щит, предохраняющий поверхность Земли от ультрафиолетовых лучей, губительных для живых существ. Дополнительное количество энергии, приносимое на поверхность этими лучами, ведет также к разогреву атмосферы и, следовательно, к возможным неблагоприятным климатическим последствиям.

По этой причине в Германии после 1994 г. предполагается иск-

лючить выброс в атмосферу хлористоуглеводородных соединений.

Исследователи фирмы «Байер» активно ищут заменители для этих веществ.\* Идеального заменителя для флуорхлоруглеводородных соединений не существует. Однако есть возможность, в зависимости от сферы применения, подобрать различные альтернативные вещества, которые поодиночке или в комбинации могут заменить ФХУВС. Например, при вспенивании полиуретанового пенопласта применение ФХУВС обеспечивало наибольший теплоизоляционный эффект. При поиске альтернативы для вспенивания применялся пентан, либо гидрогенизированные ФХУВС, в молекуле которых хотя бы один атом хлора заменяется на атом водорода. Такое соединение уже менее опасно для озонового слоя. Это было первое поколение заменителей.

Дальнейшим шагом является разработка и внедрение гексафлуорбутана под маркой HFKW356. По своим теплоизоляционным качествам он равноценен трихлорфлуорметану (фирменное название FCKW11) и полностью безвреден для озонового слоя, так как в его молекуле нет атома хлора. Предполагается, что это соединение уже во второй половине 90-х годов будет производиться в промышленных масштабах. К этому времени будут завершены начатые на фирме «Байер» всесторонние токсикологические и экологические исследования, которые должны удостоверить безвредность и надежность этого вещества.

\* Выпуск № 6 исследовательского журнала «Research» фирмы «Байер».

## IN THE ISSUE

*Devlet-Kildijev Kh. S., Butkevich G. R., Zujeva V. V., Spivak B. S.* Development of mining-type raw material deposits for building material industry  
*Bagautdinov A. A., Neiman S. M.* Utilization of asbestos cement wastes in building material production  
*Nepesov A.* The method of sand-gravel mix processing  
*Arbuzova T. B., Korenkova S. F.* The builders and the ecological policy  
*Gern Ju. V., Friedman R. A., Natsijevskij Ju. D.* The equipment for production of partition slabs made of gypsum binder  
*Melnikov A. E., Psarev A. F.* The experience of mini-cement plant construction  
*Pivinsky Ju. E.* Production and properties of siliceous expanded clay concretes  
*Strelkov V. P., Panov V. P., Novikova Ju. M.* Wood-fiber boards of medium density  
*Avdeev V. P., Bojko N. I.* Checking the possibility of using radio-wave polarization method for controlling the quality of building materials  
*Ivanova I. V.* Phase-type composition and hydraulic activity of the products of thermally decomposed solid wastes in asbestos cement production  
*Bitemirov M. K., Bazhirov N. S., Rozovsky L. D.* The effect of gas-forming additives on qualitative characteristics of slag pumice

## IN DER NUMMER

*Dewlet-Kihldijew Ch. S., Butkewitsch G. R., Sufewa W. W., Spiwak B. S.* Abbau von Rohstoffvorräten für Baustoffindustrie  
*Bagautdinow A. A., Neiman S. M.* Verwendung von Asbestzementabfällen in der Erzeugung von Baustoffen  
*Nepesow A.* Die Methode von Kies-Sand-Gemischbearbeitung  
*Arbusowa T. B., Korenkowa S. F.* Die Bauleute und ökologische Politik  
*Gern Ju. W., Friedmann R. A., Natsjewskij Ju. D.* Die Ausrüstung für die Erzeugung von Trennwandherstellung aus Gipsbinder  
*Melnikow A. E., Psarew A. F.* Aus der Erfahrung der Errichtung von Mini-Zement Werken  
*Piwinskij Ju. E.* Gewinnung und Eigenschaften von kieselerdehaltigen Keramobetonen  
*Strelkow W. P., Panow W. P., Nowikowa Ju. M.* Faserplatten von Mitteldichte  
*Awdeew W. P., Bojko N. I.* Prüfung der Möglichkeit der Anwendung von Polarisationsverfahren zur Qualitätsprüfung von Baustoffen  
*Iwanowa I. W.* Die Zusammensetzung und hydraulische Aktivität von Produkten der Wärmezersetzung von harten Abfällen in der Asbestzementherstellung  
*Bitemirov M. K., Bazhirow N. S., Rozowskij L. D.* Die Wirkung von gasbildenden Zusatzstoffen auf die Qualität von aufgeblähten Schlacken

## DANS LE NUMÉRO

*Devlet-Kildiev X. S., Boutkevitch G. R., Zoueva V. V., Spivak B. S.* Exploitation des gisements de matières premières pour l'industrie de matériaux de construction  
*Bagautdinov A. A., Neiman S. M.* Utilisation des déchets en amiante ciment dans la production des matériaux de construction  
*Nepessov A.* Procédé de traitement du mélange sable-gravier  
*Arbuzova T. B., Korenkova S. F.* Le bâtiment et la politique en matière d'écologie  
*Guern Y. V., Fridman R. A., Natsjevski Y. D.* Le matériel pour la production des panneaux-cloisons de plâtres  
*Melnikov A. E., Psariev A. F.* Construction des mini-usines à ciment  
*Pivinski Y. E.* Obtention des bétons céramiques siliceux et leurs propriétés  
*Strelkov V. P., Panov V. P., Novikova Y. M.* Panneaux de fibres de bois de densité moyenne  
*Avdeev V. P., Bojko N. I.* Contrôle de la qualité des matériaux de construction par la méthode radio-électrique polarisée  
*Ivanova I. V.* Composition de phase et activité hydraulique des produits de décomposition des déchets solides de la production de l'amiante ciment  
*Bitemirov M. K., Bazhirov N. S., Rozovski L. D.* Agents générateurs de gaz et leur impact sur la qualité de la ponce de laitier

## ВНИМАНИЮ НАШИХ ПОДПИСЧИКОВ!

Напоминаем, что продолжается подписка на журнал «Строительные материалы» на второе полугодие 1993 г.  
 Смотрите стр. 25 этого номера журнала!

Издатель журнала: ТОО рекламно-издательская фирма «Стройматериалы»  
 Журнал зарегистрирован в Министерстве печати и информации Российской Федерации  
 за № 0110384

Главный редактор М. Г. РУБЛЕВСКАЯ

Адреса: главный редактор, отдел рекламы: 103051, г. Москва,  
 Б. Сухаревский пер., д. 19, телефон 207-40-34  
 редакция: 103055, г. Москва, Тихвинский пер., д. 11,  
 телефон: 258-75-51

Оформление обложки художника В. А. Андросова  
 Технический редактор Е. Л. Сангурова  
 Корректор Е. Б. Тотмина

Сдано в набор 22.02.93.  
 Подписано в печать 07.04.93.  
 Формат 60×88 1/8  
 Бумага книжно-журнальная  
 Печать офсетная. Усл. печ. л. 3,92  
 Усл. кр.-отт. 5,92 Уч.-изд. л. 5,1  
 Тираж 6094 экз. Заказ 343.  
 Цена 50 р.

Набрано на ордена Трудового Красного  
 Знамени Чеховском полиграфическом  
 комбинате Министерства печати  
 и информации Российской Федерации  
 142300, г. Чехов Московской обл.  
 Отпечатано в Подольском филиале  
 142110, г. Подольск, ул. Кирова, 25.