

## СОДЕРЖАНИЕ

Строительное материаловедение России Building materials science of Russia	2
БИКБАУ М. Я., РУДНЫЙ Д. И., ЖУРАВЛЕВ В. П., ПОЛАГАЕВА Н. И. Строительные материалы и изделия на основе высокопрочного магнезального вяжущего из доломитового сырья	3
BIKBAU M. YA., RUDNYI D. I., ZHURAVLEV V. P., POLAGAIEVA N. I. Building materials and products on base of high-strength magnesia binder from dolomite raw	
ЗВЕЗДИНА Е. В., ИЛАСОВА И. А., ВОЛОЧИЕНКО Л. Н. Пенофибромагnezит — новый утеплитель для строительства	6
ZVEZDINA E. V., ILYASOVA I. A., VOLOCHIENKO A. N. Foamed fiber magnesite — a new heat-insulating material for building	
КОРШУН О. А., РОМАНОВ Н. М., НАНАЗАШВИЛИ И. Х., БИКБАУ М. Я. Экологически чистые древеснонаполненные пластмассы	8
KORSHUN O. A., ROMANOV N. M., NANAZASHVILI I. H., BIKBAU M. YA. Environmental pure wood filled plastics	
БИКБАУ М. Я., КОТАШЕВСКАЯ Г. В., КОРШУН О. А. Технологии изделий из экологически чистых супернаполненных пластмасс (СНП) на основе минеральных наполнителей и термоластов	12
BIKBAU M. YA., KOTASHEVSKAYA G. V., KORSHUN O. A. Production of products from environmental - pure mineral superfilled plastics and thermosetting plastics	
БИКБАУ М. Я., ЕФИМОВА В. П., СИЛИНГ М. И., КОГАН Л. М. Особенности применения оболочковых пигментов в лакокрасочных материалах	16
BIKBAU M. YA., EFIMOVA V. P., SILING M. I., KOGAN L. M. Use features of encapsulated pigments in paints and lacquers	
ИЛАСОВА И. А., АНИКИНА Т. В. Цветные активированные цементы для внутренней и наружной отделки зданий	19
ILYASOVA I. A., ANIKINA T. V. Colored activated cements for internal and outer building finishing	
АБАКУМОВ А. В., БИКБАУ М. Я., БЕРНШТЕЙН А. Л., ЛЕБЕДЕВ А. О. Свойства и применение высокопроникающих цементных тампонажных растворов (ВЦР)	21
ABAKUMOV A. V., BIKBAU M. YA., BERNSHTEIN A. L., LEBEDEV A. O. Properties and use of high-penetrating plugging cement mortars	
СЕМЕНОВА Т. С. Проблемы формирования архитектурно-художественного образа Москвы на пороге 850-летнего юбилея	23
SEMENOVA T. S. Problems of forming Moscow town image at threshold 850-year anniversary	
БИКБАУ М. Я., ШЕГЛОВА Н. Н., МАКСИМОВ М. Б., БОРУХИН Б. Я. Перспективы использования шлакокаменного литья	25
BIKBAU M. YA., SCHEGLOVA N. N., MAKSIMOV M. B., BORUHIN B. YA. Perspectives of using slag-stone casting	
БИКБАУ М. Я., БУЛАТОВ Н. Я., БУЯНОВ Е. А. Модернизации систем пылеулавливания на предприятиях стройиндустрии	29
BIKBAU M. YA., BULATOV N. YA., BUYANOV E. A. Modernization dust collecting systems on building enterprise works	

# Строительное материаловедение России

Строительство — одно из ключевых направлений практической деятельности человека. Огромную роль в экономике любой развитой страны играет материальная база строительства. Около 15 % всей энергии, потребляемой современной цивилизацией, идет на производство строительных материалов — цемента и бетона, стекла и пластмассы, металла и дерева, керамики и композиционных материалов.

Поверхность нашей прекрасной планеты все в большей степени покрывается стрелами автострад и каналов, верхние этажи зданий уже состязаются с горными вершинами, реки перекрываются мостоми и плотинами, под морскими проливами появляются уникальные тоннели, а комфортность жилья и жизненные удобства дают возможность человеку чувствовать себя царем природы.

Современное состояние российского общества отличают перемены, связанные с изменением как политической системы, так и экономики и производственной инфраструктуры. Сменились приоритеты, впервые за много десятилетий мы начинаем ощущать возможности современной цивилизованной жизни — с обилием продуктов и товаров в магазинах, отсутствием очередей, появлением прекрасных комфортных жилищ и возрождением хрмов национальной культуры.

Радикально меняется и лицо промышленности России. С одной стороны, промышленность представляют, в основном, низкорентабельные, затратившие производство с остальными технологиями и устаревшим оборудованием, с разрушенной системой производственных и экономических связей, истощенной сырьевой базой. Сотни предприятий находятся на грани банкротства. С другой стороны, экономическая система во многом осталась также архаичной, рынок формируется диким образом, государство не может обеспечить разумного хозяйствования в период реструктуризации социальной системы. Многие преимущества плановой, централизованной системы безвозвратно потеряны.

В настоящее время технический уровень промышленности строительных материалов и стройиндустрии значительно отстает от мирового.

Производство строительных материалов во многом определяет реализацию социальных программ страны, а за 4 года проведения экономической реформы оно сократилось в 2,5 раза. Многое на предприятиях стройиндустрии и промышленности строительных материалов требует срочных вложений. Устаревшие технологии и оборудование, малоэффективные материалы, изделия и конструкции тормозят развитие отрасли, при этом эксплуатируемое оборудование и технологические линии характеризуются высоким энергопотреблением.

Например, на получение цемента предприятия России расходуют на каждую тонну продукции в 1,5—1,7 раза больше топлива, чем в развитых странах, показатели по всем остальным видам продукции — стеклу, керамике, кирпичам, стеновым и теплоизоляционным материалам, не намного лучше. Значительно снизилось число технических перевооружаемых предприятий, что обуславливает низкое качество строительных материалов, их неконкурентоспособность по сравнению с импортируемыми материалами.

Изменились общественные потребности. Участь невостребованности постигла, в частности, и науку России. Она сегодня переживает тяжелый период. Россия

утрачивает колоссальный научный потенциал, который расхищается, утекает за рубеж, устаревает. Большинство ученых трудится за нищенскую зарплату без системы реализации научных разработок и рынка современных технологий, нет современной приборной базы, экспериментальных установок и подгонов.

Назрела необходимость реорганизации российской науки. Устарела система академической, так называемой фундаментальной, а по сути познавательной науки. Надо видоизменить направленность академической деятельности и сосредоточиться на исследовании строения вещества, изучении законов мироздания, живой природы и человека. В ранге фундаментальных прежде всего должны остаться естественные науки. Вся остальная наука — наука созидательная должна быть организована на новых принципах и направлена на решение проблем: — экологии и сохранения жизни на Земле; — обеспечения здоровья человека; — обеспечения человека пищей, теплом, водой и жильем; — создания комфортной среды обитания; — производства необходимых высококачественных материалов, изделий, машин, оборудования, приборов, транспорта — всей гаммы предметов потребления.

Специальности, работающие в области строительного материаловедения, должны в максимальной степени ориентироваться на решение острых проблем промышленности, снижение энергоемкости и себестоимости производства, создание нового эффективного оборудования и материалов. Нужна новая система организации прикладной науки, ее финансирования, обучения и подготовки ученых, инженеров, воспитания талантов, роста авторитета творчески мыслящих людей.

Федеральное правительство делает попытки сохранить научный потенциал России — в 1996 г. принят закон «О науке и государственной научно-технической политике», рескомандательный законодательный акт «О защите высоких технологий». Указы Президента РФ «О доктрине развития российской науки», «О государственной поддержке интеграции высшего образования и фундаментальной науки».

В настоящий момент для российской науки и, особенно, для строительного материаловедения основной и конкретной задачей является техническое перевооружение существующих в стране предприятий, освоение новых технологий, организация производства более дешевой, конкурентоспособной и качественной продукции.

Это позволит повысить рентабельность предприятий, увеличить налоговые поступления в бюджет, создать дополнительные рабочие места и существенно уменьшить отток валюты за рубеж.

В этой связи весьма разумной представляется, в частности, политика Московского правительства, которое в столь трудных условиях ищет пути и средства для модернизации промышленных предприятий столицы и освоения на них новых, эффективных технологий, организации производства высококачественных материалов, изделий и товаров народного потребления, сокращения импортных поставок, сохраняет значительные объемы строительства.

Проблемы, решаемые в Москве, характерны для всех российских городов, и опыт столицы может быть весьма эффективно применен в других регионах.

М. Я. БИКБАУ, д-р хим. наук, Д. И. РУДНЫЙ, канд. техн. наук,  
В. П. ЖУРАВЛЕВ, Н. И. ПОПАГАЕВА, инженеры

## Строительные материалы и изделия на основе высокопрочного магнезиального вяжущего из доломитового сырья

До последнего времени по объемам использования и номенклатуре строительных изделий цемент являлся основным материалом для получения искусственного камня. Возрастающие требования строителей к техническим характеристикам, экологической чистоте и декоративной выразительности строительных материалов обращают внимание многих ученых и инженеров на вяжущие, получаемые на основе активного оксида магния и его композиций.

Институтом материаловедения и эффективных технологий, начиная с 1988—89 гг., разрабатывается проблема производства магнезиальных вяжущих из широко распространенных доломитов, представляющих собой двойную углекислую соль  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$  с содержанием компонентов в %-ном соотношении соответственно до 54,3:45,7, а также из серпентинитов, бруситов, магнезитов с высоким содержанием примесей железа и кремнезема, не пригодных для производства огнеупоров.

Новая технология позволяет использовать в качестве сырьевой базы дешевые повсеместно распространенные доломиты взамен дефицитных магнезитов, расположенных в районах Урала, Восточной Сибири и Дальнего Востока, что существенно расширяет возможности обеспечения различных регионов России высококачественным, дешевым экологически чистым материалом и широким ассортиментом изделий на его основе. Особенно актуальна эта проблема для регионов, не производящих собственного цемента — Татарии, Башкирии, Нижегородской, Тюменской областей и др.

Вяжущие на основе искусственного доломита имеют значительные преимущества перед портландцементами: более низкую энергоемкость производства, более быстрый темп твердения, способность к армированию и наполнению древесиной, стекловолокном, волокнами растительного происхождения, экологическую чистоту и бактерицидность, пластичность и декоративность, высокие технические характеристики. Основным недостатком искусственного доломита и других магнезиальных вяжущих воздушного твердения — низкая водостойкость и связанная с ней низкая морозостойкость. Использование различных добавок позволяет решить эту трудную проблему.

К настоящему времени создается новый класс магнезиальных строительных материалов, обладающих высокой водо- и морозостойкостью — кровельные безасбестовые листы, облицовочные плитки, легкие стеновые материалы, теплоизоляционные плиты и т. п.

Изделия на основе каустического (обожженного) доломита имеют блестящую поверхность, окрашенную однотонно или имитирующую природный камень.

Государственным законодательством большинства промышленно развитых стран запрещено использовать асбестоцементный шифер в промышленном и гражданском строительстве из-за канцерогенности асбеста. В то же время в России асбестоцементный шифер является наиболее массовым кровельным материалом, выпускаемым промышленными предприятиями.

Для решения национальной экологической проблемы в

1989 г. заместителем Председателя Совета Министров СССР Ю. П. Баталиным перед институтом была поставлена задача разработки материала взамен асбестоцементного шифера.

Ученым института удалось успешно сочетать преимущества магнезиальных вяжущих (быстрый темп твердения, инертность по отношению к стекловолокну, декоративность и др.) с армирующими способностями различных волокнистых материалов, с новым подходом к технологии формирования кровельного листа.

ОАО «Московский ИМЭТ» разработаны и предлагаются следующие варианты технологических схем производства каустического доломита и изделий на его основе.

### Производство каустического доломита

Технологический процесс производства каустического доломита состоит из дробления, обжига во вращающейся (или шахтно—циклонного типа) печи при температуре 650—750 °С, помола в шаровой мельнице, складирования в силосах (или упаковки в мешки).

### Производство безасбестового цветного кровельного листа

Технологическая схема включает приготовление тестообразной смеси из каустического доломита, бишофита (затворитель) и добавок для придания кровле водо- и морозостойкости. Эта смесь укладывается вместе с двумя слоями стеклосетки на непрерывно движущуюся полимерную пленку с одновременным нанесением на нее слоя красителя. Плоская заготовка отрезается от непрерывной ленты и сбрасывается на профилированный поддон, где приобретает форму волнистого листа.

Заготовка выдерживается на поддоне 8—12 ч, снимается с него и транспортируется на склад.

На основе исходных требований ИМЭТ фирма «Стромаш» в 1991—92 гг. разработала комплект конструкторской документации на комплекс оборудования по производству волнистого кровельного листа на основе магнезиального вяжущего производимостью 1 млн. м<sup>2</sup> в год. На технологические процессы производства каустического доломита и кровельного листа получены патенты Российской Федерации.

Одна из основных проблем в условиях сложной экономической ситуации — поиск партнера для практической реализации программы. Этим партнером стало ТОО «Магнезит». На территории карьероуправления был реконструирован производственный корпус пролетом 18 м, длиной 60 м, в котором смонтированы изготовленное оборудование.

Комплекс (см. рисунок) состоит из трех основных блоков:

- смесительное отделение;
- формовочное отделение;
- отделение форматной резки и упаковки.

Дополнительно в комплекс входят камера предварительного

твердения и складские помещения.

### Техническая характеристика комплекса

Производительность при трехсменной работе, шт./год	100000
Цикл выпуска одного листа, с	24
Скорость формования, м/с	0,01—0,06
Продолжительность твердения, ч	24
Число обслуживающего персонала, чел/смена	12
Установленная мощность, кВт	120
Габаритные размеры с учетом хранилища компонентов, мм:	
длина	35000
ширина	1000
высота	14500
Масса, кг:	
без кассет и поддонов	8000
кассет	23000
поддонов	70000

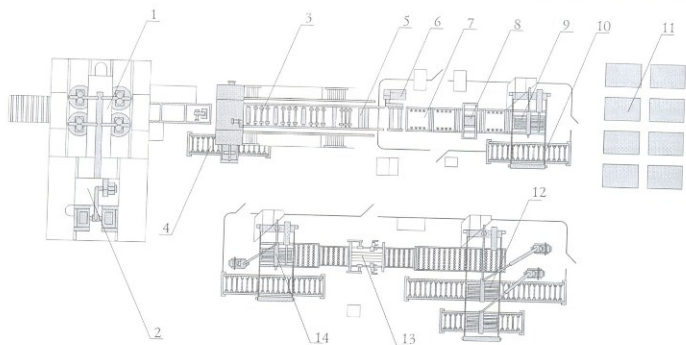
Технологический процесс изготовления листов осуществляется следующим образом. Вяжущее и сопутствующие компоненты из хранилища 1 поступают через дозаторы в смесительное отделение 2, где готовится формовочная смесь. Далее она насосом подается по трубопроводам к формовочной

машине 3. В ней происходит непрерывное формирование плоской ленточной заготовки в поперечном сечении, состоящей из подстилающего материала, двух слоев арматурной сетки, трех слоев вяжущего и разделительной полиэтиленовой пленки.

Одновременно укладчиком 4 под ленту-заготовку на конвейер листоформовочной машины 5 подаются стальные волнистые поддоны. Промежуточный конвейер 6 перемещает ленту-заготовку, уложенную на поддоны, к установке поперечной резки 7. Отрезанная по длине поддона лента подается разгонным конвейером 8 в волнировщик 9 и далее переключником 10 — на конвейер стопирования 11. Стопы формируются на силовом поддоне и погрузчиком перемещаются в камеру предварительного твердения 12. После выдержки в камере твердения стопы листов с поддонами подаются на разборщик 13, откуда листы уходят на продольную обрезку 14 и к укладчику готовых изделий 15, а поддоны с позиции 10 передают к листоформовочной машине на укладчик 4. Стопы готовых листов по 100—120 шт. перемещают на склад.

Линия введена в действие в 1996 г.

Предлагаемый к поставке безкассовый кровельный лист предназначен для массово-



Комплекс оборудования для производства волнистых кровельных листов

Показатель	Асбестоцементный шифер ГОСТ 378	Безасбестовый кровельный лист из каустического доломита
Прочность при изгибе, МПа, не менее	15,7	18
Средняя плотность, т/см <sup>3</sup>	1,55—1,6	1,55—1,65
Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup> , не менее	1,5	6
Водопоглощение, %, не более	24	11
Морозостойкость, циклы, не менее	25	25

го применения в строительстве, в том числе и для индивидуальной застройки. Кровельный лист может иметь окраску всех цветов спектра или быть естественным ярко-белым, он легко крепится гвоздями и поддается расшивке. По всем прочностным показателям, особенно по ударной вязкости, наш лист существенно прочнее асбестоцементного шифера (см. таблицу). Экологически чистый листовой кровельный материал на основе каустического доломита не производится ни в одной стране мира и впервые освоен в России (см. четвертую страницу цветной вкладки).

Кроме этого были исследованы составы каустического доломита с введением различных пенообразователей, что позволило получать конструктивно-теплоизоляционные материалы (пенобетон) со средней плотностью 600—1100 кг/м<sup>3</sup>.

**Пенобетонные блоки** из каустического доломита, бишофита, пенообразователя (например, омыленная древесная смола), добавок изготавливают литьевым безвибрационным методом. Основные этапы производства: приготовление теста из каустического доломита; пригответление пены; смешивание; заливка в формы; распалубка.

По тепловому сопротивлению магниезальный пенобетон с добавкой торфяной золы толщиной в 1 см заменяет кирпичную

кладку толщиной 10—12 см. Для изготовления пенобетона требуется топлива в 10—12 раз меньше по сравнению с изготовлением кирпича из глины, а масса пенобетона в 20 раз меньше эквивалентного количества кирпича.

**Сухие смеси** для бесшовных полов готовят смешиванием каустического доломита, сухого бишофита, опилок, добавок, красителей. На упаковочной машине готовая смесь расфасовывается в мешки.

Полы на основе каустического доломита могут использоваться в жилых и служебных помещениях, в помещениях с высокими бактерицидными требованиями (больницы, детские учреждения), в помещениях с повышенными требованиями по пожаро- и взрывобезопасности, на предприятиях пищевой промышленности. Монолитные покрытия бесшовных полов не имеют щелей. Компоненты, входящие в его состав, обладают дезинфицирующими свойствами. Полы не горят и при падении на них твердых предметов не образуют искры. Покрытие пола очень упруго. Каустический доломит, являющийся основным компонентом бесшовного пола, обладая высоким темпом набора прочности, обеспечивает возможность укладки бесшовных полов в короткие сроки.

**Стеновой брус** изготавливают из каустического доломита, бишофита и опилок. Технологически

линия включает в себя операции приема, смешивания компонентов, подачи их в экструдер, в котором под давлением формируется шпунтованный непрерывный брус сечением 150×240 мм. Брус, выходя из экструдера, за 25—35 мин. проходит через обогреваемую снаружи металлическую насадку, а затем обрезается на заготовки требуемой длины (до 6 м).

**Облицовочные плиты** — «искусственный мрамор» получают смешиванием каустического доломита, бишофита, опилок, добавок, повышающих водо- и морозостойкость изделий, пигментов. Затем осуществляются:

- заливка в формы;
- вибрация;
- сушка при температуре 40—50 °С;
- распалубка из форм через 10—12 ч.

Кроме этого, из каустического доломита можно производить **высокодекоративные строительные материалы широкого профиля**, например, подоконные доски под натуральный камень, детали интерьеров, обрамления окон и арок и т. д.

*Распространенность в России и Швеция доломитов позволяет считать, что разработанный нами технологический комплекс по получению каустического доломита и новых изделий на его основе может послужить одной из основных составляющих региональных программ развития собственного производства эффективных строительных материалов и широкой номенклатуры изделий для вытеснения импортной продукции, а также для экспорта в другие страны.*

В частности, весьма привлекательно освоение новых технологий на основе доломитов Шелковского месторождения, запасов которого будет достаточно для удовлетворения потребностей Москвы и Московской области на многие десятилетия. Это особенно актуально в связи с существующей производственной инфраструктурой на площадях Шелковского управления.

*Приглашаем потенциальных инвесторов.*



## Пенофибромагnezит — новый утеплитель для строительства

Энергосбережение — одна из главнейших задач современного дня.

Новые требования к повышению теплоизоляционных свойств, теплоэффективности строительных материалов требуют расширения ассортимента последних.

В статье приведены результаты исследований по получению легкого (средней плотности менее 400 кг/м<sup>3</sup>) теплоизоляционного материала на основе каустического магнезита со стабилизатором пены — пенофибромагнезита.

В качестве сырьевых материалов в работе были использованы:

- отходы (неочищенные) от дробления каустического магнезита (ГОСТ 1216—87);
- раствор природного бишофита плотностью 1,3 г/см<sup>3</sup>;
- смола омыленная древесная (СДО) плотностью 1,04 г/см<sup>3</sup> (ТУ 13-05-02—87);
- строительная известь (ГОСТ 9179—77);
- разволокненная бумажно-картонная макулатура (ГОСТ 10700—89);
- вода водопроводная.

Обработку составов и технологических параметров получения пенофибромагнезита производили на образцах-балочках размером 4×4×16 см. Для приготовления пены и формовочной массы (пеномассы) использовали скоростной смеситель с вертикальным валом и специальной насадкой на него.

Для изготовления образцов использовали магниезальное вяжущее, для чего смешивали предварительно отмеренное количество отходов каустического магнезита и бишофита. Параллельно в скоростном смесителе готовили пену из рабочего раствора пенообразователя, включающего СДО и известь. В нее последовательно вводили разволокненную бумажно-картонную макулатуру и магниезальное вяжущее. Полученную пеномассу укладывали в формы-балочки и подвергли вибрации. Отформованные образцы выдерживали в течение суток в формах, после чего оставляли в естественных условиях для твердения.

Исследованиями установлена оптимальная концентрация рабочего раствора пенообразователя (1,01 г/см<sup>3</sup>). При этом крепость пены, полученной из рабочего раствора плотностью 1,01 г/см<sup>3</sup>, равна 7, а время приготовления такой пены составляет 3 минуты.

Однако получить пенофибромагнезит с высокими прочностными показателями на основе такой пены было невозможно из-за ее малой жизнестойкости.

Известно, что стойкость минерализованной (содержащей твердую фазу) пены наряду с другими факторами, в значительной степени зависит от дисперсности минерализатора: чем более дисперсна твердая фаза (в данном случае разволокненная макулатура), тем устойчивее пена. При изготовлении образцов пенофибромагнезита предварительно разволокненную в водной среде до единичных волокон бумажно-картонную макулатуру вводили в скоростной смеситель в процессе взбивания пены, благодаря чему волокна

макулатуры предельно равномерно распределялись по всему объему образующейся пены, создавая своеобразный каркас и, таким образом, многократно повышая стойкость пены.

В процессе эксперимента установлено, что при получении пеномассы без макулатуры идет процесс ее оседания в форме в начальные сроки твердения, что, в свою очередь, приводит к значительному уплотнению структуры образцов и увеличению их средней плотности.

С введением в пеномассу разволокненной бумажно-картонной макулатуры (волоконистой добавки) стойкость пеномассы резко возрастает, улучшается структура образцов, полностью отсутствует оседание массы и связанные с ним деформационные явления.

С увеличением содержания волоконистой добавки от 1 до 5 % возрастает прочность и одновременно средняя плотность пенофибромагнезита. В зависимости от назначения материала (теплоизоляционный или конструктивно-теплоизоляционный) в пену можно вводить различное количество волоконистой добавки. Для получения эффективного теплоизоляционного материала — пенофибромагнезита оптимальным является содержание волоконистой добавки в количестве 3—3,5 % (от массы сухих компонентов).

Исследования выявили существенное влияние Ж/Т, которое характеризует отношение раствора бишофита к каустическому магнезиту. Результаты представлены на рис. 1. Из них видно, что средняя плотность пенофибромагнезита практически не зависит от соотношения Ж/Т, в то время как с увеличением Ж/Т от 0,39 до 0,43 прочность при сжатии заметно возрастает при незначительном изменении прочности при изгибе. Исходя из изложенного выше, при производстве пенофибромагнезита оптимальным является соотношение Ж/Т = 0,42—0,43.

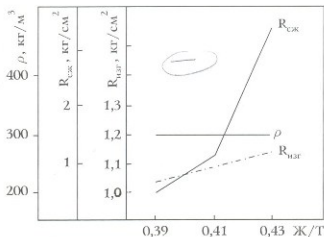


Рис. 1. Влияние соотношения Ж/Т на физико-механические свойства пенофибромагнезита

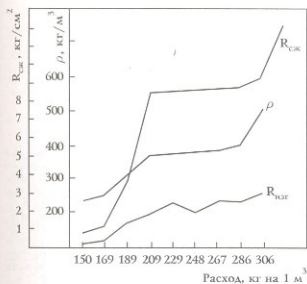


Рис. 2. Зависимость физико-механических свойств пенофибромагнезита от расхода каустического магнетита

На рис. 2 представлены кривые зависимости физико-механических характеристик пенофибромагнезита — средней плотности, прочности при сжатии и изгибе — от содержания каустического магнетита ( $Ж/Т = 0,425$ ). Из этого следует, что с уменьшением расхода каустического магнетита с 306 до 286 кг на 1 м³ прочность при сжатии уменьшается на 24 % и составляет 9,5 кг/см². Дальнейшее уменьшение содержания каустического магнетита до 200 кг на 1 м³ ведет к незначительному снижению прочностных показателей (до 8,5 кг/см²), а при содержании менее 200 кг на 1 м³ происходит резкое снижение прочностных характеристик материала (до 1 кг/см²).

Предел прочности при изгибе изменяется менее заметно и колеблется в пределах от 2,75 до 1,5 кг/см².

Средняя плотность пенофибромагнезита также зависит от расхода каустического магнетита (рис.2): изменение его расхода с 306 до 286 кг на 1 м³ ведет к уменьшению средней плотности с 500 до 400 кг/м³, а снижение до 210 кг/м³ практически не влияет на среднюю плотность готового материала. Она уменьшается всего на 50 кг и составляет 350 кг/м³. Дальнейшее снижение расхода вяжущего с 210 до 150 кг/м³ уменьшает среднюю плотность пенофибромагнезита до 230 кг/м³.

Анализ данных, представленных на рис. 2, позволяет сделать вывод, что оптимальным является содержание каустического магнетита в пределах 190—230 кг на 1 м³. В этом случае при минимальном расходе магнетизального вяжущего прочностные показатели пенофибромагнезита достаточны для теплоизоляционных материалов при относительно невысокой средней плотности изделий.

Определено оптимальное время приготовления пеномассы для получения пенофибромагнезита. При проведении эксперимента в скоростном смесителе в первые 3 мин. вводили пену из воды, СДО и извести, а затем в течение примерно 1 мин. в полученную пену вводили волоконную добавку и продолжали вспенивание еще 2 мин. Одновременно отдельно готовили магнетизальное вяжущее, для чего каустический магнетит заливали раствором биншофита. При этом соотношение  $Ж/Т$  составляло 0,425. Затем в приготовленную пену при работающем смесителе вводили магнетизальное вяжущее и продолжали вспенивание. Время совместного перемешивания пены и магнетизального вяжущего для получения пеномассы изменяли от 2 до 8 мин. Результаты эксперимента представлены на рис. 3.

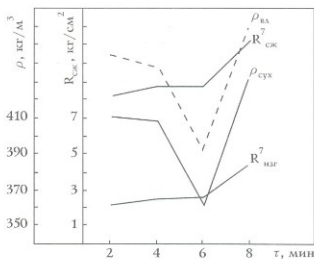


Рис. 3. Влияние времени приготовления пеномассы на физико-механические свойства пенофибромагнезита

Из него следует, что увеличение времени совместного вспенивания с 2 до 6 мин. приводит к снижению средней плотности изделий с 410 до 360 кг/м³. Дальнейшее увеличение времени вспенивания ведет к разрушению пены и увеличению средней плотности образцов пенофибромагнезита до 430 кг/м³.

Таким образом, увеличение времени перемешивания с 2 до 6 мин. положительно влияет на прочностные характеристики изделий: прочность остается постоянной или незначительно увеличивается при одновременном и желаемом уменьшении средней плотности. Дальнейшее увеличение времени совместного перемешивания (до 8 мин.) всех компонентов пеномассы ведет к росту физико-технических показателей (средней плотности и прочности) образцов.

На основании проведенных исследований определено оптимальное время приготовления пеномассы — 5–6 мин. В этом случае получаемый материал — пенофибромагнезит отличается минимальной средней плотностью при хороших прочностных показателях.

На основании проведенных экспериментов сделаны следующие выводы.

Для получения пенофибромагнезита со средней плотностью менее 400 кг/м³ необходимо введение в пену волоконной добавки — разволокненной бумажно-картонной макулатуры.

Количество волоконной добавки в пенофибромагнезите может колебаться в пределах 3—3,5 % (от массы сухих компонентов).

Оптимальное время приготовления пеномассы — 6 мин. Максимальная прочность при сжатии пенофибромагнезита может быть получена при  $Ж/Т = 0,42—0,43$ .

Пенофибромагнезит средней плотностью 300 кг/м³, прочностью при сжатии 3,5 кг/см² и при изгибе 1 кг/см² может быть получен при расходе вяжущего 190 кг на 1 м³.

Разработанный институтом новый утеплитель для строительства — пенофибромагнезит благодаря эффективной пористой структуре и высоким прочностным показателям при сравнительно небольшой средней плотности может быть использован для реконструкции старых и строительства новых зданий, обеспечивая их отличную теплоизоляцию на весь период эксплуатации.

Пенофибромагнезит экологически чист, пожаробезопасен, легко поддается механической обработке.

## Экологически чистые древеснонаполненные пластмассы

Особое значение в создании экологически чистой среды обитания придается жилищу, где человек проводит большую часть своего времени. Здесь его организм подвергается воздействию большого числа химических веществ, мигрирующих из строительных конструкций, отделочных материалов, мебели и т. п.

Одним из самых распространенных токсинов в этом ряду является формальдегид, относящийся к канцерогенным веществам.

Источником длительной миграции формальдегида в окружающую среду являются древесностружечные, древесноволокнистые, минераловатные плиты, фанера и другие материалы, производство которых базируется на использовании формальдегидо-содержащих смол. Несмотря на многочисленные запреты по применению этих смол для производства плитных и теплоизоляционных материалов, их использование как в России, так и в других странах продолжается. Это связано с отсутствием альтернативных связующих и более прогрессивных технологий, способных конкурировать по своим технико-экономическим показателям с производством древесностружечных и древесноволокнистых плит.

Во многих странах наблюдается увеличение объемов использования натурального дерева в производстве мебели и в строительстве, что вряд ли можно рассматривать как альтернативное решение существующей проблемы.

Одним из перспективных направлений является создание композиционных материалов на основе экологически чистых продуктов, где в качестве связующего применяют термопласты (полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид и их сополимеры). Уже есть положительный опыт создания и применения композиционных материалов на основе термопластов, отходов древесины или других целлюлозосодержащих наполнителей.

Как правило, величина наполнения полимеров древесиной в этих композициях составляет 40—

60 мас. %, то есть связующее — экологически чистые термопласты, составляет около половины массы изделия. Если учесть, что стоимость 1 т термопласта равна 800—1000 USD, то понятно, почему эти материалы имеют ограниченный рынок сбыта. Получение конкурентоспособных композитов с низким содержанием термопласта оказалось нереализуемым из-за резкого падения их физико-механических характеристик.

Эта проблема решена в ОАО «Московский ИМЭТ» при разработке так называемых экологически чистых древеснонаполненных пластмасс (ЭДНП).

В общем плане ЭДНП являются частным случаем наполненных термопластичных композиционных материалов. В этой связи все характеристики целесообразно рассматривать с теоретических позиций и экспериментальных данных, полученных для наполненных полимеров, учитывая при этом, что ЭДНП являются высоконаполненной древеснополимерной композицией, имеющей свою специфику, связанную с природой древесного наполнителя.

Древесный наполнитель представляет собой анизотропный, ортотропный материал неоднородного строения в трех взаимно перпендикулярных плоскостях (поперечный, радиальный, тангенциальный срезы). Кроме этого существует неоднородность строения в пределах одного годичного слоя ранней и поздней древесины. Древесный наполнитель как частица цельной древесины, являясь, по строению одновременно гетерофазным телом и эластичным гелем, представляет собой капиллярно-пористый коллоидный материал и обладает свойствами как капиллярно-пористых, так и коллоидных материалов.

В состав древесины в естественном состоянии входит субстанция древесного вещества и многочисленные пустоты, капилляры в виде полостей клеток и сосудов. Эти полости весьма малы по размеру и многочисленны, их удельная внутренняя поверхность составляет

около 32 м<sup>2</sup> на 1 г древесины. Вся система полостей и сосудов древесного наполнителя сообщается между собой определенными путями. Стенки клеточных полостей и сосудов эластичны и при поглощении влаги деформируются. Основными проводящими элементами древесины хвойных пород служат трахеиды (ширина полости 0,024—0,075 мм, длина 2,6—4,4 мм). У древесины лиственных пород диаметр мелких сосудов колеблется в пределах от 0,005 до 0,1 мм, у крупных — от 0,2 до 0,4 мм.

Для оценки эффектов наполнения полимеров древесными частицами целесообразно рассмотреть концентрационную зависимость вязкости системы **полимер—наполнитель**. Известно, что для приближенного описания концентрационной зависимости вязкости системы **полимер—наполнитель** предложено большое число аналитических выражений, где аргументом используют объемное содержание наполнителя  $j$ . Как правило, при выводе уравнений предполагается, что частицы наполнителя идеально жестки и не испытывают взаимного влияния. Учет формы частиц наполнителя, взаимодействия его с полимером осуществляется благодаря введению соответствующих коэффициентов. На практике наиболее часто используют уравнение вида:

$$\ln h_{\text{отн}} = \frac{Kj}{1 - j/j^*},$$

где  $h_{\text{отн}}$  — относительная вязкость, равная отношению вязкостей композиции и полимерной матрицы;  $j^*$  — предельно возможное объемное содержание частиц наполнителя при том или ином способе распределения частиц и их формы;  $K$  — константа, равная 2,5.

Величина  $j^*$  может изменяться для частиц сферической формы (в зависимости от характера упаковки) от 0,52 до 0,74. Переход от моностерного к полидисперсному наполнителю приводит к повыше-



нию  $j^*$ . Изменение формы частиц также приводит к изменению значения  $j^*$ . Так, например, для вытянутых волокон  $j^*$  может изменяться в пределах от 0,52 до 0,91. С другой стороны, агломерация частиц вызывает уменьшение величины  $j^*$ . Увеличение эффективной доли наполнителя за счет образования адсорбированных слоев также вызывает уменьшение величины  $j^*$ . Все специально перечисленные факторы с разнонаправленным действием на величину  $j^*$ , а значит и на вязкость композиции, присущи древесному наполнителю. Кроме того на вязкостные свойства наполненной композиции влияет способность наполнителя к разрушению.

Процесс переработки древесно-полимерной композиции будет сопровождаться механо-химической деструкцией наполнителя и выделением различных органических, в том числе летучих, веществ в массу композиции. С одной стороны выделение низкомолекулярных продуктов должно интенсифицировать течение расплава композиции, а с другой возникает необходимость конструктивного решения по ее дегазации. Кроме этого древесный наполнитель, имеющий ряд признаков вязкоупругого тела, способен накапливать упругую энергию при переработке, а затем возвращать ее, вызывая соответствующее разбухание отформованного изделия.

Анализ данных, касающихся экспериментальных и теоретических исследований, посвященных получению высоконаполненных пластмасс показал, что в общем случае необходимо выполнение трех основных условий:

- дисперсная система **наполнитель—связующее** должна характеризоваться достаточной интенсивностью взаимодействия частиц наполнителя со связующим, для обеспечения, в частности, хорошей смачиваемости поверхности частиц наполнителя расплавом связующего;
- должно быть обеспечено оптимальное распределение в объеме частиц наполнителя по размерам и форме;
- должна быть высокой подвижность расплава полимера для реализации процессов самоорганизации и самоуплотнения структуры при омоноличивании материала в изделиях при охлаждении.

Поиск эффективных технологических методов получения древесно-полимерных композиций привел к пониманию необходимости предвари-

тельной активации поверхностей частиц компонентов композиции. При этом было обращено внимание на роль электризации и других электрических явлений в процессах формирования и разрушения адгезионных соединений, трении и механоактивации полимеров и минералов. В частности, экспериментальные результаты, полученные в последние годы, позволили заключить, что механоактивация твердых тел происходит в результате электрических процессов, являющихся следствием механических воздействий на твердые тела.

Электризация в первую очередь влияет на поверхностные свойства контактирующих тел, и с увеличением площади контактирующих поверхностей роль процессов электризации возрастает. Электростатическое взаимодействие зарядов частиц связующего и наполнителя создает благоприятные условия для реализации молекулярной и электрической компоненты адгезии, способствует заполнению пор и пропитке объема наполнителя, оказывает существенное влияние на кинетику омоноличивания композита. Усиление взаимодействия в системе **полимер—наполнитель**, а также ускорение процессов смачивания, растекания и пропитки наполнителя связующим приводит к повышению физико-механических характеристик получаемых полимерных композиций.

Проведенные нами исследования трибоактивации древесных опилок показали, что возникающее в результате активации электрически активное состояние очень сильно зависит от остаточной влажности опилок и природы ма-

териала. В табл.1 приведены значения остаточного удельного заряда опилок в зависимости от их влажности, регулируемой режимом подготовки опилок. Уменьшение остаточной влажности приводит к снижению электропроводности и росту удельного остаточного заряда опилок. При этом у опилок лиственных пород деревьев (ольха, береза, липа) с уменьшением содержания влаги наблюдается инверсия остаточного заряда.

Проведенные эксперименты показали, что сохранению электрически активного состояния частиц древесины препятствуют быстротекучие процессы сорбции атмосферной влаги. В связи с этим для дальнейших исследований процессов трибоактивации был использован древесный шпон толщиной 0,65—0,9 мм, который характеризуется более медленным поглощением атмосферной влаги.

Влажность древесины является основным фактором, определяющим величину остаточного заряда и длительность его сохранения, а следовательно и эффективность активации. Ниже представлены данные по влиянию исходной влажности соснового шпона на величину остаточного трибозаряда. При этом за «нулевую» влажность принималась остаточная влажность древесины после длительной (1—2 ч.) сушки при 70—100 °С.

Увеличение влажности древесного шпона резко ускоряет процесс релаксации поверхностного заряда. Анализ данных, представленных на рис. 1 и 2, показывает, что при активации древесины, содержащей 0,9% влаги, время релаксации заряда уменьшается бо-

Таблица 1

Подготовка опилок	Остаточная влажность опилок, %	Удельный заряд q/m мкк/кг		
		сосна	лиственные породы	бамбук
Исходные, без подготовки	8—10	-0,48	-0,08	+0,11
Сушка и хранение 5 сут в эксикаторе с силикагелем	3—5	-0,57	+0,10	—
Сушка перед активированием	1	-0,67	+10,15	+0,14

Таблица 2

Влажность, %	0	0,9	1,25	2,15	2,5
Плотность заряда, мкк/м <sup>2</sup>	+35,2	+30,3	+27,1	+19,7	+13,3

лее чем в 5 раз по сравнению с образцами сухой древесины.

Дальнейшее повышение начальной влажности до 1,25 % и 2,15 % приводит к снижению этого времени до 40 с и 20 с соответственно. При этом с увеличением влажности значения времени релаксации, характеризующего спад долгоживущих составляющих остаточного трибозаряда (свыше 0,6 кс), уменьшаются не так резко (рис. 2).

Анализ картин декорирования исходных и активированных частиц исследуемых материалов позволяет заключить, что активированные электрически сильновозряженные частицы по сравнению с исходными слабозаряженными поляризуют жидкокристаллическое вещество на значительно больших расстояниях от поверхности частиц, т. е. имеют существенно большее силовое дальнее действие. При этом интенсивность поляризующего воздействия значительно выше. Это обусловлено большим дальним действием электрических сил по сравнению с молекулярными.

Проведенные научно-исследовательские работы составили основу технологии получения ЭДНП, научная новизна которой заключается во-первых, в повышении адгезии частиц термопласта к древесному наполнителю за

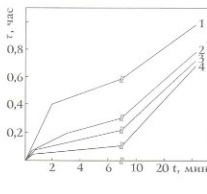


Рис. 1. Влияние начальной влажности образцов соснового шпона на кинетику изменения относительного значения поверхностной плотности заряда  $\delta/\delta_0$  ( $\delta_0$  в  $\mu$  и  $\delta_0$  — начальное значение и значение в момент времени  $t$  поверхностной плотности заряда). 1—2,5; 2—2,15; 3—1,25; 4—0,9; 5—0

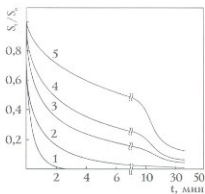


Рис. 2. Зависимость времени релаксации поверхностного заряда образцов соснового шпона при различных значениях его начальной влажности от относительности экспозиции на воздухе с относительной влажностью  $50 \pm 3$  %: 1—0; 2—0,9; 3—1,25; 4—2,15

счет обеспечения необходимых физико-химических характеристик частиц композиций, и, во-вторых, в направленной реализации механизма самоорганизации структуры композиции для осуществления тиксотропного течения высоконаполненного расплава полимера и осуществления микрокапсулирования дисперсных частиц наполнителя.

В практическом плане найденные технические решения обеспечивают степень наполнения термопластом до 85—90 масс. %. При этом композиты имеют такие реологические характеристики, что да-

ет возможность их переработки в изделия экструзией и прессованием. В табл. 3 приведены сравнительные характеристики ЭДНП и известных традиционных материалов. Из таблицы видно, что ЭДНП имеют более высокие физико-механические показатели, низкое водопоглощение, стойки к биоразрушению, хорошо поддаются механической обработке.

Экологически чистая безотходная и ресурсосберегающая технология получения ЭДНП включает сушку и измельчение древесного наполнителя, сушку полимера, смешение компонентов компози-

Таблица 3

Показатель	Древесина вдоль волокна поперек волокна	ДСП ГОСТ 10632—89	МДФ	ЭДНП	
				плиты	профили
Способ получения		Прессование	Прессование	Прессование	Экструзия
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	450—650*	550—800	750—950	800—1100	1000—1200
Предел прочности, МПа при изгибе	$\frac{50-100^*}{1,5-2,0}$	14—18	25—40	15—42	18—44
	$\frac{70-120}{2,7-10,8}$	0,35 (перпендикулярно плиты/плиты)	0,4—0,5 (перпендикулярно плиты/плиты)	7—8	8—10
Модуль упругости при статическом изгибе, МПа	$\frac{10000-15000}{430-600^*}$	1700—4000	1800—2300	2000—4000	2000—4000
Удельное сопротивление выдергиванию шурупов, Н/мм	—	45—60	60—200	150—200	150—250
Разбухание по толщине за 24 ч, %	$\frac{0,1-0,3}{6-12}$	22—33	20—30	10—25	1—2
Водопоглощение за 24 ч, %	—	15—50	—	до 15	1—3
Биостойкость	—	подвержены биоразрушению	подвержены биоразрушению	стойки к биоразрушению	стойки к биоразрушению

\* — показатели для древесины приведены при влажности 12 %

ции и прессование (экструзию) по-  
лученной композиции в изделия.

**Технико-экономические  
показатели производства  
ЭДНП**

Мощность по производству ЭДНП, м <sup>3</sup> .....	6000
Количество работавших, чел. ....	60
Инвестиции, млн. руб.: в освоение .....	4481
в основные фонды .....	3791
Продолжительность строительства, мес. ....	9
Срок освоения проектной мощности, мес. ....	3
Чистая прибыль, млн. р. ....	3586
Срок окупаемости инвестиций (с учетом срока строительства), лет .....	2
Рентабельность реализуемой продукции, % .....	31

По результатам отработки тех-  
нологии получения ЭДНП на ря-  
де промышленных предприятий

России создана концепция техно-  
логического модуля по производ-  
ству изделий из ЭДНП мощнос-  
тью 6000 м<sup>3</sup>/год. В состав модуля  
входит как стандартное, так и не-  
стандартное оборудование, разра-  
ботанное по техническим задани-  
ям ОАО «Московский ИМЭТ».

Наиболее целесообразна установ-  
ка технологического модуля на пред-  
приятиях по производству ДСП, а  
также предприятиях, имеющих от-  
ходы деревообработки (опилки,  
стружка), что позволит решить про-  
блему их утилизации с одновремен-  
ным выпуском высококачественной  
и экологически чистой продукции.

Технологический модуль преду-  
сматривает получение методом  
прессования и экструзии широкого  
ассортимента мебельных дета-  
лей, дверей и погонных изделий  
(плинтусы, наличники и т. п.).

На материалы и изделия из  
ЭДНП получены Российский гиги-  
енический сертификат и экс-  
пертные заключения о возможно-  
сти их применения в жилищном и

гражданском строительстве в ка-  
честве конструктивных, отде-  
лочных материалов и элементов  
кухонной, корпусной и встроен-  
ной мебели.

Экологическая чистота матери-  
алов и изделий из ЭДНП позво-  
ляет рекомендовать их прежде всего  
для помещений с повышенными  
санитарно-гигиеническими требо-  
ваниями — детских учреждений,  
больниц, лечебно-оздоровитель-  
ных комплексов, школ и др.

Особо следует отметить, что  
свойства ЭДНП значительно  
расширяют возможности дизай-  
на изделий за счет их прессова-  
ния. *В будущем ассортименте:  
филенчатые цельные и сборные  
входные двери с широкой га-  
мой рельефно-декоративной от-  
делки и такими важными свой-  
ствами как негорючесть и нуле-  
непробиваемость, оконные пе-  
реплеты, подоконная доска, де-  
коративные изделия сложной  
формы, детали мебели (дверцы,  
полки, стенки и т.д.).*



**ОАО «Московский ИМЭТ»**

**П Р Е Д Л А Г А Е Т**



**предприятиям по производству ДСП и МДФ**

**НОВУЮ ТЕХНОЛОГИЮ  
ДРЕВЕСНОПОЛНЕННЫХ ПЛАСТМАСС,  
которая позволяет**

Использовать 85—90 % действующего оборудования,  
используемого сырья и расходных материалов

Получать абсолютно экологически чистую продукцию  
с качеством, превышающим мировой уровень

Повысить конструктивные свойства и эстетичность  
мебели, отделочной доски, погонажа

Эффективно использовать отходы деревообработки,  
растительные отходы, а также бытовые и промышлен-  
ные отходы пластмасс

**Тел. (095) 219-48-32**

**Факс (095) 218-06-23**

## Технология изделий из экологически чистых супернаполненных пластмасс (СНП) на основе минеральных наполнителей и термопластов

Пластмасса является одним из основных материалов для производства изделий, используемых человеком в быту. В частности, в пластмассе из термопластов (полиэтилена, полипропилена, поливинилхлорида) сочетаются прекрасные свойства:

- технологичность ввиду высокой текучести и пластичности;
- возможность получения изделий по технологии литья, экструзии, пресования и калибрования;
- возможность использования различных наполнителей;
- возможность получения изделий разнообразных форм и цветовой гаммы;
- высокая химическая стойкость;
- экологическая чистота.

К недостаткам пластмасс можно отнести:

- низкую огнестойкость, выделение значительного объема токсичных веществ при горении;
- низкую радиационную стойкость;
- высокие тепло-, электрофизические и оптические свойства;
- недостаточно высокие прочностные характеристики;
- значительную усадку;
- высокую стоимость.

В этой связи внимание ученых привлекает возможность нахождение термопластов различными дисперсными материалами. Так решается задача создания конструктивных и специальных композиционных материалов, обладающих уникальным комплексом свойств и повышенными эксплуатационными характеристиками. В мировой практике наиболее выдающиеся результаты предусматривают использование наполненных пластмасс с использованием до 50 % дисперсных наполнителей.

С увеличением степени наполнения полимерной матрицы существенно возрастает необходимость совместности и однородности распределения компонентов в композиционном материале.

Эти задачи невозможно решить, не изучив влияния природы минеральных наполнителей на изменение надмолекулярной структуры связующего.

### Структурообразование минеральнонаполненных пластмасс

Структура и свойства наполненных полимеров как гетерогенных, многокомпонентных систем, в общем виде определяются двумя факторами. Первый заложен в самом принципе получения наполненных материалов путем введения в полимеры наполнителей, различающихся по физическим и химической структуре, размеру и форме частиц, содержанию их в системе. Второй — результат тех изменений в структуре и физических свойствах полимерной матрицы, которые обусловлены межфазным взаимодействием полимер

— **твердое тело**. Суммарное изменение свойств наполненной системы по сравнению с исходным полимером происходит в результате одновременного действия этих факторов и поэтому не является аддитивной величиной. Межфазные взаимодействия определяют фазовым и физическим состоянием полимера, гибкостью его цепей и плотностью сшивки, они различны для линейных, аморфных, кристаллических и сетчатых полимеров. В то же время первичным фактором, влияющим на основные свойства, является взаимодействие полимера с поверхностью твердого тела, что зависит от природы наполнителя. Оно определяет число возможных конформаций цепей в приграничном слое и ограничения, накладываемые геометрией поверхности на конформационный набор полимерных цепей.

Влияние наполнителей на структуру и свойства наполненных систем изучали на композиционных материалах, где связующим является полиэтилен, а в качестве наполнителей использовались полевой шпат и мусковит. Они выбраны потому, что проведенные физико-механические и реологические испытания позволили установить: наполнители этого класса обладают комплексом высоких прочностных свойств, а композиции, наполненные мусковитом, наиболее пластичны.

Полиэтилен является инертным высококристаллическим полимером, в котором количество аморфного вещества в различных образцах зависит от способа получения. Мы применяли полиэтилен низкого давления, степень кристалличности которого выше, чем у полиэтилена высокого давления.

При изучении композиции полиэтилена, наполненного полевым шпатом, с помощью электронного микроскопа при увеличении  $\times 1200$ , заметно значительное изменение структуры приграничного слоя полиэтилена. Вокруг частицы полевого шпата образуется определенным образом ориентированная и более уплотненная структура полимера, чем в объеме.

Обнаженная структурная морфология позволяет предположить, что с поверхностью наполнителя идет взаимодействие не отдельных макромолекул, а вторичных надмолекулярных глобулярных структур, возникающее в результате воздействия силового поля частицы. Толщина такого слоя с измененными свойствами колеблется в широких пределах и достигает 10 мкм. Можно предположить, что для полевого шпата характерно усиливающее действие композиции. Это обусловлено характером взаимодействия полимера с поверхностью наполнителя и определяет деформативность наполненного полимера, условия его разрушения, жесткость и прочность системы в целом. Это подтверждается при сравнении кривых спада намагниченности полиэтилена исходного и наполненного полевым шпатом, полученных методом протонной магнитной релаксации (рис. 1), что дает информацию об изменении поверхности макромолекул под действием поверхности наполнителя. При наполнении полиэтилена полевым шпатом (рис. 1) заметно снижение молекулярной подвижности полиэтилена на участке Б, характеризующем наличие упорядоченной кристаллической фазы и уменьшение амплитуды спада медлен-

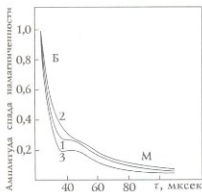


Рис. 1. Зависимость амплитуды сигнала на заливочности (Б — быстрораспадающаяся экзопленка, М — медленнораспадающаяся экзопленка) при наполнении:  
1 — ПЭ чистый; 2 — ПЭ + мусковит;  
3 — ПЭ + полевого шпата

ной компоненты М, что говорит, вероятно, об уменьшении аморфной фазы. Кроме того, увеличение колебательного характера кривой (перегиб в промежуточной области 25–40 мкс/сек) при наполнении полевым шпатом, по сравнению с чистым полиэтиленом, обусловлено вкладом кристаллической фазы полимера приграничных структур.

По данным рентгено-структурного анализа происходит также увеличение степени кристалличности по сравнению с исходным полиэтиленом (индекс кристалличности по мультишлету полиэтилена — 35, а при наполнении полевым шпатом — 50).

Эти данные свидетельствуют об увеличении прочностных характеристик системы.

При деформировании наполненной системы мы получаем представление о кинетике структурообразования и свойствах деформированной композиции. При наполнении полиэтилена полевым шпатом вязкость композиции возрастает с увеличением процента наполнения и не зависит от величин

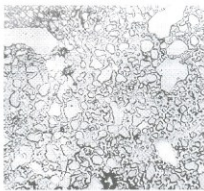


Рис. 3. Микроструктура композиции полиэтилена при оптимальном наполнении х 200

ны удельной поверхности (рис. 2).

Однако предел сдвиговой прочности, характеризующий прочность системы, возрастает с увеличением удельной поверхности, то есть при уменьшении частиц до определенного размера происходит усиление системы за счет увеличения взаимодействия связующего с поверхностью наполнителя (рис. 2).

Вероятно, с увеличением степени наполнения полевым шпатом ориентировочная глобулярная структура становится преобладающей, возрастает роль поверхностных явлений на границе раздела фаз (рис. 3). Естественно, что упрочняющее действие имеет предел, отвечающий состоянию, когда все связующее переходит в структурированное состояние, дальнейшее наполнение приводит к снижению прочности композиции, так как связующего не хватает для полного смачивания поверхности частиц наполнителя. Поэтому экстремальные значения физико-механических показателей композиций, наполненных усиливающим наполнением соответствуют оптимальному значению полимеремкости системы и

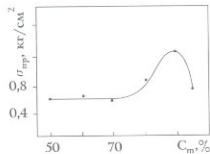


Рис. 4. Зависимость предела прочности при растяжении от наполнения

являются определяющими для свойств данной системы (рис. 4).

Иной характер структурообразования наблюдался в композиционном материале при наполнении полиэтилена мусковитом (разновидность слюды).

При исследовании структуры композиции с помощью электронного микроскопа при увеличении  $\times 1200$  не заметно каких-либо изменений в структуре полиэтилена, частицы имеют четкий контур и определенную направленность. Можно предположить, что вокруг таких частиц будет формироваться фибриллярная структура, ориентированная вдоль поверхности частиц. В противоположность полевоому шпату частицы мусковита не являются центрами образования вторичных надмолекулярных структур, а способствуют как бы взаимной параллельной укладке фибрилл, длина которых в 10–20 раз больше, чем глобул, относительно друг друга. Фибриллы как бы скользят по поверхности частицы, покрывая ее поверхность пленкой. Такая структура обладает большими энтаксиальными свойствами, чем глобулярная, по сравнению с ней должна быть более пластична, иметь меньшую жесткость, кристалличность, более низкую прочность и адгезию.

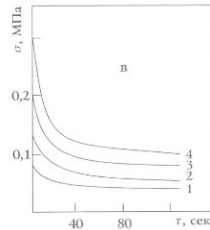
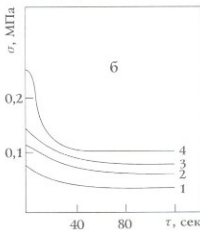
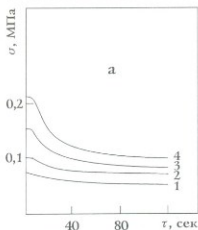


Рис. 2. Кинетическая зависимость напряжения сдвига композиций с полевым шпатом при объемном наполнении:  
1 —  $C_m = 0\%$ ; 2 —  $C_m = 10\%$ ; 3 —  $C_m = 20\%$ ; 4 —  $C_m = 30\%$  для удельных поверхностей: а) 1800  $\text{см}^2/\text{г}$ ; б) 3000  $\text{см}^2/\text{г}$ ; в) 6500  $\text{см}^2/\text{г}$



## Сравнительные свойства супернаполненных пластмасс (СНП) и полиэтилена низкого давления (ПЭНД)

Показатель	СНП	ПЭНД
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	2200—2400	954—960
Предел прочности, МПа при изгибе	30—40	19—35
при сжатии	40—60	—
Твердость по Бринеллю, МПа	80—100	48—54
Модуль упругости при изгибе, МПа	11000—15000	470—680
Ударная вязкость, кгс·см/см <sup>2</sup>	6—8	—
Огнестойкость	трудногорючий	горючий
Водопоглощение за 24 ч, %	0	0

Это подтверждается данными рентгено-структурного анализа, когда наполнение полиэтилена мусковитом не изменило индекса кристалличности исходного полиэтилена (индекс кристалличности по мультитету полиэтилена — 35 и при наполнении мусковитом — 35). Это отразилось и в сравнительной характеристике кривой сдвига намагниченности, когда наполнение мусковитом сопровождалось незначительным уменьшением амплитуды сдвига быстрой и медленной компоненты кривой (рис. 1). Следовательно на границе раздела фаз в композиционном материале образуются упорядоченные ориентировочные структуры полимера, состоящие из надмолекулярных образований глобулярного и фибриллярного типа, которые и определяют основные свойства композиционных материалов.

И если для структуры глобулярного типа определяющими являются прочностные показатели, то для структуры фибриллярного

типа — показатель пластичности, то есть вязкости системы.

По аналогии с глобулярной структурой, наибольшей пластичностью структура фибриллярного типа будет обладать тогда, когда все связующее перейдет в структурированное состояние. Это подтверждается и реологическими исследованиями. Исследуя кинетику структурообразования для композиций с различными наполнителями, мы получили деформационные кривые зависимости напряжения сдвига от времени. Для мусковита  $S_{25} = 2000 \text{ см}^2/\text{г}$  при 70 % наполнении — вязкость, уменьшающаяся (рис. 5), что соответствует оптимальному значению наполнения для данной системы. Для  $S_{25} = 4000 \text{ см}^2/\text{г}$  — минимальная вязкость соответствует 50 % наполнению (рис. 6).

Выполненные исследования убедительно показывают, что физико-механические и пластические свойства полимерных композиций можно изменять в широких пределах

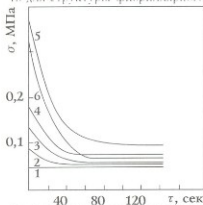


Рис. 5. Кинетическая зависимость напряжения сдвига композиций, наполненных мусковитом ( $S_{25} = 2000 \text{ см}^2/\text{г}$ ) при наполнении: 1 —  $C_0$  — 0%; 2 —  $C_1$  — 10%; 3 —  $C_2$  — 20%; 4 —  $C_3$  — 30%; 5 —  $C_4$  — 40%; 5 —  $C_5$  — 50%

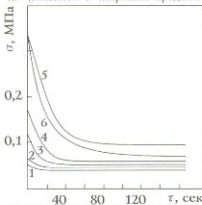


Рис. 6. Кинетическая зависимость напряжения сдвига композиций, наполненных мусковитом ( $S_{25} = 4000 \text{ см}^2/\text{г}$ ): 1 —  $C_0$  — ПЭНД; 2 —  $C_1$  — 10%; 3 —  $C_2$  — 20%; 4 —  $C_3$  — 30%; 5 —  $C_4$  — 40%; 5 —  $C_5$  — 50%

путем направленного изменения природы надмолекулярных структур. Это может быть достигнуто как разумным сочетанием разных типов наполнителей, степенью наполнения, соответствующей оптимальному значению полимерности для каждого типа систем, так и направленным воздействием на наполнители и полимеры, приводящим к усилению или изменению природы структурных образований. При этом в зависимости от вида наполнителя достигается существенное улучшение прочности, огнестойкости, тепло- и электрофизических свойств, снижение токсичности при горении изделий, а в ряде случаев удается получить изделия с новыми положительными свойствами при меньшей себестоимости продукции.

Основная трудность наполнения полимерных материалов — резкое ухудшение реологических характеристик композиций, затрудняющее работу технологического оборудования и вызывающее износ его формирующих поверхностей.

Эта проблема успешно решается ОАО «Московский ИМЭТ», реализовавшим задачу радикально более высокого наполнения полимерных материалов дисперсными наполнителями с одновременным сохранением высокой текучести и пластичности композиции.

В настоящее время создана технология супернаполнения термопластов:

- до уровня 95—97 масс. % магнитными порошками;
- до уровня 90 масс. % минеральными и древесными наполнителями при прессовании изделий;
- до уровня 65—75 масс. % шихвальными и древесными наполнителями при экструзии и каландровании изделий;
- до уровня 65—75 масс. % шихвальными и древесными наполнителями при литье изделий.

На основе полученных результатов разработаны новые подходы к проблеме формирования композиций:

- обеспечение повышенной адгезии термопластов к наполнителям за счет взаимодействия активированных дисперсных частиц с термопластами, направленная реализация механизма самоорганизации структуры для осуществления аномально быстрого течения высоконаполненного расплава полимера;
- осуществление микрокапсулирования дисперсных частиц наполнителя, их связывание в

монолог под воздействием адгезионных и капиллярных сил. Проведенные исследования позволили разработать методы суверенного наполнения материалов, способы их реализации в технологии.

Изделия из СНП сочетают в себе лучшие качества всех известных материалов: экологическую чистоту, высокие прочностные характеристики, повышенную износ- и химическую стойкость, заданные электрические, магнитные, бактериостатические и антиобрастающие (триабмахи, моллюсками) характеристики, хорошо поддаются механической обработке. Материал практически не имеет усадки, сохраняет формуустойчивость при температуре до +120 °С.

Изделия из СНП могут быть значительно дешевле благодаря высокой степени наполнения термoplastов минеральными наполнителями и отходами различных производств, в том числе шлаками, горными породами, кварцевым песком и техногенными продуктами.

Согласно технико-экономическим расчетам с учетом комплекса эксплуатационных и санитарно-гигиенических характеристик наиболее целесообразно производить из СНП канализационные трубы, кабели для силовых кабелей и кабелей связи, оболочки для трубопровода теплотрасс, сточные желоба и черепицу, а также

листовые материалы для отделки жилых, культурно-бытовых учреждений, трамвайного и специальных поездов.

#### Экономические показатели производства изделий из СНП при выпуске 1 млн. п. м

Мощность производства м <sup>3</sup> /ч	2500/6000
Выручка от реализации (без НДС) тыс. USD	2,916
Себестоимость готового выпуска тыс. USD	1,325
Балансовая прибыль тыс. USD	1,592
Капитальные вложения с учетом затрат на реконструкцию тыс. USD	1,150
Срок окупаемости затрат месяц	12—14*

\* — в зависимости от уровня налогообложения и рыночной цены на продукцию

Есть экспертные заключения о возможности применения данного материала в жилищном и гражданском строительстве в качестве экологически чистых конструкционных и отделочных материалов, заключения о высокой стойкости к воде и теплу, воздействию агрессивных и атмосферных факторов, в том числе к солнечной радиации в условиях длительной эксплуатации.

В освоении новой технологии весьма актуальным является

производство труб малого диаметра для инженерных коммуникаций:

— трубы для бытовой канализации; — трубы-оболочки силовых электрокабелей и кабелей связи метрополитена и его подвижного состава, а также других пожароопасных сетей.

Общая мощность первого такого производства составит около 1 млн. погонных метров труб ежегодно.

Себестоимость труб из СНП будет на 30—40% ниже аналоговой для изделий из полипропилена. Последние уступают в термостойкости и долговечности.

Значительные объемы новых супернаполненных пластмасс могут производиться для широкой номенклатуры изделий с улучшенными эксплуатационными, тепло- и электрофизическими, оптическими, физико-механическими свойствами (антифрикционные пары, подшипники, бамперы и тормозные колодки для военной техники, перегородки для радиационной защиты, мебель, сантехника, спортивный инвентарь, различные профили и изделия бытового назначения). Предлагаемые разработки по своему уровню превышают мировой. Новые материалы и изделия могут существенно повысить экспортный потенциал.



## ОАО «Московский ИМЭТ» оказывает услуги



### ПО МОДЕРНИЗАЦИИ И ВНЕДРЕНИЮ НОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Экологически чистых пожаробезопасных листовых отходовных материалов из минералонаполненных пластмасс

Труб повышенной огнестойкости для инженерных коммуникаций из минералонаполненных пластмасс

Питьевых изделий общехозяйственного назначения из минералонаполненных пластмасс

Высокое содержание минерального наполнителя (до 80 %), использование отходов пластмасс обеспечивают низкую себестоимость продукции и высокую рентабельность производства. Институт на своем опытном производстве готов оказать услуги по переработке небольших партий отходов пластмасс в гранулят, а также по получению минералонаполненных композиций и изделий на их основе.

Тел. (095) 219-48-32

Факс (095) 218-06-23

## Особенности применения оболочковых пигментов в лакокрасочных материалах

Современная технология отделочных строительных материалов должна основываться на процессах предельно экономного использования сырьевых и энергетических ресурсов. К процессам такого типа можно отнести производство лакокрасочных материалов (ЛКМ) с применением оболочковых пигментов (ОП).

Основными компонентами традиционных ЛКМ являются пигменты (Пг), наполнители и пленкообразующие вещества. Пигментированные ЛКМ представляют собой дисперсионные системы, в которых Пг и наполнители являются дисперсной фазой, а пленкообразователи и другие жидкие добавки — дисперсионной средой. Стабильность таких дисперсий обеспечивается формированием вокруг твердых частиц прочных адсорбционных слоев молекул пленкообразователя и других компонентов среды.

Идея создания ОП состоит в экономии дорогостоящих и дефицитных Пг за счет частичной замены их на значительно более дешевые наполнители. Частицы ОП содержат ядра (керна) из материала наполнителя кристаллической природы, на которые нанесен мозаичный или сплошной слой Пг.

Таким образом ОП, вызываемые керновыми, в ЛКМ выполняют функции как пигмента, так и наполнителя.

В отличие от химических способов получения синтетических оболочковых пигментов (патент США № 4207277 кл. В32В, 9/04, 1980 г.) более предпочтительными с точки зрения экологической безопасности

являются физико-химические способы (электрический, микрокапсулирование в псевдоожиженном слое и др.). Однако, несмотря на коммерческую привлекательность идеи ОП, технология их получения физико-химическим способом до сих пор не получила широкого промышленного распространения. Это связано с тем, что все известные способы отличаются сложностью, характеризуются относительно высоким энергопотреблением и часто являются экологически вредными производствами.

Разрабатывая ОАО «Московский ИМЭТ» технология микрокапсулирования не является химическим процессом и заключается в нанесении методом механоактивации монослоя пигмента-штенносидла на поверхность микронизированных частиц кристаллического наполнителя (кальцит, барит, тальк и др.). В связи с отсутствием вредных отходов и газовых выбросов, использованием эффективного технологического оборудования шлагодолготного исполнения технология института является экономичной и экологически безопасной. При этом технологический процесс протекает в специальных виброцентробежных аппаратах при комнатной температуре и нормальном атмосферном давлении.

Результаты исследования ОП методом рентгенографии (дифрактометр ДРОН-3) и растровой электронной микроскопии (РЭМ-T20) позволяют выявить следующие закономерности — индексы рентгеновской ди-

фракции компонентов соответствующим табличным данным; — изменения фазового состава компонентов не обнаружено; — интенсивность линий спектров оболочковых пигментов аналогична полученным для механических смесей компонентов того же состава.

Таким образом, данные экспериментальных исследований показывают, что ОП, полученные по технологии ОАО «Московский ИМЭТ», характеризуются преимущественно физическим характером взаимодействия компонентов и соответствии с электродинамической теорией Б. В. Дерягина.

Очевидно, что характер протекающих процессов определяется природой Пг и наполнителя, а также режимом механоактивации. Практически все Пг и наполнители являются кристаллическими веществами. Реальная кристаллическая решетка содержит различные виды дефектов, часть которых выходит на поверхность частиц, обуславливая ее микрогетерогенность. Такие участки характеризуются избытком поверхностной энергии, следовательно, повышенной склонностью к адгезии.

В процессе механоактивационной обработки происходит возбуждение активных центров на поверхности компонентов системы «наполнитель—пигмент», образование новых центров на свежих (овеньных) сколах кристаллических частиц и мозаичное закрепление более дисперсных частиц Пг на плоскостях кристаллов наполнителя и в соответствии с распределением наиболее активных центров.

В качестве примера на рис.1 представлена микроструктура белых оболочковых пигментов, которые содержат 33 % двуокиси титана. На снимках отчетливо видно, как частицы двуокиси титана размером в доли микрона покрывают более крупные частицы наполнителя (кальцит, барит).

Как показали экспериментальные исследования, силы взаимодействия между активированными поверхностями кристаллов при оптимальных режимах обработки обеспечивают достаточную устойчивость адсорбционной оболочки

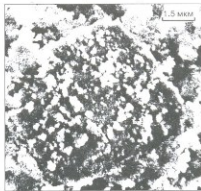
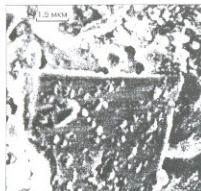


Рис. 1. Оболочковый пигмент на основе диоксида титана и микронизированного наполнителя. (7500 X, РЭМ BS-300)  
а)  $\text{TiO}_2 \cdot \text{BaSO}_4$ ; б)  $\text{TiO}_2 \cdot \text{CaCO}_3$

Таблица 1

Показатель	Значение для марки		
	A	B	C
Массовая доля двуокиси титана, %, не менее	40	33	25
Массовая доля летучих веществ, %, не более	0,5	0,5	0,5
Массовая доля веществ, растворимых в воде, %, не более	0,3	0,3	0,3
pH водной суспензии		8—10	
Остаток на сите с сеткой № 0045, %, не более	0,3	0,3	3
Маслоемкость, г/100 г пигмента, не более	20	20	20
Укрывистость, г/м <sup>2</sup> , не более	50	65	75
Разбеливающая способность, усл. ед., не менее	1000	500	300
Белизна, усл. ед., не менее	93	93	93

пигмента на поверхности тонкодисперсных наполнителей в процессе производства ЛКМ с использованием различных пленкообразующих систем и диспергирующего оборудования типа бисерных мельниц и роторно-пульсационных аппаратов.

В настоящей работе основное внимание было уделено эффективности использования белых ОП в различных ЛКМ.

Исследования проводились на базе Ярославского НИИ лакокрасочной промышленности. Образцы ОП для испытаний были предоставлены Российско-Китайским предприятием «Паанбао» (г. Гуйлинь, КНР) серийно выпускающим белые ОП по технологии ОАО «Московский ИМЭТ». Технические характеристики ОП марок А, В, и С на микрокальците представлены в табл. 1.

Образцы ОП имеют сертификаты качества и гигиенические, а также токсико-гигиеническое заключение. Испытания проводились на серийных ЛКМ различного назначения, в рецептуру которых входит диоксид титана: эмаль ПФ-115, эмаль ПФ-223, эмаль ЭП-140, эмаль ЭП-942, эмаль КО-1237, эмаль КО-1276, эмаль КО-84, состав КО-503, состав НП-501, эмаль НП-2137, эмаль АК-2130М, эмаль МЧ-145, краска ВД-ВА-224, краска ВД-АК-111, краска ВД-КО-11 и др.

Установлено, что ЛКМ, изготовленные с использованием ОП по времени диспергирования и степени дисперсности аналогичны ЛКМ, по-

лученным по серийным рецептурам. Физико-технические показатели ЛКМ с ОП оказались в основном, в пределах требований нормативно-технической документации.

В процессе испытаний были выявлены следующие специфические особенности применения ОП в ЛКМ: — повышение стабильности вязкости эпоксидных эмалей ЭП-140, ЭП-942 при их длительном хранении; — улучшение водостойкости эмалей ГФ-230, ПФ-1217ВЭ; — увеличение твердости пленки эпоксидной эмали ЭП-942.

В некоторых ЛКМ применение ОП на микрокальците и микробарите взамен чистой двуокиси титана приводит к относительному снижению седиментационной устойчивости системы и повышенной осадка (ПФ-223, ГФ-230, ПФ-1217ВЭ). Замена двуокиси титана на ОП в рецептуру некоторых красок, содержащих не более 13 масс. %  $TiO_2$ , может привести к повышению значений укрывистости. Например, в белой фасадной краске «Акра» значения укрывистости для серийной и опытной рецептуры с использованием ОП составили, соответственно, 118 г/м<sup>2</sup> и 150 г/м<sup>2</sup>.

В связи с этим для эффективного использования ОП в ЛКМ необходимо, прежде всего, научно обоснованный подбор пары «Пг — наполнитель» для конкретной дисперсионной среды, а в некоторых случаях — корректировка состава, оптимизация вида и количества

ПАВ и других целевых добавок.

Практический интерес представляет анализ полученных данных по укрывистости, поскольку этот показатель во многом определяет экономичность использования ЛКМ. С этой точки зрения эффективность применения ОП можно условно характеризовать коэффициентом Кэф, который рассчитывается по следующему уравнению:

$$K_{эф} = D_{сер} / D_{оп},$$

где  $D_{сер}$  — количество диоксида титана, необходимое для получения укрывающего слоя площадью 1 м<sup>2</sup> в серийных ЛКМ;  $D_{оп}$  — количество диоксида титана, необходимое для получения укрывающего слоя площадью 1 м<sup>2</sup> в опытных ЛКМ с ОП.

Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Экономически оправданным может быть использование ОП, если  $K_{эф} > 1$ . По-видимому основным фактором, определяющим величину Кэф для данного ОП, является состав пленкообразующей системы. В табл. 2 приведен ряд пленкообразователей и марок ЛКМ в соответствии с уменьшением величины Кэф.

Эти данные свидетельствуют о том, что применение ОП во многих случаях позволяет снизить расход дорогостоящего Пг в 1,3—3,6 раза.

Эффективность ОП, видимо, связана с действием нескольких факторов. Во-первых, при нанесении Пг на поверхность наполнителя образуются дополнительные поверхности раздела фаз «пигмент — наполнитель», где происходит рассеяние света. Во-вторых, уменьшается склонность частиц Пг к агрегации, ухудшающей укрывистость. Кроме того, при очень малом расстоянии между частицами Пг они рассеивают свет как одна крупная частица, что также снижает укрывистость. По-видимому, в ОП достигается близкое к оптимальному расстояние между частицами красящего пигмента, вследствие чего уменьшается вредный эффект «оптического слияния частиц».

Работы, проведенные совместно с ЯрНИИЛКП и НИИМосстрой, показали реальную возможность замены традиционных пигментов на абелечные и выявили некоторые специфические (позитивные и негативные) особенности их применения в серийных рецептурах ЛКМ.

Например, в серийных эмалях марок ПФ-223, ПФ-115, ЭП-56, ЭП-942, ЭП-140, КО-1276, КО-1273, КО-87, НП-2137, НП-501, КО-503, АК-2130М, М4-145 и красках ВДВА-224, ВД-АК-111, ВД-КО-11 рекомендуется полная или частичная (50 %) замена

Марка ЛКМ	Тип связующего	Содержание ОП (содержание в ЛКМ, масс. %)		Характеристики укрывистости		
		TiO <sub>2</sub>	Кальцит	Дер, г/м <sup>2</sup>	Доп, г/м <sup>2</sup>	Кэф
НП-2137	шпиренлестирольный олигомер	8	12	64,8	18,1	3,58
ЭП-148	смесь эпоксидной смолы с меламиноформальдегидной и амидной	17,4	17,4	24,6	12,3	2
ВД-ЖС-11	водный раствор натриевого жидкого стекла и латекса	5,7	11,5**	21	11	1,91
ХС-710	винилхлорид с винилденхлоридом	5	5	3	1,6	1,88
ПФ-115	пентафталевый лак	15,7	15,7	16,7	8,9	188
ВД-КО-11	кремнийорганическая эмульсия	11	11*	18,3	10	1,83
АК-2130 м	акриловый сополимер + коллаксидин	6,1	6,1	4,8	2,7	1,78
АС-95	алкидно-акриловый сополимер БМК-5	6,6	6,6	5,3	3	1,77
МЧ-145	алкиднокарбамидная смола	4,6	4,6	6	3,5	1,71
ВД-АК-111	акрилатный сополимер	8,1	8,1	11,8	7,6	155
ВД-ВА-224	поливинилацетат	6	6	9,8	6,5	1,51
МЛ-942	алкидномеламиновый лак	10,8	10,8	21,6	14,6	1,48
КО-1273	кремнийорганическая смола	13,3	13,3	28,2	20	1,41
ГФ-230	водная эмульсия глифталевого лака	9,7	14,5	13,9	10,6	1,31
ПФ-1217 ВЭ	водная эмульсия пентафталевого лака	14,3	4,8	14,3	14	1,02

\* — ОП на коллине

\*\* — ОП на тальке

диоксида титана на ОП.

Применение оболочковых пигментов может быть весьма эффективным для крупных производителей лакокрасочной продукции (грунтовки, краски, эмали), так как стоимость оболочковых пигментов значительно ниже (на 15—25 %) по сравнению с аналогами.

ОП можно эффективно использовать в производстве таких продуктов как эмали (пудровые, шпикерные, вяжущие, перегордчатые), глазури, пластмассы (полиэтирол, полиэтилен, полиэтилентерефталат, полипропилен), резинотехнические изделия, декоративные вяжущие материалы и цветные цементы, наполненные составы для отделки фасадов гражданских и промышленных зданий.

Технология, разработанная ОАО «Московский ИМЭТ», позволяет

производить как белые, так и цветные ОП полного цветового спектра, а также использовать их взамен традиционных пигментов: красного и желтого железосиньеного, лазури, сининовых кронов, сажи, фталоцианиновых, азопигментов и др.

Реализация технологии ОП обеспечивает следующие преимущества: — снижение расхода дорогостоящих красящих пигментов (в 3 раза); — уменьшение пыления вредных пигментов, в том числе органических пожаровзрывоопасных; — снижение общего содержания токсичных компонентов, например, сининовых кронов, при сохранении потребительских свойств; — относительно низкие энергозатраты за счет использования высокопроизводительных агрегатов проходного типа; — безотходность производства.

В настоящее время ведутся работы по расширению промышленного производства ОП в России (Москва) и за рубежом (Пекин, КНР).

Создание технологического комплекса по производству широкого ассортимента оболочковых пигментов на сырьевой базе Московского региона по заданию Московского комитета по науке и технологиям позволит организовать производство дешевых и качественных отделочных и лакокрасочных материалов строительного назначения для рынка Москвы, снизить объем импортных закупок белых и цветных пигментов, лакокрасочных материалов, в частности, водно-дисперсионных красок и отделочных составов.

*В связи с этим институт будет рад сотрудничать с фирмами, заинтересованными в развитии ОП в своих изделиях.*



## Цветные активированные цементы для внутренней и наружной отделки зданий

Совершенство внутренней и наружной отделки зданий во многом зависит от разнообразия и качества отделочных материалов. Однако используемые сегодня отечественные материалы и изделия имеют сходную текстуру и ограниченный ассортимент по цвету и фактуре, вследствие чего внешний облик зданий и отделка их внутренних интерьеров часто отличаются монотонностью и невыразительностью.

Одним из путей повышения качества жилья и, прежде всего, качества отделки фасадов и интерьеров является разработка принципиально новых отделочных материалов, относительно недорогих и не уступающих зарубежным аналогам по своим эксплуатационным и архитектурно-художественным свойствам.

Среди наиболее распространенных отделочных материалов (гипс, известня, природных камней, керамики) цемент и получаемый на его основе бетон занимают особое место благодаря высоким пластическим свойствам смесей, а также повышенной механической прочности, водо-, атмосферно-, и трещиностойкости готовых бетонных изделий. Еще в конце XIX — начале XX века на основе цемента методом литья и полусухой набивки форм (с арматурой) изготавливались лепные декоративно-архитектурные элементы для оформления зданий. Многие фасады зданий Москвы украшены цементными скульптурами, барельефами и декоративными деталями того времени, а в бетоне лепнина на жилых зданиях была впервые выполнена в 1870 г. Применяли в прошлом и широко используют в настоящем цемент для приготовления кладочных и штукатурных работ, в том числе декоративных. При этом декоративные штукатурки, предназначенные для отделки фасадов, вестибюлей и т. п., могут быть гладкими или иметь характерную фактуру, имитиро-

вать природные облицовочные камни.

Все большее распространение приобретают сегодня сухие бетонные и растворные смеси, содержащие только цементное вяжущее и песчаный заполнитель, они используются для получения мелкозернистых бетонов кладочных и отделочных растворов. Такие смеси, изготовленные в заводских условиях, требуют для выполнения работ только добавления воды. Подобные смеси использовались для отделки многих известных в Москве зданий и сооружений: Белого дома, гостиниц «Балчуг» и «Тверская».

Однако цветовая гамма отечественных цемента бедна и значительно уступает в этом отношении зарубежным аналогам. Изготовление тонкого (не более 20 мм) лицевого отделочного слоя из раствора, изготовленного на основе белого или цветного цемента и мелкого кварцевого песка (даже светлого) не дает достаточно светлых тонов, преобладающих сегодня в архитектуре. Недостаточно высокая плотность и прочность бетонных изделий, полученных из рядового портландцемента, снижает долговечность, а следовательно, и эффективность использования бетона для фасадной отделки зданий, в частности, для изготовления рельефных архитектурных деталей.

Институтом проведены исследования по получению цветных активированных цемента, предназначенных для изготовления высококачественных отделочных материалов с улучшенными эксплуатационными и декоративно-художественными свойствами.

В качестве исходных сырьевых материалов применялся белый портландцемент Шуровского цементного завода, кварцевый и строительный пески, красящие добавки. Белый портландцемент предварительно подвергался механической активации по технологии, разработанной ОАО «Московский

ИМЭТ». Эта технология обеспечивает получение модифицированного цементного вяжущего, отличительной особенностью которого, наряду с более высокой степенью дисперсности, является содержание в его составе тонкомолотого песка. В сочетании с применением в состав цемента тонкодисперсных пуццолановых добавок существенно повышается плотность цементного камня и его долговечность в условиях атмосферного воздействия крупного города. Замена кварцевого песка на обычный строительный при производстве активированного белого портландцемента позволяет получать цемент более высокой марочной прочности при незначительном снижении белизны (только на 0,1%).

Белый механически активированный цемент, полученный по технологии ОАО «Московский ИМЭТ» из рядового белого портландцемента 3-го сорта марки 400, имеет белизну 80 % и предел прочности при сжатии 63 МПа после пропаривания даже при замене 20 % вяжущего на обычный строительный песок. Причем нормальная густота полученного белого механически активированного цемента снижается с 25 % до 19 %.

В выполненных исследованиях цветной цемент получали путем простого механического смешивания предварительно активированного белого портландцемента и красящей добавки. Такой способ получения не нов. Однако цветные цементы, изготовленные ранее этим способом, имеют ряд существенных недостатков. Главный из них — бедность палитры, обусловленная ограниченным количеством целочестойких пигментов, которые обеспечивают качественную поверхность без пятен, подтеков и других дефектов. В данных исследованиях в качестве красящей добавки использовались обложочные пигменты. Технология изготовления ОП тоже разработана сотрудни-

№ состава	Количество пигмента, мас. %	Физико-механические свойства декоративного мелкозернистого бетона			
		Прочность при сжатии (через 28 сут.), кг/см <sup>2</sup> (МПа)	Белизна, %	Изменение прочности, R, %	Изменение белизны, %
1	0	562 (56,2)	72,5	—	—
2	1	569 (56,9)	72,7	+1	+0,3
3	3	591 (59,1)	73,7	+5	+1,6
4	5	591 (59,1)	74,5	+5	+2,7
5	10	620 (62,0)	77,8	+10	+7,3
6	20	620 (62,0)	80,5	+10	+11,0
7	25	668 (66,8)	82,2	+19	+13,0

ками ИМЭТ. Оболочковые пигменты представляют собой композиционные материалы, состоящие из оптически нейтральных зерен наполнителя, на поверхность которых нанесена оболочка обычного пигмента. Благодаря частичной замене пигмента более дешевым наполнителем (в качестве наполнителя могут быть использованы барит, тальк, кальцит, каолин) обеспечивается существенная экономия дорогих и дефицитных красящих материалов и, как следствие, заметно снижается стоимость цветных цементов, изготовленных с использованием таких пигментов. Оболочковые пигменты можно получать в полном цветовом спектре и применять взамен традиционных пигментов: двуокиси титана, окиси цинка, хрома, голубой лазури и т. д.

Установлена возможность получения цветных активированных цементов за счет использования оболочковых пигментов широкой цветовой гаммы. При этом поверхность бетонных образцов имеет равномерную, без пятен и других дефектов лицевую поверхность. Белизна полученного бетона составляет не менее 80 %, а предел прочности при сжатии — не менее 60 МПа (в возрасте 28 сут.).

При проведении исследований количество красящей добавки — оболочкового пигмента в цементе достигало 25 % (от массы цемента). Известно, что количество красителя при приготовлении цветного цемента не должно превышать 10 % (от массы цемента),

в противном случае (при дальнейшем увеличении количества пигмента) снижается марка цемента. Марка получаемого претного цемента должна быть не ниже 300. Прочность на сжатие (после пропарки) активированного цемента превышает 600 кг/см<sup>2</sup>, что составляет порядка 70 % от прочности в возрасте 28 сут., поэтому максимальное количество оболочкового пигмента в исследованиях было принято равным 25 % (от массы цемента). Для изготовления образцов использовалась сухая смесь белого активированного цемента и строительного песка (Мк=2,14) следующего состава (мас. %): белый активированный цемент М800 — 30; песок строительный — 70.

Оболочковый пигмент (белый) вводили в сухую смесь в количестве 1—25 % (от массы цемента). После тщательного перемешивания смесь затворяли водой. Результаты исследования влияния красящей добавки — белого оболочкового пигмента — на свойства декоративного бетона приведены в таблице.

Как видно, значительное (более чем в 2 раза) превышение количества вводимой в цемент красящей добавки по сравнению с рекомендуемым нормативными документами ее содержанием (не более 10 % от массы цемента) практически не снижает высоких прочностных показателей полученного декоративного мелкозернистого бетона, а по прочности на сжатие он может быть отнесен к марке «60». Вместе с тем заметно возрастает основной показатель окраски

бетона (за счет используемого белого оболочкового пигмента) — коэффициент белизны, превышающий 80 %.

Проведены исследования по выявлению влияния разных заполнителей на белизну и прочность белого мелкозернистого бетона. Для этих целей были изготовлены образцы следующего состава (мас. %): активированный цемент М 800 — 30; заполнитель — 70.

В качестве заполнителя использовался песок кварцевый речной Мкр=0,93 и песок строительный волоколамский Мкр=2,14.

Подвижность растворной смеси для всех исследуемых составов была принята равной 12 см (по погружению стандартного конуса СтройЩНЛ).

Результаты исследований показали, что введение в состав белого мелкозернистого бетона в качестве заполнителя кварцевого песка дает повышение белизны самого бетона всего на 0,8 %, но резко ухудшает его прочностные свойства (снижает более чем на 45 %).

Таким образом, подтверждается эффективность использования оболочковых пигментов для получения цветных активированных цементов и изделий на их основе. Следует заметить, в таблице приведены результаты исследования влияния наиболее сложного в изготовлении и применении белого оболочкового пигмента, что связано с частым использованием светлых тонов в архитектурной отделке зданий.

Предварительные поисковые исследования показали возможность успешного использования разработанных цветных активированных цементов для изготовления высококачественной декоративной штукатурки. Благодаря высоким пластическим свойствам смесей, полученных на основе активированных цветных цементов, а также повышенной плотности и прочности бетонов, изготовленных с использованием таких цементов, возможно расширить ассортимент высокохудожественных изделий для отделки наружных фасадов и внутренних интерьеров зданий, и, таким образом, значительно улучшить архитектурный облик городов.

## Свойства и применение высокопроникающих цементных тампонажных растворов (ВЦР)

Выполнение тампонажных работ для укрепления грунтов и водоупорности — неотъемлемый элемент строительства, связанный с проходкой туннелей и шахтных стволов, сооружением зданий на подвижных грунтах или укреплением и реставрацией старых зданий и архитектурных памятников. Например, в Москве тампонажные работы широко применяются при прокладке новых линий метрополитена и при укреплении фундаментов старинных зданий, представляющих историческую ценность. Часто укрепле-

ние фундаментов жилых зданий производится без отселения жильцов, что налагает на используемые для тампонажа материалы и технологии существенные экологические ограничения.

Используемые тампонажные растворы по вещественному составу можно разделить на две группы:

— суспензии — жидкости, в которых находятся во взвешенном состоянии частицы дисперсной (в основном, твердой) фазы; к ним относятся цементные, гли-

нистые (бентонитовые), гипсовые и другие тампонажные растворы;

— химические растворы, в которых дисперсная фаза отсутствует; к ним относятся растворы на основе лигнина, карбамидной смолы, жидкого стекла, акриламида.

Каждый из разработанных и апробированных тампонажных растворов имеет свою область применения. Она зависит как от свойств самого раствора (проникающая способность, интенсивность

Таблица 1

Тампонажные растворы на основе	Свойства		Основные достоинства	Недостатки
	Проникающая способность, см/с	Прочность отвержденных пород, МПа		
Глин	$K_f > 0,1 - 0,01$	до 1—3	— коррозионная стойкость — повышенная по сравнению с цементными прони- кающая способность	— удлиненные сроки схватывания — пониженная прочность тампонажного камня — трещинообразование при высыхании
Водорастворимых силикатов (жидкого стекла)	$K_f > 0,001$	до 5—6	— высокая проникающая способность	— относительно высокая вязкость растворов — пониженная прочность и водостойкость тампонажного камня — высокая стоимость
Синтетических смол	$K_f > 0,0001 - 0,00001$	до 30—40	— высокая проникающая способность — высокая прочность тампонажного камня — возможность приготовления растворов	— высокая стоимость — токсичность
Цементы	$K_f > 0,1$	до 20—40	— относительно низкая стоимость — возможность широкого регулирования свойств — экологическая чистота	— низкая проникающая способность
Предлагаемые высокопрони- кающие цементные растворы (ВЦР)	$K_f > 0,0001$	до 20—30	— высокая проникающая способность — относительно низкая стоимость — экологическая чистота — возможность широкого регулирования	нет

ных покрытий, бетонов и штукатурок;

— ремонта и реставрации архитектурных памятников и инженерных сооружений.

Аналогичные ВЦР тонкодисперсные цементные тампонажные материалы разработаны и выпускаются в Германии и Японии (например, тонкодисперсный порошок из группы цемента «Альфак МС»). По своим техническим характеристикам и областям применения они близки к ВЦР (см. материалы XII Международной конференции по бетонам «Bausib», Веймар (Германия), 22—24 сентября 1994 г.).

Разработанные технологии производства ВЦР не требуют значительных капитальных вложений, поэтому полные затраты, включая расходы на доставку потребителю не превысит 600-700 USD за 1 т сухого порошка ВЦР. Учитывая, что на 1 м<sup>3</sup> тампонажного раствора расходуется 250—350 кг цементного порошка, стоимость готового к проведению тампонажных работ ВЦР не превысит 150-200 USD за 1 м<sup>3</sup>, стоимость 1 м<sup>3</sup> порошка, скрепленного

ВЦР — 30-40 USD. Для сравнения: стоимость 1 м<sup>3</sup> химического тампонажного раствора на основе карбамидной смолы составляет порядка 300 USD, а 1 м<sup>3</sup> скрепленной их порошка — 60 USD. В случае использования силикатизации стоимость 1 м<sup>3</sup> тампонажного раствора на жидком стекле составляет 90—100 USD, а 1 м<sup>3</sup> скрепленной порошка — около 20 USD, однако метод силикатизации дает почти на порядок меньшую прочность и водостойкость скрепленного грунта, чем в случае применения ВЦР, карбамидных и других смол. Таким образом, использование ВЦР вместо химических тампонажных растворов при тех же условиях тампонирования (например, при укреплении слабофильтрующих пород) дает значительный экономический эффект.

Разработаны технические условия на вязущее для высокопроницающих растворов и технологический регламент его получения. Изготовлены две опытные партии ВЦР по 100 т каждой. Разработка защищена патентами № 163093 и 1491085.

Новая технология тампонажа с использованием ВЦР была успешно апробирована на клетевом стволе шахты «Кураховская» ПО «Селидовоуголь», где с помощью ВЦР удалось подавить остаточ-

ный водопиток из мелкопористого песчаника с коэффициентом фильтрации около 10—4 см/с.

ВЦР также успешно применялись на объекте Мосметростроя (станция «Печатники»), где с их помощью удалось закрепить грунты лотковой части туннеля. Грунты здесь были представлены прослойками — техногенными отходами, супесями, мелко- и среднесернистым песком. Осуществлялся контроль качества тампонажа путем отбора кернового материала.

ВЦР прошли комплексное исследование в отделе специальных исследований АО «Институт Гидроспецпроект» пригодности их для работ по ремонту шлюза № 14 Нижегородской ГЭС. Была проведена оценка их физико-механических свойств и выработаны рекомендации по восстановлению и повышению плотности бетона порога шлюза № 14 Городецкого РЭС.

На основании этих апробаций для практического использования предлагаются новые экологически чистые высокопроницающие цементные растворы (ВЦР), сочетающие в себе положительные качества цементных и химических тампонажных растворов и лишены их недостатков.

УДК 725

Т. С. СЕМЕНОВА, канд. архитектуры

## Проблемы формирования архитектурно-художественного образа Москвы на пороге 850-летнего юбилея

Москва — город многовековой истории. Изучение уникальности формирования и развития исторического города в целом и феномена Москвы в частности определяет, по крайней мере, три основополагающие задачи на каждом этапе реконструкции:

- комплексное решение проблем композиции архитектурного ансамбля улицы, площади, района при включении в них нового сооружения;
- качество и архитектурная выразительность застроенного объекта;

— профессиональная реконструкция существующих зданий и сооружений.

Воссоздание художественных ценностей, выявление и спасение памятников архитектуры, ценных элементов среды застройки, грамотный ремонт и отделка фасадов озорного фонда, комплексное благоустройство прилегающих территорий — вот главные задачи архитектурной науки и практики в условиях «рыночной реконструкции».

Своеобразие Москвы в ее историчности. Образ нашего города

формировался на протяжении нескольких столетий и являет собой сочетание на одной улице, в одном районе архитектуры разных веков и стилей. И высока ответственность зодчего, вступающего в эту лютую пору времени, который должен не нарушить, а порой создать или воссоздать целостность образа — ансамбль городской среды.

Сегодняшний этап в развитии архитектуры центра Москвы крайне сложен. Он характеризуется совокупностью ряда проблем. Прежде всего, это новое строительство, остро поставив-

ные вопросы гармоничного сочетания новой архитектуры со сложившейся средой. Как правило, все постройки выполняются по индивидуальным проектам и требуют новых технологий отделки и строительства. Строительство в центре крайне затруднено: стесненные территории, огромное количество коммуникаций, рамки исторических владений и многое другое незамедлительно требуют разработки мобильных технологий производства работ. На первый план здесь выходят архитектурно-художественные проблемы сочетания разновременной архитектуры и учета существующей городской среды.

В настоящее время практически отсутствует номенклатура изделий для отделки фасадов зданий. Детали производятся небольшими партиями «под заказ». С одной стороны, это положительный момент, так как позволяет архитектору грамотно войти в окружающую среду, с другой — огромное удорожание строительства. В этой связи представляется необходимым создание гибкого набора изделий, решающих ряд архитектурных вопросов оформления первых этажей, окон, отдельных элементов фасада, завершения зданий. Подобный опыт имеется в Европе (Франция, Германия, Австрия), что позволяет сочетать дорогое индивидуальное строительство с более дешевым, использующим гибкую номенклатуру деталей отделки зданий. Москве нужно налаженное обеспечение производства этих элементов.

Настоящей проблемой сегодняшнюю дню является реконструкция существующей застройки. Огромное разнообразие зданий, от построенных на рубеже веков до «пятиэтажек» 60-х годов ждут заботы.

Москвархитектура постоянно проводит конкурсы на решение и модернизацию как отдельных зданий, так и градостроительных комплексов в целом. Недавно прошли конкурсы на архитектурное решение Столешникова переулка, центральных площадей Москвы (Пушкинской, Манежной, Боровицкой), на реконструкцию «безликих фасадов» разных по времени постройки зданий.

Ряд общественных зданий по Садовому кольцу, жилые дома на улице 1905 года, на Якимовке, Малой Дмитровке, в районе Курского и Павелецкого вокзалов и многие другие ждут прие-

дения их в порядок, в гармоничное соответствие со сложившимся образом центра Москвы. Можно выделить несколько типичных примеров архитектурно-пероформления фасадов зданий и окружающей территории:

- изменение силуэта путем надстройки здания и введения элементов современного дизайна на крыше;

- модернизации фасадов посредством наложения отдельных деталей, введения архитектурного завершения здания и выделения первых этажей;

- строительство перед зданием новых небольших объемов общественного назначения, соразмерных по масштабу с окружающей малоэтажной застройкой;

- осмысленное, с учетом стили дома и исторической среды, цветовое решение отделки с введением новых отделочных материалов;

- комплексное осмысление (в контексте с домом) благоустройства прилегающей территории (мощение, фонтаны, цветочницы, решетки и пр.), что создавало бы единство восприятия архитектуры здания и его окружения;

- переоборудование московских дворов, превращение их в комфортабельные пространства для отдыха, некогда так свойственные нашему городу.

Как видно из проведенного краткого обзора архитектурно-художественных проблем города, сегодня назрела острая необходимость в совершенно новом подходе к освоению этого объема строительства.

Московское правительство проводит активную политику создания современного облика столицы России и его гармоничного развития. В последние годы Москва заметно преобразилась. Символом возрождения архитектурного облика города является восстановивший из небытия Храм Христа Спасителя. Радуют глаз Парк Победы, Иверские ворота, обновленная Манежная площадь. В ряду постановлений Правительства Москвы, посвященных благоустройству города, особое место занимает Постановление № 940 от 26.11.96 г. «О комплексном благоустройстве Москвы: колористика, архитектурное освещение и ландшафтная архитектура», в котором определены меры по созданию

исторического вида улиц столицы, возрождению «светлых» фасадов зданий.

Возможности архитектуры традиционно были связаны с теми материалами, которыми располагал зодчий. К сожалению, существующая номенклатура строительных материалов не позволяет достаточно широко использовать творческие возможности архитекторов, ограниченные использованием дорогостоящего природного камня и другими отделочными материалами, большая часть которых завозится из-за рубежа. В этом плане обнадеживают новые материалы, разрабатываемые ОАО «Московский ИМЭТ» по заданию Московского комитета по архитектуре и строительству. Они позволяют комплексно решать проблему повышения архитектурной выразительности зданий и сооружений за счет различных барельефов, элементов обрамления окон, порталов входов, малых архитектурных форм, а также элементов мощения. Эти материалы и изделия прекрасно сочетаются с новыми штукатурными составами и, в частности, с высококачественной камневидной штукатуркой, разработанной НИИ Мосстрой совместно с фирмой «ИНТЭКОСтрой». Вероятно, пришла пора интенсифицировать процесс развития и внедрения отечественных научных разработок и новых технологий в практику строительства. Необходимо использовать весь потенциал московской и областной промышленности с целью создания широкой номенклатуры новых, нужных городу изделий, которые бы отвечали высоким художественным требованиям, были бы инвариантны и мобильны в исполнении.

Для архитекторов и проектировщиков столицы это особенно важно, так как московская архитектура отличается стиливым многообразием. Москва нуждается в поисках современных средств поддержания и развития, а в ряде случаев, и воссоздания своего облика. Несомненно, поднятые в статье проблемы в равной степени относятся и к другим историческим российским городам. Вероятно, для каждого из них будет разумным комплексный подход к сочетанию архитектурного облика городской среды с применением новых эффективных технологий и высококачественных отечественных материалов и изделий.



## Перспективы использования шлакокаменного литья

В проблеме повышения сроков службы материалов и изделий, работающих в жестких условиях эксплуатации, абразивного изнашивания и агрессивных сред, большое значение имеет применение тех материалов, которые могут заменить черные и цветные металлы, обычно используемые в этих целях.

Одним из таких материалов является каменное и шлаковое литье, относящееся к классу литых стеклокристаллических материалов, получаемых на основе расплавов горных пород и отвалных шлаков или же огненно-жидких шлаков черной и цветной металлургии.

Каменное литье используют для внутренней облицовки металлических трубопроводов, деталей оборудования, емкостей и поверхностных устройств, агрегатов, аппаратов, подверженных воздействию

агрессивных сред и абразивному изнашиванию. Уже есть опыт его использования для покрытий автодромов и взлетных полос аэродромов, на АЭС и в оборонной промышленности, для настила долговечных и надежных полов в производственных помещениях многих отраслей промышленности.

Сферы применения каменного литья и в дальнейшем будут расширяться за счет:

- освоения новых типов камнелитых изделий, таких как крупногабаритные плиты, трубы большого диаметра, сложные фасонные отливки (утажелители для газопроводов), контейнеры для захоронения радиоактивных отходов, тубинги для туннеле- и метростроения;
- расширения применения внутреннего армирования литого

материала закладными деталями, металлической сеткой, каркасом;

- усовершенствования методов монтажа камнелитых изделий путем замены элементов футеровок, составов замазок, а также использования новых технологий крепления изделий к оборудованию;
  - научно-обоснованного применения каменного литья с учетом специфики рабочих сред и условий работы оборудования, защищаемого от коррозии или абразивного изнашивания;
  - разработки новых видов плавленых материалов, обладающих улучшенными физико-механическими и другими свойствами.
- Свойства изделий из шлакового и каменного литья, вошедших в промышленный каталог приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатель	Каменное литье		Шлакокаменное литье НЗФ***
	Износостойкое УМР*, ПЗРГО	Термостойкое ПЗРГО**	
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	2900—3000	2800—2960	2950—3020
Водопоглощение, %	0,13	0,7	0,2
Предел прочности, МПа при сжатии	200—500	150—360	200—450
при изгибе	20—50	15—40	20—45
Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>	1,25	1,08	1,1
Модуль упругости, МПа	100630	43700	83210
Термостойкость, °С	200	925	850
Термический коэффициент линейного расширения (в интервале 20—600 °С) $\alpha \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	83	60	73
Теплопроводность (при 20 °С), Вт/(м·°С)	1,52	1,07	1,37
Коэффициент истираемости, кг/м <sup>2</sup>	0,47	0,8	0,51
Кислотостойкость, % 20 %-ная HCl	97,8	73,3	89,1
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (х. ч.)	99,7	91,6	96,4

\* УМР — Трест «Укрметаллургремонт»

\*\* ПЗРГО — Первоуральский завод по ремонту горного оборудования

\*\*\* НЗФ — Никольский завод ферросплавов

Расширение применения литых изделий из плавящихся оксидных материалов объясняется тем, что они характеризуются достаточной прочностью, высокой плотностью и низкой пористостью, хорошей стойкостью против различного вида коррозионного и абразивного воздействия. Низкая теплопроводность плавящихся материалов, хорошая сопротивляемость воздействию растворов солей, кислот, щелочей, агрессивных сред и повышенной температуры позволяют применять их как конструкционные и строительные материалы.

Поэтому, наряду с развитием производства традиционных видов каменного лития на основе базальта и диабазы, ведутся исследования по получению композиций, в которых бы материал обладал иными свойствами. Это магнезитовое, термостойкое, диоксидное и волластонитовое литие, отличающееся от названного выше еще и окраской (голубое, зеленое, серое), которое целесообразно использовать как облицовочный материал для строительства. Белокраменное литие уже применено при строительстве высотных зданий, в частности, МГУ.

Сегодня при возведении объектов промышленного и гражданского строительства для отделки применяются облицовочные материалы, изготовляемые из природного камня, керамики, стекла и других неорганических искусственных и естественных материалов. Но большинство из них не соответствует жестким условиям эксплуатации и относительно быстро выходит из строя, что требует дорогостоящих ремонтных работ. Кроме того, изготовление многих облицовочных материалов связано с большими энергетическими затратами и применением дефицитного сырья и инструментов (например, алмазного).

В качестве облицовочного материала шлаковое и каменное литие, обладающее повышенной износ-, коррозионной и атмосферостойкостью, не находило широкого применения из-за низкого качества получаемой поверхности.

Основными достижениями в этой области материалов было использование частичной механизации производства плит в металлических формах с их подогревом и подпрессовкой, взамен отливки плит в разовые земляные формы.

До недавнего времени шлакокаменные изделия с улучшенным и декоративным качеством поверхности можно было получить только путем механической обработки

поверхности плит (шлифовкой и полировкой), например, никролитом, производимым на Никопольском заводе ферросплавов (Украина) из огненно-жидких шлаков, отходов ферромарганцевого производства.

ОАО «Московский ИМЭТ» разработал и запатентовал основы технологии получения декоративного шлакокаменного лития с улучшенным качеством поверхности. Сущность ее состоит в том, что огненно-жидкий или расплавленный отвалный шлак или горная порода заливается при температуре 1100—1200 °С не в земляные или металлические формы, а на поверхность расплавленного металла с температурой 850—950 °С, при которой происходит формирование и кристаллизация материала.

Способ получения декоративно-облицовочных изделий нового поколения осуществляется на поверхности расплава металла путем совмещения процессов формирования и кристаллизации огненно-жидкого шлака или расплава горных пород. Это позволяет повысить уровень механизации в 2,5 раза, снизить трудоемкость в 2 раза, сократить расход алмазного инструмента в несколько раз, уменьшить себестоимость плиточных материалов по сравнению с природным камнем. Утилизация огненно-жидких и отвалных шлаков при этом способствует улучшению экологической обстановки, так как уменьшаются площади отвалов, что способствует рекультивации земель.

Технико-экономические показатели предлагаемой технологии приведены ниже.

Производительность, тыс. м <sup>2</sup> /год	..... от 25
Производственные площади, м <sup>2</sup>	..... от 500
Объем капиталовложений: на реконструкцию действующего производства, млн. USD	..... 0,75
на организацию серийного производства, млн. USD	..... 1,5—2,0
Себестоимость единицы продукции, USD/м <sup>2</sup>	..... 25
Отпускная цена единицы продукции, USD/м <sup>2</sup>	..... 40
Стоимость единицы продукции аналога (природный камень), USD/м <sup>2</sup>	..... 50—70
Срок окупаемости, мес.	..... 18—24

Исследование эксплуатационных и технических характеристик плиток из огненно-жидкого ферромарганцевого шлака, полученных

- по новой технологии, показало, что:
- прочность при изгибе и сжатии почти в 1,5 раза выше, чем у полученной по традиционной технологии, и на 15 % выше предела прочности при изгибе каменного лития (табл. 2);
  - прочность при ударе в 1,5—2 раза выше, чем у изделий из шлаколиталла;
  - износостойкость полученного материала приближается к износостойкости каменного лития;
  - термостойкость изделий с улучшенной поверхностью на 80 °С выше, чем у традиционного шлакового лития, и в 2 с лишним раза больше, чем у каменного лития;
  - водопоглощение шлакокаменного лития с улучшенной поверхностью составило 0,63 %, что на порядок ниже, чем для декоративных плит из природного камня (до 8 %);
  - изделия устойчивы к воздействию радиации и значительно лучше дезактивируются.

Полученные по новой технологии декоративные плитки характеризуются повышенными механическими и эксплуатационными характеристиками, а официальные заключения о качестве поверхности нового материала, радиационной стойкости и экологичности позволили отнести его к первому классу стройматериалов, что допускает использование плит в строительстве и специальных целях без ограничений.

Первым потребителем нового материала стала Дирекция строительства метрополитена Санкт-Петербурга ОАО «Московский ИМЭТ» совместно с ИЦ «Шлаколит» выполнил в 1992 г. экспериментальную выстилку пола на станции «Садовое», а в 1996 г. получил официальное заключение службы эксплуатации о его низкой изнашиваемости и полной водонепроницаемости в сочетании с кислото- и щелочестойкостью. Метростроители готовы сегодня применять этот материал при текущих ремонтах и замене природного камня на особо ответственных участках эксплуатации: при входе на эскалаторы и сход с них, на лестничных ступенях, для покрытия пола у входных и выходных дверей и т. п.

Изучение потребительского рынка данной продукции в Москве, России и за рубежом показало значительную потребность в коррозионно- и износостойком материале с улучшенным качеством поверхности.

В развитии данного направления

Таблица 2.

Материал	Предел прочности, МПа	
	при сжатии	при изгибе
Базальтовое каменное литье	273	47
Шлакокаменное литье из огнеупорного шлака ферромарганца традиционное с улучшенной поверхностью	156	38
	184	54
Шлакокаменное литье из доменного шлака Череповецкого комбината	153	—

работ институт в 1993—1995 гг. провел исследования доменного шлака Череповецкого металлургического комбината и совместно в АО «Северсталь» спроектировал и создал опытный образец установки для получения камнелитых плит с улучшенной поверхностью из шлака комбината.

Лабораторные и опытно-промышленные испытания показали, что с добавлением к шлаку песка шест образцов становился более светлым. Изменялся и характер закристаллизованности: при температуре 1000 °С все составы имели однородную поверхность кристаллизации, а при 1100 °С она была неоднородной за исключением состава, содержащего 13 % песка, в расплаве которого отмечалась неоднородная кристаллизация по всему объему.

Опытные плавки пяти составов были проведены в печах литейной лаборатории ЧМК. Шихтные смеси плавили в индукционной электропечи при температуре 1550 °С. Полученный расплав выливали в стальные формы при температуре 1000 °С, после чего образцы помещали в муфельную печь для термообработки и отжига. Вместимость графитовых тиглей индукционной печи — 20 л, размер стальных форм для заливки — 100×100×30 мм.

Следует отметить, что при сравнительно непродолжительных плавках в индукционной печи (до 1 ч) доменный шлак дает довольно однородный, дегазированный расплав с достаточной жидкотекучестью, позволяющей вылить из заливки равномерной тонкой струей в открытые стальные формы. Кристаллизационная способность и скорость кристаллизации такого расплава при указанных условиях достаточны для обеспечения полноты кристаллизации отливков.

Петрографическое изучение ильичных изделий в проходящем

и отраженном свете с применением рентгенофазового и микро-рентгеноспектрального методов анализа показало, что главной кристаллической фазой изделий на основе доменного шлака является меллитит в количестве 85—90 %. В интерстициях выделился моноклинный широксен состава авгита с небольшим количеством стекла. В виде мельчайших округлых образований присутствует ольдгамит CaS, очевидно, с примесью железа и марганца.

Размеры и формы роста кристаллов меллитита и в целом формирование структуры зависит от температурно-временных режимов кристаллизации шлаковых расплавов. Размер кристаллов меллитита колеблется в основном в пределах от 0,2—0,5 до 1,5—2 мм. Формы роста скелетные, X-образные, конвертоподобные, скелетно-призматические и сферолитовые.

Цвет ильиток серо-голубой, тем-но-серый, иногда неоднородный. Устанавливается зависимость цвета от размеров кристаллов меллитита: так плитки, окрашенные в голубой цвет, имеют, как правило, мелкозернистую структуру.

Микроструктура сравнительно однородна, но наблюдается некоторая зависимость — в поверхностных зонах (2мм) кристаллы меллитита имеют меньший размер и менее совершенные формы роста. При бурлении расплава воздухом выделилось меньше сульфидов и в небольшом количестве — ильичатые кристаллы магнетита.

Шлакокаменное литье, полученное на основе шлака с добавлением кварцевого песка, отличается от ильиток на основе шлака без добавок по цвету, минеральному составу и структуре. Все они светло-до-серого цвета с коричневым оттенком. При содержании 12 % песка в процессе кристаллизации расплава выделились моноклинный широксен скелетной формы (65 %) раз-

мером от 0,05 до 0,15 мм, и промежуток — меллитит и псевдодластонит с небольшим количеством стекла. Мелко- и равномерно-зернистая структура получена при добавлении к шлаку 18 % песка при температуре кристаллизации 950 °С. Она сложена скелетными и сферолитовыми кристаллами широкого размера 0,005—0,007 мм, в интерстициях имеется меллитит (15—20 %), псевдодластонит с небольшим количеством стекла.

Для пяти отливок, полученных в условиях ЧМК, определены физико-механические свойства: плотность, ТКЛР, прочность при сжатии. Плотность материала определяли методом гидростатического взвешивания на аналитических весах, ТКЛР — с помощью кварцевого dilatометра ДКВ-4 на шлифованных образцах размером 4×4×50 мм, прочность при сжатии — на приборе ГР-10.

Результаты исследований приведены в табл. 3.

Как видно, из исходного доменного шлака и композиций на его основе могут быть получены механически прочные и износостойкие изделия. Наименьшую прочность при сжатии имеет состав 1, термообработанный при температуре 820 °С в течение 4 ч. Однако изменение температурного режима обработки может существенно увеличить прочность материала за счет упорядочения его структуры. Кристаллизация при температуре 1050 °С в течение 40 мин. и дальнейший отжиг при температуре 800 °С (образец 2) значительно повышают его плотность и прочность (максимально до 266, минимально до 73 МПа), наибольшей прочностью при сжатии (296 МПа) характеризуется образец 5 с преобладающей кристаллической фазой широксена, имеющего мелкозернистую структуру.

Полученные результаты подтверждают данные предыдущих исследователей, показавших, что тем меньше размер кристаллов шлакового литья, тем выше прочность. Она возрастает и при увеличении степени закристаллизованности отливок.

Выполненные эксперименты показали также, что доменный шлак ЧМК (как петругрическое сырье) пригоден для изготовления шлакокаменных изделий при температурно-временных условиях, приближающихся к условиям предлагаемой авторами новой технологии получения декоративного каменного литья с улучшенным ка-

Образец	Состав образцов и условия тепловой обработки	Плотность, г/см <sup>3</sup>	ТКЛР, 10 <sup>-7</sup> °С <sup>-1</sup>	Прочность при сжатии (средняя), МПа
1	Исходный доменный шлак без кристаллизации, охлаждение в муфелье	2,77	91	81
2	Исходный шлак, кристаллизация при температуре 1050 °С в течение 40 мин.	2,91	96	153
3	Исходный шлак с добавкой 12 % песка, кристаллизация при температуре 1050 °С в течение 18 мин.	2,95	87	124
4	Исходный шлак с добавкой 12 % песка, кристаллизация при температуре 1150 °С в течение 10 мин.	2,94	94	122
5	Исходный шлак с добавкой 18 % песка, кристаллизация при температуре 950 °С и охлаждение в муфелье	2,97	91	296

чеством поверхности.

На завершающем этапе исследования предполагается получение экспериментальных образцов с улучшенной поверхностью на расливе металла на созданной установке.

Утилизации огненно-жидких и отвальных шлаков в любом регионе, в том числе и Московском,

способствует улучшению экологической обстановки. Организация участков ШКЛ целесообразна, например, на ЗИЛе и Станколите, на мусороперерабатывающих комбинатах, т. к. из шлаков основных производств и продуктов сжигания бытовых отходов возможно изготавливать бордюрный

камень, брусчатку, плиты для трамвайных путей и АЗС, тюбинги для туннелей метро и закладные части к ним. Сегодня не загружены мощности Щербинского завода электролавленных огнеупоров, где имеется необходимое плавильное оборудование и обученные кадры.



## ОАО «МОСКОВСКИЙ ИМЭТ»



*Решит проблему удаления отложений с внутренних поверхностей электрофильтров, распылительных сушилок, циклонов и скрубберов.*

*Предотвратит слеживание и сводообразование в бункерах и емкостях сыпучих и кусковых сырьевых материалов — цемента, муки, щепы, зерна, комбикормов и отрубей, а также смерзшихся влажных материалов с платформ думпкаров.*

**Разработанные системы успешно эксплуатируются на многих предприятиях СНГ.**

*Предлагаемые технология и оборудование отличаются эффективностью очистки поверхностей любой конфигурации в процессе производства без остановки агрегатов.*

**Гарантируем:**

Надежную автоматическую очистку поверхностей и обрушение сводов;

Выполнение проекта и его привязку, поставку оборудования и проведение монтажных и пусконаладочных работ со сдачей «под ключ»;

Техническое обслуживание, ремонт систем и обучение персонала.

**Тел. (095) 218-37-29**

**Факс (095) 218-06-23**

## Модернизация систем пылеулавливания на предприятиях стройиндустрии

Значительную долю загрязненности воздушного бассейна Москвы составляют пыленасыщенные высокотемпературные газовые выбросы асфальтобетонных и мусоросжигающих предприятий.

Приготовление асфальтобетона, широко применяемого в дорожном строительстве, сопровождается выбросом в атмосферу ряда вредных веществ — пыли, органических летучих соединений, оксидов азота, углерода и др.

Кроме того, на долю выбрасываемых высокотемпературных газов, а также на испарение шлама в ашарах мокрой очистки, применяемой в эксплуатируемых установках асфальтобетонных заводов (АБЗ), приходится от 30 до 50 % всей теплоты сжигаемого топлива.

Существующие схемы пылеулавливания и очистки газов на предприятиях стройиндустрии малоэффективны: на них используются раздельные схемы улавливания пыли, тепла и газов. В этом случае уровень затрат на системы очистки сопоставим с затратами на основное производство и достигает до 30 % его общей стоимости. Замена систем очистки за рубежом еще более удорожает производственные затраты.

Диаметр частиц пыли (d), мкм	1,6	2,5	4,0	6,3	10	16	26
Содержание частиц диаметром более (g), (мас. %)	97,7	96	92	87,6	77	62	36

На основании изложенного выше можно выделить *три основных аспекта проблемы выбросов*, связанных с необходимостью проведения модернизации систем пылегазоочистки на заводах Москвы: *экологическую* (недопустимость выброса в атмосферу пыли, оксидов азота, серы и др. веществ), *энергетическую* (недопустимость высокого теплового потенциала выбрасываемых газов) и *технологическую* (необходимость утилизации уловленных продуктов в технологический цикл или для производства экологически безопасных материалов стройиндустрии).

К факторам, определяющим экологическую опасность технологического процесса приготовления асфальтобетонных смесей, следует отнести прежде всего производственную пыль. Степень ее опасности находится в зависимости от концентрации, дисперсности и физи-

ко-химических свойств пыли. ПДК в производственных помещениях в зависимости от содержания составляет: для пыли кварца и других силикатов при содержании свободной  $SiO_2$  более 70 % — 1 мг/м<sup>3</sup>, для пыли кварца и других силикатов при содержании свободной  $SiO_2$  от 10 до 70 % — 2 мг/м<sup>3</sup>.

Основной источник пыли на АБЗ — это сушильные барабаны сырьевых материалов (песок, щебень).

Из анализа дисперсного состава пыли АБЗ (см. таблицу) видно, что значительную часть составляют наиболее опасные мелкие фракции 1—5 мкм.

В настоящее время на АБЗ применяются две разновидности схем пылеочистки: двухступенчатая, состоящая из батарей циклонов и элемента мокрой очистки, и схема, включающая пылесодержательную камеру и тканевый фильтр. В первой возникает проблема очистки системы от шлама и его утилизации, а высокотемпературные газы, интенсивно испаряющие воду, создают необходимость ее постоянного восполнения. Вторая схема, включающая рукавные фильтры, которые имеют ограниченный ресурс использования из-за высокотемпературного воздействия (250—700 °С) в технологических трактах асфальтобетонных и мусоросжигающих заводов, не может быть рассчитана на длительную и эффективную эксплуатацию.

Московским комитетом по науке и технологиям в 1996 г. институту была заказана работа по созданию эффективной и дешевой системы пылегазоочистки для ее использования на АБЗ и других промышленных предприятиях Москвы. В результате выполненных НИР и ОКР предложена модернизация существующих на АБЗ пылегазоочистительных схем. Она заключается в установке дополнительных элементов пылеочистки (универсального пылетеплогазодовлетеля УПТГУ) жа-

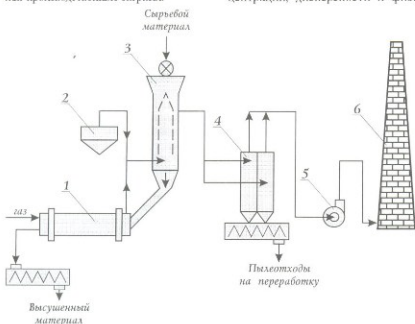


Рис. 1. Схема системы пылеулавливания на АБЗ-2 разработки ОАО «МИМЭТ»: 1 — сушильный барабан; 2 — зрочот; 3 — универсальный пылетеплогазодовлетитель (УПТГУ); 4 — поршневые фильтры-патроны (ПСФП); 5 — дымосос; 6 — дымовая труба



люзионно-зернистого типа и металлопористого фильтра на основе использования поронковых спеченных фильтр-патронов ПСФП с рациональной пористой структурой и эффективной ударно-волновой регенерацией).

На рис. 1 представлена схема системы пылеулавливания на АБЗ, разработанная ОАО «Московский ИМЭТ».

Применение в общей схеме пылеочистки универсального пылеотделгазоуловителя устранит указанные выше недостатки, защитит тканевый фильтр от термического воздействия, увеличит ресурс его работы и позволит повысить эффективность очистки от вредных газовых компонентов подбором состава фильтрующего зернистого наполнителя.

Основным элементом нового пылеуловителя является совокупность жалюзийных решеток, образующих штору из зернистого фильтрующего материала, гравитационно движущегося вниз. Через решетки, перфорированные специальными образом, пропускается нагретый и запыленный отходящий газовый поток, отдающий пыль и тепло зернистому материалу, который адсорбирует вредные компоненты. Жалюзийные решетки размещаются в герметичном кожухе, снабженном входным и выходным патрубками. Нагретый зернистый материал с увеличенной пылью подвергается снизу ударно-волновой регенерации и далее с остатками пыли используется в технологическом процессе получения асфальтобетонных смесей. В верхней части пылеуловителя устанавливается бункер для загрузки зернистого материала в шелевые каналы, образуемые рядами жалюзийных решеток. В конструкции пылеуловителя используются технические решения, защищенные патентами РФ и КНР.

В качестве фильтрующего зернистого материала может служить щебень, гравий, песок или гранулы из пыли, используемые на АБЗ в качестве сырьевых компонентов. Эффективность такой очистки зависит от granulометрического состава материала, оптимального подбора вида наполнителя, скорости фильтрации и дисперсности пыли.

На АБЗ целесообразнее всего использовать в качестве фильтрующего материала щебень, который является основным сырьевым компонентом производства, а также искусственные гранулы, обра-

зующиеся в процессе утилизации пыли.

Механизм очистки газов зернистой средой в условиях гравитационно перемещающегося зернистого материала еще малоизучен. Основную роль в этом процессе играют инерционные и адгезионные силы, но влияние оказывают и эффект касания, и силы гравитационного осаждения.

Установлено, что достаточно хорошие эффективность зернистого фильтра может быть достигнута только при фильтрации газозапыленного потока через несколько слоев зернистого наполнителя различного granulометрического состава. Например, эффективность очистки слоя с размером гранул 10—20 мм составляет 70—75 %, а слой с гранулами 5—10 мм — 85—90 %. В совокупности же эффективность фильтрации через оба слоя равна 95—98 %.

Скорости фильтрации, обеспечивающие эффективную пылеочистку, определяются крупностью фракций зернистого наполнителя и для нашего случая могут быть определены из эмпирической зависимости:

$$V_{\text{фи}} = 0,5 d^{-0,3},$$

где  $V_{\text{фи}}$  — оптимальное значение скорости фильтрации;  $d$  — диаметр зерна наполнителя.

Конечная запыленность — важнейший показатель зернистых фильтров и зависит от газовой нагрузки при различных диаметрах зерен наполнителя. Для среднего диаметра 8 мм при нагрузке  $1200 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$  она составляет  $0,12 \text{ г/м}^3$ , а при нагрузке  $800 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$  —  $0,05 \text{ г/м}^3$ .

В универсальном пылеуловителе УПТТУ зернистый наполнитель может выполнять роль адсорбента. Эффективность адсорбционных систем во многом определяется свойствами твердой фазы — адсорбента, который должен удовлетворять следующим требованиям: поглощать значительное количество вредного газа (пара) из газовой фазы; обладать высокой селективностью; иметь высокую механическую прочность; хорошо регенерироваться или использоваться как нейтральный наполнитель; иметь возможно более низкую стоимость.

В последнее время начинают находить применение адсорбенты, пропитанные реакционноспособным веществом. В этом плане перспективно использование в качестве носителя таких пропиток широко применяемых зернистых ма-

териалов: щебня, гравия, доломита и др.

#### Техническая характеристика универсального пылеотделгазоуловителя (УПТТУ)

Производительность по газовому потоку, $\text{м}^3/\text{ч}$ .....	30000
Запыленность газозапыленного потока на входе, $\text{г/м}^3$ .....	25
Толщина фильтрующего зернистого штора, мм .....	150—200
Зернистый наполнитель: щебень, гравий, гранулы, размером, мм .....	3—15
Степень пылесоступки, % .....	95—98
Гидравлическое сопротивление, Па .....	1000—1500
Скорость схода наполнителя, $\text{м/с}$ .....	3,5
Масса фильтра (без наполнителя), кг .....	3350
Габаритные размеры, мм .....	5200×3500×2120

Применение УПТТУ конструкции ОАО «Московский ИМЭТ» позволит осуществить комплексную очистку отходящих высокотемпературных газовых потоков и увеличить эффективность пылеулавливания, снизить темп заустевания шлама в несколько раз и обеспечить бесперебойную работу АБЗ в зимнее время.

Конструкция фильтра УПТТУ обеспечивает высокую степень надежности в эксплуатации, практически не требует дополнительного технического обслуживания и органически вписывается в существующую схему пылеочистки на АБЗ.

В качестве второго элемента пылеочистки предлагается использовать высокоэффективные фильтры «ИМЭТ—ЭМЭТ» с поронково-спеченными патронами (ПСФП) и волновой регенерацией, разработанные институтом.

Применяемые в настоящее время фильтры тонкой очистки (электродифильтры, рукавные фильтры) недостаточно эффективны при улавливании частиц пыли менее 3 мкм (эффективность 80—95 %), а высокоэффективные тонковолокнистые фильтры типа ФП (99 %) из-за невозможности регенерации и фильтрации газов, нагретых  $>60 \text{ }^\circ\text{C}$  и с влажностью  $>85 \%$ , имеют ограниченное применение.

Фильтры с поронковыми спеченными патронами, имеющие слой с рациональной пористой структурой по технологии «шоу-хау», отличаются термостойкостью, прочностью и простотой монтажа. Такая структура слоя предотвращает необратимую забивку пор, увеличивает срок службы этих патронов в 10—20 раз по сравнению с аналогич-

ными фильтрами при незначительном повышении гидравлического сопротивления фильтров.

Использование ударных волн для регенерации фильтров с ПСФП имеет большие преимущества по сравнению с эжекционно-импульсной регенерацией. Механизм распространения ударной волны и ее взаимодействие с сыпучим материалом хорошо изучен.

Отличительной особенностью волновой регенерации является малое время возмущения (от 0,01 с) газового потока и одновременная регенерация всех секций фильтра. Это позволяет упростить конструкцию, сборку и эксплуатацию фильтр-секции, а за счет увеличения частоты регенерации повысить удельную производительность и очищать потоки высокой (до 30 г/м<sup>3</sup>) запыленности.

Результаты исследований апробированы на десятках предприятий стран СНГ. Например, за 2—5 выхлопов генераторов УВВ удаляются отложения массой 10—16 т со всех поверхностей сушильных башен без силового воздействия на конструкцию агрегатов.

Использование явления супер-

позиции ударных волн позволит уменьшить габариты пневмоустройств в 8—10 раз при увеличении эффективности и повышении технологичности этого метода. На десятках предприятий работают пневмосистемы обрушения сводов боксита и глины, сульфатного песка и молотого угля, фосфатной муки, отрубей и других сыпучих материалов. Разработаны системы разгрузки смерзшего сырья с поверхности платформ-думпбаров и передвижные малогабаритные буровые устройства с использованием генераторов пульсирующих УВВ для обрушения сводов зерна, риса и комбикормов на элеваторах, шпелы в башнях на целлюлозно-бумажных комбинатах.

Для отраслей индустрии строительных материалов, где менее четкие требования ПДК, но значительные газовые потоки, можно использовать фильтры с патронами ПСФП, изготовленные из более крупных зерен, которые обеспечивают эффективность очистки до 99,5 %.

Для улавливания высокодисперсных дорогостоящих порошков и пыли с особо вредными компонентами используются фильтр-

патроны, изготовленные из мелких зерен никеля, нержавеющей стали, титана.

Технические характеристики фильтр-секции для отрасли стройиндустрии приведены ниже:

Производительность по отходящему газу, м <sup>3</sup> /с	.....8000
Суммарная площадь фильтрующих патронов, м <sup>2</sup>	.....23
Гидравлическое сопротивление, Па	.....1500
Масса фильтр-секции, кг	.....1100.

При одинаковой эффективности и производительности капитальные затраты на освоение фильтров из пористоспеченных патронов в 1,3—1,5 раза дешевле, а эксплуатационные расходы в 2 и более раз ниже по сравнению с электро- и рукавными фильтрами.

Разработанная система очистки отличается высокой эффективностью улавливания (99,9 %), комплексностью, универсальностью, дешевизной и может быть эффективно использована для асфальтобетонных, цементных, керамзитовых, металлургических и других предприятий.

## ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ФИЛЬТР НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ «ИМЭТ-ЭМЭТ»

НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВОСПЕЧЕННЫХ ФИЛЬТР-ПАТРОНОВ С ДВУХСЛОЙНОЙ РАЦИОНАЛЬНОЙ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРОЙ И ВОЛНОВОЙ РЕГЕНЕРАЦИЕЙ

Срок его эксплуатации — до 10 лет без замены при температурах отходящих газов до 500 °С запыленностью до 30 г/м<sup>3</sup>

Фильтр улавливает до 99,5% частиц размером менее 3 мкм предназначен для использования

- ✓ в химической и цементной промышленности,
- ✓ в промышленности строительных материалов,
- ✓ в цветной и черной металлургии, других отраслях

Исполнитель предлагает услуги по разработке, изготовлению и поставке фильтров для конкретных объектов, гарантирует надежную высокоэффективную очистку, техническое обслуживание, ремонт и обучение.

Тел. (095) 218-37-29

Факс (095) 218-06-23

Редакция не несет ответственности за содержание рекламы и объявлений

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

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

Перепечатка и воспроизведение статей, рекламы, иллюстраций из нашего журнала возможны лишь с письменного разрешения редакции.

## Уважаемые читатели!

Оформить подписку на журнал  
**«Строительные материалы»**  
в 1997 году можно на почте  
и через редакцию

Во всех отделениях связи подписка принимается по объединенному каталогу Федеральной службы почтовой связи РФ «Российские и зарубежные газеты, журналы, книги, учебники». Индекс журнала 70886.

При подписке **через редакцию** Вам необходимо оплатить стоимость подписки с учетом почтовых расходов по указанным ниже банковским реквизитам.

**Получатель:** ТОО РИФ «Стройматериалы»  
ИНН 7702023918  
р/с 001467361 в АКБ «Юнибест»  
кор. сч. 305161900 в РКЦ-2 ГУ ЦБ РФ  
в г. Москве БИК 044585305  
ОКПО 26253508; ОКОНХ 87100

**Назначение платежа:**  
за подписку на журнал «Строительные материалы».  
*НДС не облагается.*

**Стоимость подписки на II полугодие**

на 1 мес — 40 тыс. р + 4 тыс. р почт. расходы  
на 3 мес — 120 тыс. р + 12 тыс. р почт. расходы  
на 6 мес — 240 тыс. р + 24 тыс. р почт. расходы

Копию платежного поручения, полное название и адрес организации направьте, пожалуйста, в адрес редакции письмом или по факсу.

*Оформите подписку до 15 числа текущего месяца,  
и в этом же месяце Вы получите очередной номер  
журнала!*

Главный редактор  
РУБЛЕВСКАЯ М.Г.

Зам. главного редактора  
ЮМАШЕВА Е.И.

**Редакционный Совет:**

ДОМЕНКО О.С.  
(председатель)  
ТЕРЕХОВ В.А.  
(зам. председателя)  
БАПАКШИН Ю.З.  
БАРЫШНИКОВ А.И.  
БУТКЕВИЧ Г.Р.  
ВОРОБЬЕВ Х.С.  
ГРИЗАК Ю.С.  
ГУДКОВ Ю.В.  
ЗАБЕЛИН В.Н.  
ЗОЛОТОВ П.П.  
ПОГОРЕЛОВ А.В.  
РЕКИТАР Я.А.  
РУЖАНСКИЙ С.Д.  
УДАЧКИН И.Б.  
ФЕРРОНСКАЯ А.В.  
ФИЛИПОВ Е.В.

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

Подписано в печать 12.05.97  
Формат 60×88 1/8  
Бумага офсетная.  
Печать офсетная.

Тираж 5000 экз.  
(1 завод 2300 экз.)  
Заказ

С  
Набрано и сверстано  
РИФ «Стройматериалы»  
Дизайн обложки и  
цветной вкладки  
компьютерной группы  
**SM-graphics**  
РИФ «Стройматериалы»

**Редакция журнала находится по адресу:**

Россия, 117818 Москва, ул. Кржижановского, 13, офис 507 б

Телефон/факс: (095) 124-32-96

Отпечатано АОЗТ «СОРМ»  
Россия, 117949 Москва,  
ул. Б. Якиманка, 38 А