

## СОДЕРЖАНИЕ

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

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

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

**Главный редактор**  
ЮМАШЕВА Е.И.

### Редакционный совет:

РЕСИН В.И.  
(председатель)  
БАРИНОВА Л.С.  
БУТКЕВИЧ Г.Р.  
ВАЙСБЕРГ Л.А.  
ВЕРЕЩАГИН В.И.  
ГОРНОСТАЕВ А.В.  
ГУДКОВ Ю.В.  
ЗАВАДСКИЙ В.Ф.  
КОЗИНА В.Л.  
СИВОКОЗОВ В.С.  
УДАЧКИН И.Б.  
ФЕРРОНСКАЯ А.В.  
ФИЛИППОВ Е.В.  
ШЛЕГЕЛЬ И.Ф.

### Авторы

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

### Редакция

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

### Перепечатка

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

Редакция не несет ответственности  
за содержание рекламы и объявлений

### Адрес редакции:

Россия, 117997, Москва,  
ул. Кржижановского, 13  
Тел./факс: (095) 124-3296  
124-0900

E-mail: rifsm@ntl.ru  
http://www.ntl.ru/rifsm

70 лет факультету химической технологии силикатов  
РХТУ им. Д.И. Менделеева ..... 2

### УСТРОЙСТВО ПОЛОВ – МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

В.В. ПОПЛАВСКИЙ. КНАУФ-суперпол – современно,  
просто, практично ..... 5  
В.А. ВОЙТОВИЧ, Г.В. СПИРИН. Полы на основе  
магнезиальных вяжущих веществ ..... 8  
В.Г. ЧУМАК. Новинка, которой более 100 лет ..... 10  
В.А. ВОЙТОВИЧ. Цементнополивинилацетатные полы  
– незаслуженно забытые строительные изделия ..... 12  
В.Н. СТОЛБОВ. «Политерм» как утеплитель  
при устройстве пола ..... 14

### ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

И.Ф. ШЛЕГЕЛЬ, Г.Я. ШАЕВИЧ, П.Г. ГРИШИН,  
В.П. ПЕРФИЛЬЕВ, В.Е. МИРОШНИКОВ,  
А.Н. БУЛГАКОВ, Ю.Г. АФАНАСЬЕВ, А.П. ЖИГУЛИН,  
Г.В. ТИТОВ, А.А. ЕКИМОВ. Организация цеха  
по производству теплоизоляционного пенобетона ..... 15  
О.Е. ХАРО, Н.С. ЛЕВКОВА, М.И. ЛОПАТНИКОВ,  
Т.А. ГОРНОСТАЕВА. Использование отходов  
переработки горных пород при производстве  
нерудных строительных материалов ..... 18  
В.В. ЦЫРО, М.А. ФАХРАТОВ. Энергетические резервы  
строительной индустрии ..... 20  
А.А. НАЙМУШИН, В.Ю. МАСАЕВ. НПК «Атомстрой».  
Современные решения в реконструкции и гидроизоляции ..... 22

### МАТЕРИАЛЫ И КОНСТРУКЦИИ

П.Г. ВАСИЛИК, И.В. ГОЛУБЕВ. Особенности применения  
поликарбоксилатных гиперпластификаторов Melflux® ..... 24  
В.Ф. КОЧЕТКОВ. Некоторые преимущества  
оконных систем Deseuninck ..... 27

### РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В.С. ПРОКОПЕЦ. Влияние механоактивационного воздействия  
на активность вяжущих веществ ..... 28  
В.Г. РУБАНОВ, Е.В. ВЕТРОВ. Разработка алгоритма  
управления процессом прессования силикатного кирпича ..... 30  
В.Я. ВАРШАВСКИЙ, А.В. ДУБРОВИН, Б.П. СЕРДЮК.  
Методика экспериментальных исследований  
процесса измельчения в гидродинамической мельнице ..... 32  
Д.Ю. СТРЕЛЬЦОВ. Напряженно-деформированное состояние  
деревянных конструкций при длительной эксплуатации ..... 34  
Г.В. МАРЧЮКАЙТИС, Д.Р. ЗАБУЛЁНИС, И.Я. ГНИП.  
Влияние состава штукатурного раствора  
на его деформативные свойства ..... 36

### ИНФОРМАЦИЯ

М.Л. НИСНЕВИЧ, Г.А. СИРОТИН. Утилизация попутных  
продуктов горения угля в промышленности  
строительных материалов ..... 39  
Л.А. КРОЙЧУК. Новый европейский стандарт  
на клинкерный дорожный кирпич ..... 42  
Строительная неделя Московской области ..... 44



## 70 лет факультету химической технологии силикатов РХТУ им. Д.И. Менделеева

История химического образования в России неразрывно связана с именем выдающегося ученого — Дмитрия Ивановича Менделеева, прославившего отечественную науку во всем мире. В декабре 1920 г. был основан Практический химико-технологический институт им. Д.И. Менделеева. Тогда же была основана кафедра технологии силикатов, которую возглавил профессор Б.С. Швецов. До 1930 г. эта кафедра готовила инженеров по всем специальностям силикатного профиля, и с 1923 по 1930 гг. было выпущено 102 специалиста.

Индустриализация страны потребовала ускоренного развития промышленности строительных материалов и увеличения числа инженеров строительных специальностей. В 1930 г. был организован специализированный вуз — Московский институт силикатов и строительных материалов. В него переводят силикатчиков из Практического химико-технологического института им. Д.И. Менделеева и кафедру стекла из Института народного хозяйства им. Г.В. Плеханова. В новом вузе было два факультета: технологический и тепломеханический.

В декабре 1933 г. в связи с реорганизацией сети высших учебных заведений технологический факультет Московского института силикатов и строительных материалов вновь возвратился в состав Химико-технологического института им. Д.И. Менделеева и был преобразован в факультет химической технологии силикатов. Эту дату и принято считать датой рождения факультета химической технологии силикатов. На факультете были организованы кафедры общей технологии силикатов, стекла, керамики и огнеупоров, технологии вяжущих веществ и кабинет минералогии.

С первых лет существования факультет и его кафедры становятся ведущими в стране в области подготовки специалистов силикатного профиля, научных исследований и разработки новых технологий силикатных и других ту-

гоплавких материалов. Основатели кафедр и их сотрудники были тесно связаны с промышленностью.

С 1933 по 1941 г. кафедры факультета выпустили 652 инженера-технолога для силикатной промышленности.

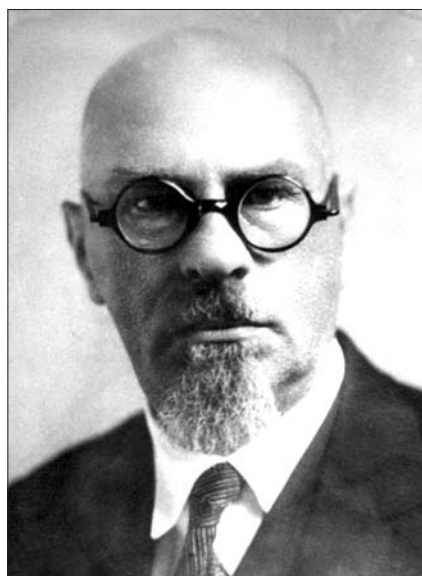
В годы Великой Отечественной войны многие выпускники и студенты факультета ушли на фронт. Выпускнику факультета Алексею Федоровичу Воронову было присвоено звание Героя Советского Союза. Лидия Петровна Морозова, Иосиф Яковлевич Гузман, Виктор Львович Балкевич, Сергей Иннокентьевич Сильвестрович, Рафаил Яковлевич Попильский и другие награждены многими боевыми орденами и медалями.

Не прекращалась в годы войны учебная и научная работа на кафедрах. В октябре-ноябре 1941 г. МХТИ им. Д.И. Менделеева был эвакуирован в г. Коканд Узбекской ССР.

В разные годы факультетом руководили деканы А.С. Пантелеев, Б.С. Швецов, П.Н. Григорьев, Ю.М. Бутт, Д.Н. Полубояринов, Н.М. Павлушкин, И.А. Булавин, Т.Н. Кешишян, В.В. Тимашев, М.В. Артамонова, П.Д. Саркисов, В.Г. Савельев, Е.С. Лукин.

Неоценимый вклад в дело развития факультета и кафедр, совершенствование учебной и научно-исследовательской работы внесли преподаватели и научные сотрудники, имена многих из них широко известны не только среди силикатчиков в нашей стране, но и за рубежом. Профессор С.Г. Туманов читал лекции на факультете, работая одновременно научным руководителем Дулевского красочного завода. По просьбе работников завода его именем названа улица в г. Ликино-Дулево. Имя П.П. Будникова присвоено Всесоюзному научно-исследовательскому институту строительных материалов (ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова).

Ученые факультета и его выпускники являются основателями многих научных школ. За выдающиеся работы в разных областях химии и технологии силикатов



Первым заведующим кафедрой технологии силикатов Практического химико-технологического института в 1920 г. стал Б.С. Швецов



Ветеран Великой Отечественной войны и труда — И.Я. Гузман по-прежнему ведет научную работу на кафедре химической технологии керамики и огнеупоров



Ректор РХТУ им. Д.И. Менделеева П.Д. Саркисов, доктор технических наук, академик РАН, не оставил руководство кафедрой стекла и силикатов

звания лауреатов Ленинской и Государственной премий были удостоены Петр Петрович Будников, Исаак Ильич Китайгородский, Николай Михеевич Павлушкин, Владимир Николаевич Юнг, Михаил Самойлович Негинский, Павел Джибраселович Саркисов, Тамара Васильевна Кузнецова, Анатолий Сергеевич Власов. П.П. Будников, Е.И. Орлов, В.В. Тимашев были избраны членами-корреспондентами АН СССР. Академиком РАН избран П.Д. Саркисов.

Студентом силикатного факультета, перешедшим в конце четвертого курса на только что созданный физико-химический факультет, был Г.А. Ягодин – член-корреспондент АН СССР, бывший ректор МХТИ им. Д.И. Менделеева, министр высшего и среднего специального образования СССР, председатель Государственного комитета СССР по народному образованию.

Воспитанник факультета академик П.Д. Саркисов возглавил в 1986 г. МХТИ им. Д.И. Менделеева и ныне является ректором Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева.

На факультете всегда большое внимание уделялось повышению квалификации преподавателей и научных сотрудников. За 70 лет существования факультета его воспитанниками защищено около 500 кандидатских и 60 докторских диссертаций.

Большие достижения имеют кафедры факультета и в научно-исследовательской работе. На факультете были созданы многие новые технологии и материалы для различных областей народного хозяйства. Учеными факультета впервые получены и внедрены в промышленность такие широко известные материалы, как карбонатные, гидротехнические и новые виды расширяющихся и нагретающихся цементов, ангидритовый цемент, алюмомагнезиальные стекла, пеностекло, микролит, ситаллы и шлакоситаллы, сигран, новые виды оксидной и неоксидной керамики, карбидкремниевые и хромитлантановые нагреватели, высокоэффективные композиционные материалы и многое другое.

В настоящее время на факультете химической технологии силикатов (ХТС) четыре кафедры: химической технологии стекла и ситаллов, химической технологии керамики и огнеупоров, химической технологии композиционных и вяжущих материалов, общей технологии силикатов. Кафедры работают в области физико-химических основ технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов.

Кафедра *химической технологии стекла и ситаллов*, которую возглавляет П.Д. Саркисов, в последние годы занимается созданием и совершенствованием технологий стекол, ситаллов и шлакоситаллов, синтезом и исследованием стекол и ситаллов со специальными свойствами, в частности сегнетоэлектрическими, исследованием процессов упрочнения стекла, разработкой стеклоприпоев для пайки металлов, применением золь-гель методов для синтеза высокочистых силикатных люминесцентных материалов и стеклообразных покрытий на металлах, созданием биоактивных стекло-керамических материалов для имплантатов костей и использованием тугоплавких неметаллических и силикатных материалов в медицине. Последнее направление является одним из приоритетных и в исследовательских работах Высшего химико-медицинского колледжа. За эти работы их руководитель П.Д. Саркисов удостоен Государственной премии за 2003 г.

Кафедрой *химической технологии керамики и огнеупоров* руководит академик Международной академии наук высшей школы, заслуженный деятель науки и техники РФ, доктор технических наук, профессор Анатолий Сергеевич Власов. В последние годы кафедра занимается исследованием процесса бактериальной обработки сырья и керамических масс, созданием технологий высокопрочных кера-



Руководители факультета ХТС (слева направо): руководитель колледжа технического дизайна А.И. Захаров, и.о. зав. кафедрой стекла и ситаллов Н.Ю. Михайленко, зав. кафедрой химической технологии композиционных и вяжущих материалов А.П. Осокин, декан А.В. Беляков, зав. кафедрой общей технологии силикатов Л.М. Сулименко, зав. кафедрой химической технологии керамики и огнеупоров А.С. Власов

мических материалов на основе  $Al_2O_3$ , в том числе с температурой спекания до  $1450^\circ C$ , прозрачной керамики на основе  $Sc_2O_3$ ,  $Y_2O_3$ , золь-гель методом гидролиза алкоксидов для получения прозрачной керамики из  $Al_2O_3$  со светопропусканием 94%, золь-гель методом при огеливании солей в поливиниловом спирте для синтеза простых и сложных оксидов:  $Al_2O_3$ ,  $MgAl_2O_4$ ,  $Mg_2SiO_4$ , разработкой технологии керамических нагревателей из  $SiC$  и  $LaCrO_3$ , высокотемпературной теплоизоляции для лабораторных печей с рабочей температурой  $1800^\circ C$ , разработкой теоретических основ формования заготовок сложной формы из керамических масс и выбором композиций для водорастворимых технологических связок, высокотеплопроводной керамики на основе  $BN$  и  $AlN$  с низким уровнем диэлектрических потерь, прочной керамики из гидроксипатита для лицевой хирургии, комплексной переработкой рисовой шелухи в различные керамические материалы, в том числе  $SiC$  и  $Si_3N_4$ , применением термодинамики необратимых и неравновесных процессов к технологии керамики.

Кафедрой *химической технологии композиционных и вяжущих материалов* руководит академик Российской инженерной академии, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор Александр Павлович Осокин. Кафедра занимается исследованием физико-химических процессов синтеза и твердения новых



В 1989 г. факультет получил новый корпус, оснащенный современным оборудованием и приборами для учебных целей и научно-исследовательских работ

видов вяжущих материалов, исследованием кинетики и катализа процессов спекания цементного клинкера, разработкой теоретических основ и технологии напрягающих и расширяющихся цементов, тампонажных цементов, вяжущих для дорожных покрытий, созданием высокоэффективных пластификаторов для цементных растворов и бетонов и т. д. На базе кафедры создан Научно-технический центр, оснащенный современными приборами. Центр тесно связан с цементной отраслью России, выполняет исследования по разработке новых композиционных материалов, проводит повышение квалификации работников цементных заводов.

Кафедрой *общей технологии силикатов* руководит академик Российской инженерной академии, заслуженный работник высшей школы РФ, доктор технических наук, профессор Лев Михайлович Сулименко. На кафедре проходят обучение все студенты факультета.

Много внимания кафедры факультета уделяют решению экологических проблем: созданию экологически чистых технологий силикатных изделий, применению отходов промышленности.

Все кафедры факультета готовят магистров по специальности «Технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов». С 2002 г. на факультете, как и во всем университете, осуществлен переход на двухступенчатую систему подготовки – бакалавр-инженер и бакалавр-магистр.

На факультете действует отделение ускоренной подготовки, которым руководит канд. техн. наук В.В. Большов. Выпускники техникумов, готовящих специалистов для промышленности строительных материалов, в течение трех лет осваивают программу по специальности «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов».

С 1995 г. на факультете действует Высший колледж «Технический дизайн изделий из силикатных матери-

лов». Руководит им канд. техн. наук Александр Иванович Захаров. Колледж выпускает технологов с художественной подготовкой. Здесь обучают приемам и методам изготовления красивых и технологичных изделий из стекла, керамики и вяжущих материалов с использованием компьютеров.

За годы существования на факультете химической технологии силикатов подготовлено около 5500 инженеров в области химии и технологии силикатов, в том числе большой отряд специалистов (402 инженера и 55 кандидатов наук) для многих стран Европы, Африки, Азии и Америки. Большинство выпускников факультета достойно трудится в различных отраслях народного хозяйства, в сфере промышленности и науки.

Многие научно-исследовательские институты, заводы, производственные объединения, государственные учреждения возглавляют выпускники факультета. Они сохраняют тесную связь с факультетом и кафедрами, принимают участие в работе государственных экзаменационных комиссий, диссертационного совета факультета.

Поддержка предприятий промышленности позволяет в непростое время экономических преобразований развивать хорошие традиции издания учебников и учебных пособий, подготовленных профессорами и преподавателями кафедр факультета. К 70-летию юбилею факультета выходит из печати учебное пособие «Химическая технология керамики» для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов».

Мы надеемся, что спонсорская поддержка наших выпускников позволит укреплять учебно-методическую и научную базу, будет способствовать развитию науки и образования. Наша совместная работа в этом направлении дает основание с оптимизмом смотреть в будущее.

*А.В. Беляков, д-р хим. наук, профессор,  
декан факультета*



# ВСЕРОССИЙСКАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ НЕДЕЛЯ

**г. Москва ВЗ «Триумф» Фрунзенская наб. 30**  
**С 14 по 17 октября 2003г.**

**Организатор:**  


**Официальная поддержка:**  
Государственной думы Федерального Собрания Российской Федерации

Гострой России 

Генеральный Партнер: 

Спонсор: 

Информационный спонсор: 

**В программе ВСН:**

- Выставка «Строительный комплекс России. Технологии и оборудование»
- Научно-практическая конференция «Стройкомплекс России в XXI веке. Проблемы. Развитие. Решения»
- Семинары, «Круглые столы»
- Презентация новейшей техники и технологий строительной отрасли.
- Работа консультационного центра.

Информационная поддержка:



**Дирекция:**  
119048 г. Москва, ул. Ефремова, д. 20 Т\ф: 788-33-28, 788-33-29, 788-33-30  
e-mail: expo@atom.ru, expovizal@mail.ru, www.vsn.ru

В.В. ПОПЛАВСКИЙ, канд. техн. наук  
(ОАО «Авангард КНАУФ», г. Дзержинск Нижегородской обл.)

## КНАУФ-суперпол – современно, просто, практично

В строительстве под термином пол обычно понимают конструкцию, устраиваемую по перекрытию или основанию, состоящую из звуко-, тепло- и гидроизоляционных слоев, стяжки и покрытия. Пол воспринимает эксплуатационные воздействия и является одним из важнейших элементов конструкции и интерьера здания. Нормативными требованиями к полу предъявляется комплекс разнообразных и порой противоречивых требований, которые зависят от назначения помещения.

Для устройства пола применяют сплошные и сборные стяжки. Наиболее прогрессивны для современного строительства сборные стяжки, перспективным материалом для устройства которых являются ГВЛ.

Сборные основания пола из ГВЛ (КНАУФ-суперпол) устраиваются для создания ровной поверхности под напольное покрытие.

КНАУФ-суперпол устраивается в жилых, общественных, административно-бытовых и производственных зданиях с сухим, нормальным и влажным режимами по СНиП II-3 при умеренной и слабой интенсивности механических воздействий на полы по СНиП 2.03.13.

КНАУФ-суперпол рекомендуется устраивать не менее чем из двух слоев влагостойких ГВЛ под покрытие из штучного или щитового паркета, паркетной доски, различных видов линолеума, керамической плитки, а также под синтетические ковровые покрытия. Он может быть выполнен из отдельных малоформатных листов или из готовых элементов пола заводского изготовления. Готовые элементы пола представляют собой два склеенных между собой листа ГВЛВ с монтажным фальцем 50 мм (рис. 1).

В таблице приводятся значения звукоизоляционных характеристик перекрытий со сборными основаниями из ГВЛВ, полученные на основе натуральных испытаний. Эти данные рекомендуется учитывать при проектировании.

Устройство КНАУФ-суперполов проводится после окончания всех строительного-монтажных, электротехнических, санитарно-технических и отделочных работ при температуре в помещении не ниже +10°C и в условиях, исключающих их переувлажнение. КНАУФ-

суперлисты и готовые элементы пола должны пройти акклиматизацию в помещении.

Перед началом работ по устройству основания пола зазоры между плитами перекрытия, а также места примыкания перекрытия к стенам и перегородкам необходимо тщательно заделать бетоном или цементным раствором марки не ниже М100. Разметку уровня сборного пола по всему периметру помещения выполняют при помощи лазерного нивелира или водяного уровня.

По несущей части перекрытия должен быть уложен слой пароизоляции: по бетону необходимо укладывать полиэтиленовую пленку (рис. 2), а по деревянному перекрытию – битумную или парафинированную бумагу.

В местах примыкания оснований к стенам, перегородкам и другим вертикальным конструкциям здания следует укладывать демпферную (кромочную) ленту толщиной 8–10 мм. Она служит компенсационной прокладкой между сборным основанием и ограждающими конструкциями.

В перекрытиях, несущая часть которых выполнена из железобетонных плит, КНАУФ-суперпол рекомендуется применять по выравнивающему слою из керамзитовой засыпки специально подобранного гранулометрического состава, обеспечивающего ее безусадочность (рис. 3). Выравнивание осуществляется специальным комплектом из трех выравнивающих реек длиной 1,25 или 2,5 м (рис. 4), начиная от стены, противоположной входу.

Если толщина выравнивающего слоя не превышает 60 мм, следует предусматривать КНАУФ-суперпол из элементов пола или из двух слоев ГВЛВ (рис. 5), при большей толщине засыпки рекомендуется предусматривать третий слой из крупноформатных ГВЛВ размером 1200×2500×10 мм.

Монтаж элементов пола ведется справа налево рядами от стены с дверным проемом. При монтаже с противоположной стороны для сохранения поверхности засыпки устраиваются островки для передвижения.

У готовых элементов пола, примыкающих к стенам, фальцы в области сопряжения обрезаются. Каждый новый ряд начинается с укладки отрезанной по месту час-

Тип покрытия	Изоляционный слой	Индекс изоляции воздушного шума, $R_w$ , дБ	Индекс приведенного уровня уд. шума, $L_{nw}$ , дБ
Полы по беспустотным железобетонным плитам перекрытия толщиной 140 мм			
Линолеум ПВХ на вспененной основе (3,2 мм)	Сухая засыпка толщиной 30 мм	54	58
Линолеум ПВХ на вспененной основе (3,1 мм)	Сухая засыпка толщиной 15–20 мм Пенополиэтилен толщиной 8 мм	56	52
Линолеум ПВХ на вспененной основе (3,6 мм)	Пенополистирол ПСБ марки 25	52	57
	Сухая засыпка толщиной 20 мм Древесноволокнистая плита толщиной 12,5 мм	53	56
Полы по беспустотным железобетонным плитам перекрытия толщиной 200 мм			
Без покрытия	Сухая засыпка толщиной 40 мм	58	55

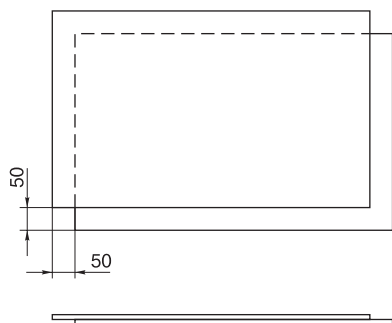


Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

ти от последнего элемента предыдущего ряда, что исключает отходы и обеспечивает смещение торцевых стыков не менее чем на 250 мм.

Перед укладкой готового элемента на фальцы сопрягаемых с ним уже уложенных элементов наносится клеевой состав. По мере укладки элементов производится скрепление фальцев соседних элементов самонарезающими винтами для ГВЛ с шагом не более 300 мм (рис. 6).

При устройстве сборного основания пола из малоформатных ГВЛВ укладка листов первого слоя осуществляется с зазором в стыках не более 1 мм. Укладка ведется от стены с дверным проемом. При монтаже с противоположной стороны для сохранения поверхности выровненной засыпки устраиваются островки для передвижения.

Отдельно под каждый лист второго слоя наносится клеевой состав, который разравнивается гребешковым шпателем. Укладка листов второго слоя осуществляется без зазоров в стыках. Разбежка стыков при этом должна составлять не менее 250 мм. По мере укладки листов второго слоя осуществляется их крепление к листам первого слоя самонарезающими винтами для ГВЛ с шагом не более 300 мм. На один лист должно приходиться не менее 20 винтов.

Если толщина засыпки более 60 мм, то на сборное основание из готовых элементов или малоформатных ГВЛВ укладывается на клеевой состав третий слой из крупноформатных ГВЛВ, которые крепятся самонарезающими винтами для ГВЛ с шагом не более 300 мм. Плоскость листа должна перекрывать стыки листов или элементов нижележащего слоя.

В местах дверных проемов под сборное основание пола укладывается в один уровень со слоем засыпки подкладка из влагостойкой фанеры или антисептированной доски толщиной не менее 15 мм и шириной не менее 150 мм. Уложенные элементы пола или листы крепятся к подкладке самонарезающими винтами длиной не менее 25 мм с шагом 150 мм.

При необходимости стыки между элементами пола или малоформатными ГВЛВ заделываются шпаклевочной смесью КНАУФ-Фугенфюллер ГВ или КНАУФ-Унифлот, после чего шлифуются. По КНАУФ-суперполу можно ходить сразу после высыхания клея (обычно через 4–6 часов).

В случае устройства КНАУФ-суперпола во влажных помещениях (ванные комнаты) на стыки со стенами укладывается гидроизоляционная лента КНАУФ-Флэксдихт-банд (ЛИПС), а поверхность пола покрывается гидроизоляционным составом КНАУФ-Флэксдихт (ГидроМЭБ).

Если напольное покрытие представляет собой эластичный материал, основание пола рекомендуется покрывать слоем самовыравнивающейся шпаклевки типа КНАУФ-Нивелиршпатель 415 толщиной не менее 2 мм.

На КНАУФ-суперпол можно укладывать любое современное покрытие: линолеум, ковролин, керамическую плитку, паркет.

ЦНИИПромзданий разработан альбом «Полы жилых и общественных зданий со сборными стяжками из гипсоволокнистых листов», в котором указаны область применения, материалы, типы конструкций и устройство полов с различными типами покрытий. В Москве издано дополнение №1 «Полы жилых зданий с применением новых материалов» к «Территориальному каталогу» ТК 1-10 «Полы» том 1 «Полы жилых зданий», где приведены конструкции полов с покрытием из линолеума на вспененной основе по сборному основанию из ГВЛ. Данная проектная документация позволяет профессионально использовать при проектировании и строительстве материалы и технологии КНАУФ.

Теплофизические свойства ГВЛ обуславливают возможность их эффективного применения для устройства обогреваемых оснований пола с любым источником тепла.

Одна из схем, предложенных фирмой DEVI, предполагает использование Devimat™ – нагревательного кабеля, закрепленного на полипропиленовой сетке, который укладывают в слой плиточной мастики поверх КНАУФ-



Рис. 4



Рис. 5



Рис. 6

суперпола. Это позволяет направить основной тепловой поток на нагрев напольного покрытия.

Если подогрев пола производится в помещении, находящемся над отапливаемым помещением (этажи со второго и выше, первые этажи, под которыми находится отапливаемый подвал), требуется минимальная мощность подогрева и минимальная теплоизоляция пола.

В случае конструкции пола с покрытием керамической плиткой и установленной системой Devimat™ мощностью 100 Вт/м<sup>2</sup> потери тепла вниз, как показывает моделирование потоков, составят при этом 12%. Полезный тепловой поток вверх, равный 88 Вт/м<sup>2</sup>, обеспечивает перепад между температурой поверхности плитки и температурой комнатного воздуха 9–10°C.

Если в качестве покрытия используются материалы с низкой теплопроводностью, например, паркетная доска, потери тепла вниз возрастут до 25%, а максимальная температура пола упадет до 30°C.

Теплопотери сильно возрастают, если под перекрытием находятся холодные помещения или наружный воздух (например, если монтируется теплый пол на балконе). В этом случае необходимо повысить теплоизолирующие свойства перекрытия. Иногда это можно сделать, увеличивая толщину засыпки. Существенно повысить теплоизолирующие свойства можно, используя также такие эффективные теплоизоляционные материалы, как КНАУФ-терм марки М-25 с  $\lambda \geq 0,04$ .

Пример конструкции пола с теплоизоляцией приведен на рис. 7. Параметры системы кабельного обогрева и толщины теплоизоляции пола должны рассчитываться комплексно. Правильный выбор параметров теплоизоляции и мощности кабельной системы позволяет оптимизировать затраты на установку и эксплуатацию системы отопления и обеспечить требуемый тепловой комфорт.

При устройстве теплого пола после монтажа КНАУФ-суперпола можно приступить к устройству кабельной системы подогрева. В первую очередь устанавливают датчик терморегулятора, размещаемого в смежных слоях стяжки из ГВЛВ и плиточной мастики. Датчик с подводным проводом прокладывают в защитной трубке с наружным диаметром не более 12 мм, которая должна доходить до монтажной коробки терморегулятора, расположенного на стене. Штробление стяжки допускается на глубину не более 10 мм с последующим заполнением оставшихся пустот плиточной мастикой.

На загрунтованное основание наклеивают Devimat™. На разложенный Devimat™ наносят плиточный клей (плиточную мастику) и укладывают керамическую плитку. После укладки проверяют целостность нагревательной жилы и изоляции нагревательного кабеля. После высыхания клея устанавливают терморегулятор и производят электрические соединения.

**Теплый пол с водоподогревом.** Фирма Thermo Tech Rus (Санкт-Петербург) в течение ряда лет успешно приме-

няет конструкцию КНАУФ-суперпола с водоподогревом. В целях повышения эффективности передачи тепла и его равномерного распределения от труб по всей поверхности пола в настильных системах применяют алюминиевые пластины для шага укладки 150 и 300 мм. Пластины имеют специальный профиль для плотного прилегания к трубе. Алюминиевые пластины укладываются без приклеивания в пенополистирольные плиты с пределом прочности 200 кПа (рис. 8). В комплект входят поворотные плиты с пазами. Обычный или ламинированный паркет, толщиной как минимум 9 мм, укладывается непосредственно на алюминиевые пластины через тонкую влагопоглощающую прокладку из картона или вспененного полиэтилена. При использовании линолеумного покрытия, керамической плитки или покрытия из ПВХ, следует сначала на алюминиевые пластины положить плиты ГВЛ толщиной 10 мм в два слоя.

Возможна также установка системы на старый пол, так называемая «система достройки (обновления)». Конструктивно система достройки аналогична настильной системе, только в отличие от стандартной настильной системы применяются те же алюминиевые пластины с уже приклеенными пенополистирольными листами толщиной 20 мм без пазов. Основные отличия настильных систем от кабельных в том, что они подходят для любых типов зданий (несущих конструкций). Кроме того, отсутствует мокрый процесс, что сокращает время на монтаж и обеспечивает немедленную готовность к эксплуатации после монтажа. Конструкция выполнена в соответствии с СНиП 2.03.13-88 и чертежами типовых деталей полов 2.244-1 (узлы 153, 154, 155, 158, 159).

Актуальна схема **теплого пола с электроподогревом пленочным нагревателем** фирмы «ЛИТ» (Россия). В этой конструкции нагреватель располагается под стяжкой из ГВЛВ, что предохраняет его от механических повреждений и в то же время способствует аккумулярованию тепла стяжкой (рис. 9). Разработан простой вариант устройства теплого КНАУФ-суперпола путем укладки пленочного нагревателя непосредственно на поверхности сухой стяжки из ГВЛ под ковровое покрытие. Однако в этом случае есть опасность повреждения нагревателя, что снижает надежность работы системы. При устройстве любых систем теплого пола важно помнить, что температура поверхности КНАУФ-суперпола не должна превышать 50°C.

Резюмируя, отметим, что КНАУФ-суперпол является простой и универсальной конструкцией, которая одинаково хорошо создает не только комфортные условия проживания, но и обеспечивает при этом нормируемые уровни звуко- и теплоизоляции, деформации и эксплуатационной надежности, хорошо сочетается с современными напольными покрытиями.

[www.knauf.ru](http://www.knauf.ru)

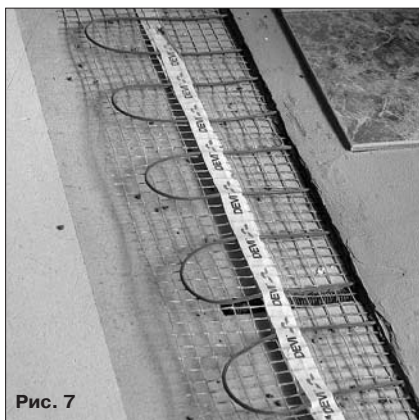


Рис. 7

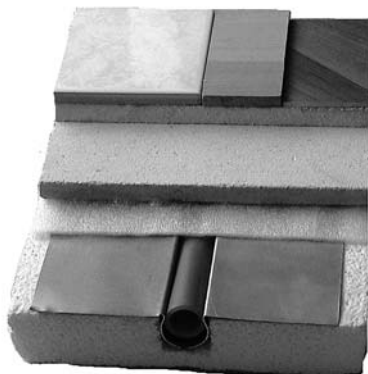


Рис. 8

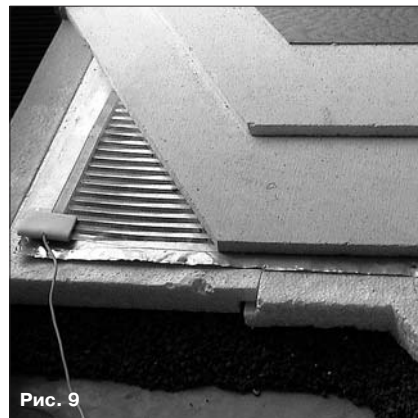


Рис. 9

## Полы на основе магнезиальных вяжущих веществ

Опыт устройства и эксплуатации полов на основе магнезиальных вяжущих веществ (МВВ) позволяет сделать вывод, что они уникальны. В них удачно сочетаются высокие прочность при ударе, сжатии, изгибе и растяжении, износостойкость, негорючесть, беспыльность, адгезия к бетонным основаниям, антиэлектро-статичность, маслостойкость, высокая технологичность производства работ, низкая пористость получаемой поверхности, практическая безупрочность (деформация усадки не превышает 0,05%).

Причина малых масштабов устройства полов на основе МВВ в том, что до недавнего времени были очень дефицитны и дороги как каустический магнезит, так и водорастворимые соли магния — основные вещества, сочетание которых и есть магнезиальные вяжущие, изобретенные французом Сорелем в 1867 г.

Дефицит и высокая цена были обусловлены тем, что вплоть до конца прошлого века каустический магнезит (оксид магния) и хлорид магния производились двумя предприятиями далеко от центра России — места наиболее высокого спроса на МВВ. В настоящее время производство каустического магнезита начато в Иркутской области, организуется еще в ряде районов России.

Уже в ближайшие годы оксид магния, пригодный для МВВ, может стать более доступным для потребителей, так как планируется запустить производство этого вещества из доломита. Предложены способы термического и химического разложения доломита с образованием активного оксида магния [1]. Основываясь на этом, можно утверждать, что оксид магния выведен из разряда дефицитных веществ. В России доломитом особенно богата центральная часть — Московская, Нижегородская, Владимирская области, — которые в недалеком будущем могут стать самыми крупными потребителями МВВ.

Доступными стали и водорастворимые соли магния. Во-первых, выросло производство хлорида магния — наиболее широко используемого компонента МВВ, во-вторых, появилась возможность в больших количествах использовать сульфат магния, поскольку авторами разработан простой способ его получения из доломита [1], в-третьих, можно использовать давно уже существующий способ получения солей магния путем обработки каустического магнезита соляной или серной кислотами или их смесью [2].

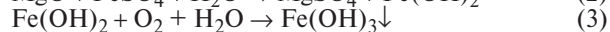
Наряду с водорастворимыми солями магния, МВВ можно получать и из растворимых солей алюминия или двухвалентного железа. Среди них особый интерес представляет железный купорос ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), который образуется в виде отхода на многих металлообрабатывающих предприятиях при стравливании с поверхностями стальных изделий окислы.

Авторами были проведены исследования влияния сульфата железа на основные свойства изделий, изготовленных из каустического магнезита и железного купороса, полученного на заводе «Этна» (Нижний Новгород). Установлено, что прочность изделий, изготовленных из МВВ с его применением, ниже, а гигроскопичность выше, чем при использовании хлорида магния.

Однако если в качестве основного компонента брать сульфат магния, а сульфат железа добавлять к нему в определенных количествах, то можно и в этом слу-

чае достигать необходимых прочности и гигроскопичности, а стоимость изделий заметно снижать.

Механизм процесса твердения, протекающего при затворении каустического магнезита смесью сульфата магния с сульфатом железа, может быть отражен следующими схемами химических реакций:



Образующийся по реакции (3) тригидроксид железа, будучи нерастворимым, а в момент образования — клееким веществом, увеличивает влагостойкость изделий.

Однако для получения изделий на основе МВВ с наилучшей совокупностью свойств следует использовать только сульфат магния, хотя он заметно дороже хлорида магния. В частности, использование сульфата магния в сочетании с каустическим доломитом позволяет снизить отрицательное воздействие небольших (до 5%) количеств гидроксида кальция. Это происходит потому, что сульфат магния переводит активную известь в инертный гипс, не мешающий твердению. При использовании хлорида магния образуется нерастворимая тончайшая взвесь гидроксида магния, мешающая твердению.

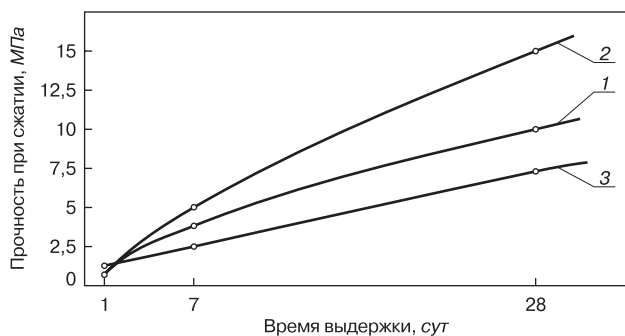
Сульфат магния можно производить в виде порошка, представляющего собой семиводный кристаллогидрат  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  и использовать вместе с каустическим магнезитом или доломитом для получения сухих строительных композиций. При производстве таких композиций можно реализовать еще одно преимущество сульфата магния: довести соотношение между ним и оксидом магния до 0,6:1,5. При таких соотношениях изделия получаются более прочными.

Как и другие вяжущие, например портландцемент, МВВ целесообразно почти во всех случаях использовать в смеси с наполнителями и заполнителями, поскольку они не только увеличивают объем смеси, но и снижают нежелательные изменения линейных размеров, проявляющиеся при твердении минеральных вяжущих. Для наполнения МВВ пригодны любые традиционные заполнители — кварцевый песок, гранитный щебень, древесные опилки, стружка. Некоторые инертные вещества способны вступать в топохимические реакции с солями магния и улучшать свойства изделий за счет образования связей «наполнитель — вяжущее». Авторами установлено такое взаимодействие при использовании в качестве наполнителя доломита, серпентинита, микрокремнезема.

Большой интерес в качестве наполнителя может представлять цемянка — тонкоизмельченный керамический кирпич. Кроме того, ранее было установлено [2], что цемянка активна по отношению к МВВ, так как повышает водопрочность изделий на их основе.

Специфическим наполнителем для МВВ могут стать предлагаемые авторами алюмосиликатные полые микросферы, выделяемые из золотлаковых отвалов, образующихся при сжигании некоторых видов каменных углей. Диаметр микросфер 30–350 мкм, толщина стенки 2–10 мкм, насыпная плотность 250–500 кг/м<sup>3</sup>, сопротивление разрушению до 10 МПа, теплопроводность 0,05–0,1 Вт/(м·К).





Нарастание прочности при сжатии образцов материала «Древолит®» в течение нормативного времени выдержки: 1 – ПВХ; 2 – силикатное стекло; 3 – древесные опилки

Цена таких микросфер невысока, а физико-механические свойства позволяют достаточно широко использовать их для изготовления легких, даже теплоизоляционных изделий на основе магнезиальных вяжущих.

В качестве легкого наполнителя авторами предложен вспученный перлитовый песок и способ его введения в вяжущее [3]. Особенностью этого способа является то, что частицы перлитового песка предварительно опудривают каустическими магнезитом или доломитом и после этого смешивают с жидкой частью. Такой прием позволяет предотвратить попадание МВВ в поры частиц перлита, вследствие чего они остаются воздушнонаполненными, то есть легкими, теплыми. По мнению авторов, можно наполнять МВВ и вспученным вермикулитом по такой же, как и для вспученного перлита, технологии. Изделия, полученные из МВВ со вспученным перлитом или вермикулитом либо их смесью, являются теплоизоляционными, негорючими, огнезащитными. Они допущены Морским регистром СССР для изготовления переборок на судах.

Однако наиболее широко следует использовать МВВ с заполнителями растительного происхождения – древесными опилками и стружкой, льняной кострой, подсолнечной лузгой, хлопковыми и льняными очесами, поскольку в этом случае данные вяжущие проявляют еще ряд уникальных свойств:

- в отличие от портландцемента, не вызывают гидролиза лигнина – своего рода клея в растительной ткани, – приводящего к разрушению частиц заполнителя;
- антипирируют растительные материалы (хлорид магния в свое время был предложен авторами для борьбы с низовыми лесными пожарами и показал высокую эффективность);
- антисептируют растительные ткани, что было установлено работами проф. В.Ф. Смирнова (Нижегородский государственный университет);
- позволяют вводить в них значительные (до 90%) по объему количества растительных наполнителей и при этом обеспечивают необходимую прочность изделий.

Эта совокупность свойств позволяет вовлечь в переработку образующиеся в большом количестве и не используемые в полном объеме такие отходы, как древесные опилки и стружка, льняная костра и др. Поскольку в изделиях эти отходы («теплый» материал) могут занимать чуть ли не весь объем, то появляется возможность изготавливать на основе МВВ теплоизоляционные материалы – «древесные», но не горючие, не гниющие, с высокой прочностью.

Учитывая все вышесказанное, на данном этапе развития строительной индустрии России наиболее целесообразным было бы изготовление на основе МВВ и древесных отходов сплошных покрытий пола или плит для устройства сборного пола. Собственно, это направление использования МВВ всегда было приоритетным (ксилолитовые полы), но в настоящее время оно приобрело еще большее значение.

Разумеется МВВ могут и должны использоваться и для других целей. Так, авторами выявлена их высокая эффективность при ремонте деревянных полов, подоконных досок, оконных рам, дверных косяков и других изделий интерьера из древесины, а также разработана рецептура МВВ для изготовления высокохудожественных плиток, используемых в отделке ресторанов, кафе. Разработан клей «Древолит» для наклеивания этих плиток на кирпичные, бетонные, деревянные стены.

В течение ряда лет авторами проводятся исследования материалов и изделий на основе МВВ, получивших торговую марку «Древолит®», основным наполнителем в которых является измельченная древесина (опилки, стружка, дробленка, пыль).

«Древолит®» был использован для изготовления монолитных верхних покрытий полов в продуктовых складах, птицефабриках, а в жилых помещениях – в качестве основания под паркет, линолеум, ковролин и т. п. Подслой формировался на бетонных и деревянных основаниях.

На птицефабрике в г. Линда (Нижегородская обл.) уже в течение пяти лет успешно эксплуатируется монолитный пол из «Древолита®» в цехе по производству сухих комбикормов. В этом помещении возможно образование пыли в концентрациях, превышающих взрывоопасную, поэтому и требуется безыскровое негорючее антиэлектростатичное напольное покрытие.

В заключение отметим, что расширение масштабов использования МВВ – одно из решений актуальнейшей проблемы уменьшения техногенной нагрузки на биосферу, поскольку способствует снижению потребления топлива, минеральных ресурсов, выбросов вредных веществ.

На долю промышленности строительных материалов в России приходится около 5% расходуемого топлива и 7% выбросов (газообразных, жидких, твердых), а также энергетических в виде теплоты и электромагнитных излучений. Основными потребителями энергии в этой отрасли являются производства портландцемента и силикатного стекла, причем энергия для них нужна, в основном, высокопотенциальная, так как синтез силикатов, образующих цемент и стекло, идет при температуре около 1500°C. Эта температура наиболее «благоприятна» для образования из воздуха оксидов азота – одних из наиболее токсичных газообразных веществ техногенного происхождения.

Между тем, в России еще с советских времен существует неоправданное использование портландцемента: его применяют даже там, где с теми же результатами можно было бы использовать вяжущие, получаемые при значительно более низких температурах, с меньшими затратами энергии всех видов.

МВВ, наряду с гипсом и известью, являются вяжущими, для производства которых требуется низкопотенциальная теплота, поскольку основной их компонент – оксид магния – получают при температуре 780°C и ниже. Другие компоненты производят с небольшими энергозатратами. По нашим расчетам, изделия из этих вяжущих могут заменить собой не менее 3% продукции, производимой на основе портландцемента.

#### Список литературы

1. *Войтович В.А., Зеляев И.А., Спиринов Г.В. и др.* Способ получения оксида магния. Пат. России. № 2198842. Оpubл. Бюл. 2003. № 5.
2. *Килессо С.И., Иванова А.В.* Пеномагнезит, его свойства и технология производства. М.: Изд-во Мин-ва коммуна. хоз-ва РСФСР. 1974. 30 с.
3. *Спиринов Г.В., Омеляненко М.П., Войтович В.А. и др.* Сырьевая смесь для изготовления строительных изделий и способ ее получения. Пат. России № 2090535. Оpubл. Бюл. 1997. № 26.

## Новинка, которой более 100 лет

Магнезиальное вяжущее — одно из любопытнейших вяжущих веществ, пережившее времена и увлечения, и забвения. Первые полы на основе магнезиального камня были уложены более 90 лет назад в Германии компанией Kaser GmbH & Co,

В России в 30-х гг. XX века популярностью пользовались ксилолитовые полы из магнезиального вяжущего с опилками. Такие полы делались без швов, их циклевали и натирали мастиками. Ксилолитовые полы были теплыми (как паркетные), гигиеничными, негорючими и беспыльными. У них, однако, недостаток: из-за низкой водостойкости ксилолитовые полы требовали защиты от увлажнения, поэтому попытки их применения в массовом строительстве не увенчались успехом.

За рубежом в середине 50-х годов XX века, благодаря большому объему исследований и появлению новых материалов, старые идеи обрели новую жизнь. Немаловажную роль сыграла также практически идеальная экологическая безопасность полов на основе магнезиального камня. Разработанные технологии позволили создать целый ряд новых составов, существенно увеличить влагостойкость и сохранить уникальные физико-механические свойства материала.

Очень важной для комплекса физико-механических свойств материала является игольчато-древовидная структура кристаллов, которая и обеспечивает материалу, несмотря на высокую твердость, устойчивость к ударным нагрузкам.

Магнезиальное вяжущее — быстротвердеющее: через сутки прочность магнезиального камня составляет 35–50%, а через 7 суток 60–90% от конечной прочности.

Сроки схватывания магнезиального вяжущего несколько короче, чем у портландцемента: начало — не ранее 20 мин, конец — не позднее 6 ч от момента затворения. По совокупности показателей магнезиальное вяжущее можно отнести к нормально схватывающимся быстротвердеющим высокопрочным вяжущим, твердеющим на воздухе.

Магнезиальные вяжущие имеют существенные преимущества перед портландцементом, главные из которых:

- отсутствие усадки при твердении, что позволяет делать покрытия полов большой площади без швов;
- высокая твердость, износостойкость и ударная прочность затвердевшего магнезиального камня, что определяет долговечность материалов;
- высокие адгезионные свойства, позволяющие укладывать растворы и бетоны практически на любую поверхность и работать с органическими и неорганическими наполнителями;
- светлый цвет, обеспечивающий чистые яркие тона при окрашивании составов;
- высокая пластичность;
- термостойкость в довольно большом интервале температур и негорючесть.

Совокупность перечисленных выше свойств делает магнезиальный камень идеальным материалом для пола. Однако, этот материал не может использоваться при постоянном воздействии влаги, так как при длительном контакте с водой наблюдается снижение прочности камня.

Современные строители научились сводить к минимуму этот недостаток комплексом мероприятий:

- устройством водонепроницаемого грунтовочного слоя на основании;
- модификацией вяжущего специальными минеральными и полимерными добавками;
- пропиткой поверхности пола или другой конструкции полимерными составами для повышения водостойкости.

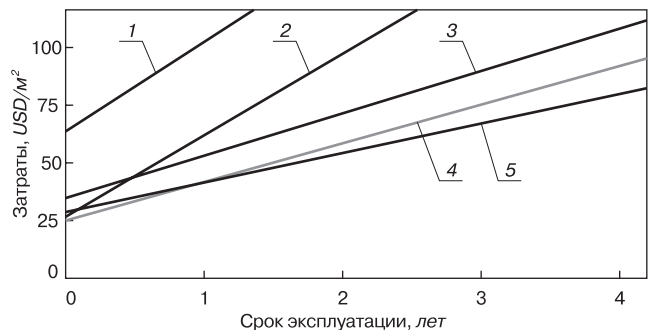
Оптимальная область применения бетонов на магнезиальных вяжущих — устройство монолитных бесшовных полов. В этом случае максимально реализуются положительные свойства магнезиальных вяжущих.

Специалистами компании «Магилит» были выявлены причины старых проблем и разработаны материалы и технологии укладки, которые обеспечивают высокие характеристики полов в сочетании с долговечностью. Несмотря на относительно дорогое сырье, разработанные технологии позволили перевести полы на основе магнезиального камня из разряда элитной продукции в систему, доступную для большинства заказчиков.

Инвесторы и владельцы учитывают не только стоимость строительства, но и затраты на ремонт. Анализ полной стоимости полов, изготавливаемых по различным технологиям, показывает, что полы на основе магнезиального камня очень выгодны для инвестиций (см. рисунок).

К основным видам промышленных полов, изготавливаемых компанией, относятся мозаичные и наливные полы.

В настоящее время компания разработала и предлагает клиентам универсальную систему технологий, напольных покрытий и полов под торговой маркой «Magilit», которая включает четыре базовых линии полов.



Полные затраты на эксплуатацию полов: 1 — мраморная плитка; 2 — керамогранит; 3 — полимерное покрытие; 4 — бетон с упрочненным поверхностным слоем; 5 — Magilit Monochrome Standard

### Линия «Magilit Standard»

Промышленный финишный высокоизносостойкий, ударопрочный, бесшовный пол для высоких и интенсивных нагрузок представляет собой однослойное покрытие с наполнителем из гравия или щебня, полимерными добавками и защитной полимерной пропиткой поверхности. Цвет пола — натуральный цвет магнезиального камня или темно серый применяется в помещениях без требований по однотонности. Допускается изменение цвета пола от светлого до темно-серого, особенно в местах стыков полос, что не влияет на прочность готового пола. Ровность поверхности обеспечивается технологией укладки и затиркой состава до его схватывания. При необходимости возможно изготовление фиброармированного состава. Толщина пола от 25 мм.

### Линия «Magilit Design»

Финишный декоративный, высокоизносостойкий, ударопрочный, бесшовный пол из магнезиального камня имеет несколько разновидностей.

«Magilit Design Standard» — материал для устройства цветного однослойного покрытия. После твердения раствор шлифуют до проявления наполнителя — гравия (мозаичный пол) и защищают поверхность полимерной пропиткой.

«Magilit Design Prestige» имеет такие же свойства и основу, что и другие материалы этой серии, но в качестве наполнителя используется мраморный щебень, змеевик, яшма или другие декоративные материалы с защитной полимерной пропиткой поверхности (мозаичный пол).

Цвет основы пола — натуральный, возможно окрашивание в массу. Допускается подбор цвета основы по системе RAL. Толщина пола от 25 мм.

### Линия «Magilit Monochrome»

Финишный декоративный, высокоизносостойкий, ударопрочный, бесшовный по всей поверхности пол из магнезиального камня с высокой прочностью поверхности.

«Magilit Monochrome Standard» — наливная композиция финишного покрытия пола, высокой ровностью поверхности. Декоративные свойства получают окрашиванием магнезиального камня на всю толщину. Поверхность пола защищена водо- и химическистойкими полимерами. Толщина покрытия составляет в среднем 6 мм и зависит от степени неровности стяжки (основания), на которую оно укладывается.

«Magilit Monochrome Variant» — двухслойный декоративный пол из магнезиального камня для объектов со сверхвысокой механической нагрузкой и требованиями по декоративному оформлению. Верхний наливной декоративный слой отличается высокой прочностью и ровностью поверхности. Для его защиты наносится полимерная пропитка. При необходимости в состав декоративного слоя могут быть введены различные наполнители мелкой фракции. Покрытие может иметь цвет естественного магнезиального камня, или быть окрашенным, в том числе и по каталогу RAL. Толщина слоя от 10 мм.

Нижний слой состоит из неокрашенного магнезиального камня с наполнителем из гравия или щебня толщиной от 25 мм.

Основное применение полы «Magilit Monochrome» находят в производственных цехах автомобильной, пищевой, легкой промышленности, машиностроения, на химических и фармацевтических производствах, предприятиях по производству электроники, в телекоммуникационных помещениях, бизнес-центрах, спортивных сооружениях и др.

«Magilit Antistatic» — система полов для объектов, на которых наряду с высокими и интенсивными нагрузками необходимо исключить возможность накопления статических электрических зарядов даже при низкой влажности. Антистатические свойства пола достигаются повышенной электропроводностью магнезиального камня, а также устройством специальных шин для отвода зарядов. Конструкция пола и уровень электропроводности, определяемый характеристиками состава,

полностью исключают накопление статического электричества.

Специально для объектов с достаточно большими нагрузками, на которых необходимо исключить возможность генерации искр при эксплуатации, разработана система полов «Magilit Protect». При укладке этого пола в качестве наполнителя используется мраморная крошка, а также выполняются мероприятия по отводу статического электричества. Компанией накоплен опыт устройства таких полов в цехах окраски и помещениях, где расположены компрессоры для перекачки природного газа.

### Техническая характеристика полов «Magilit»

Прочность при сжатии, МПа	
через 1 сут . . . . .	20–25
через 28 сут . . . . .	40–50
Прочность на растяжение при изгибе, МПа	
через 1 сут . . . . .	10–12
через 28 сут . . . . .	15–18
Истираемость, г/см <sup>2</sup> . . . . .	0,2
Твердость по Бринеллю . . . . .	80–100
Удельное электрическое сопротивление, Ом·см . . . . .	10 <sup>4</sup> –10 <sup>6</sup>

В некоторых случаях при эксплуатации возможны подвижки конструкции здания, что может привести к образованию трещин в полах. Для снижения вероятности их образования, учитывая большую прочность магнезиального камня на изгиб, разработана технология укладки пола на упруговязкий промежуточный слой, который не связан со стенами и колоннами здания. При этом требования по несущей способности обеспечиваются некоторым увеличением толщины пола. Возможна укладка пола также на асфальт.

## УНИВЕРСАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОЛОВ "МАГИЛИТ"



**НОВЫЙ СТАНДАРТ В УСТРОЙСТВЕ ПОЛОВ ДЛЯ: производственных помещений (цехов), складских помещений, автосервисов, гаражей**

- прочность поверхности
- бактерицидность
- безыскровость
- беспыльность
- бесшумность
- бесшовность
- низкая полная стоимость
- контролируемая электропроводность
- уникальная стойкость к истиранию
- высокая адгезия к любой основе
- уникальная прочность в объеме
- уникальная ударопрочность

**ПРЕИМУЩЕСТВА ОЧЕВИДНЫ.**

**СРАВНИТЕ С ДРУГИМИ ПОЛАМИ ПО ЗАТРАТАМ НА УСТРОЙСТВО РЕМОНТ И ОБСЛУЖИВАНИЕ.**

**ИССЛЕДОВАНИЯ - РАЗРАБОТКИ - ПРОИЗВОДСТВО МАТЕРИАЛОВ - УСТРОЙСТВО ПОЛОВ**

ООО "МАГИЛИТ", МОСКВА, (095)273-05-81, WWW.MAGILIT.RU

## Цементнополивинилацетатные полы – незаслуженно забытые строительные изделия

В 60–80-е гг. XX века в СССР весьма распространенным видом промышленных полов были цементнополивинилацетатнобетонные (ЦПВБ). Их устраивали в механических, полиграфических, текстильных цехах, сухих складах, поскольку эти полы ударопрочные, износостойкие, беспыльные, непроницаемые для минеральных масел, негорючие.

Традиционные рецептуры смесей для ЦПВБ-пола содержат цемент, песок, щебень и поливинилацетатную гомополимерную грубодисперсную пластифицированную дисперсию (ЦПВД). Эти смеси готовят на обычном смесительном оборудовании и укладывают на основание традиционными приемами. Однако ЦПВД-смеси обладают повышенной липкостью, что затрудняет их приготовление и использование, то есть перемешивание, нанесение с помощью лопат, шпателей и т. п.

Для устранения этого недостатка предлагается использовать для приготовления ЦПВД-смесей поливинилацетатную дисперсию (ПВАД), совмещенную с этилсиликатами.

Под обобщающим названием «этилсиликаты» понимают сегодня три вещества:

- тетраэтоксисилан (ТЭС), или этилсиликат-28;
- этилсиликат-32;
- этилсиликат-40.

Из них лишь ТЭС является индивидуальным химическим соединением – полным этиловым эфиром ортокремниевой кислоты. Внешне это прозрачная подвижная жидкость с легким эфирным запахом.

Этилсиликат-32 (ЭТС-32) является продуктом, представляющим собой смесь ТЭС с его ближайшим олигомером – гексаэтоксидисилоксаном. Наряду с этим, в товарном ЭТС-32 может быть небольшое количество этанола и октаэтокситрисилоксана. Внешне это такая же жидкость, что и ТЭС. Этилсиликат-40 является продуктом, также представляющим собой смесь ТЭС, с гексаэтоксидисилоксаном и октаэтокситрисилоксаном, но в этой смеси низкомолекулярных продуктов очень мало. Среди этилсиликатов наиболее доступен ЭТС-32. Его и рекомендуется вводить в ПВАД.

Липкость – это способность жидких масс, соприкасающихся с двумя твердыми поверхностями, сопротивляться усилию, стремящемуся вызвать разделение последних. Работ, посвященных определению липкости ЦПВБ-масс, нам найти не удалось, поэтому мы воспользовались методикой, схема которой описана в [1].

ЦПВБ-смесь загружали в форму-противень, вибрировали на вибростоле с частотой 40 Гц и амплитудой 0,5 мм около 2 мин и тщательно разглаживали, делая поверхность плоской. После этого форму устанавливали горизонтально на специальное устройство, позволяющее плавно изменять угол наклона формы к горизонту. На край поверхности, поднимающийся во время опыта, клали стальной цилиндр диаметром 20 мм. При достижении поверхностью определенного угла наклона этот цилиндр начинал скатываться. Угол начала скатывания и принимался за критерий липкости. Установлено, что для ЦПВБ-смесей, содержащих 0; 1 и 2% ЭТС-32 по отношению к цементу, углы наклона, при которых началось скатывание, равнялись 28, 22 и 15° соответственно.

На основании этих результатов можно сделать вывод, что ЭТС-32 существенно уменьшает липкость. Объяснить такое действие можно тем, что в начальный момент, до гидролиза, это вещество проявляет обычные для кремнийорганических жидкостей антиадгезионные свойства.

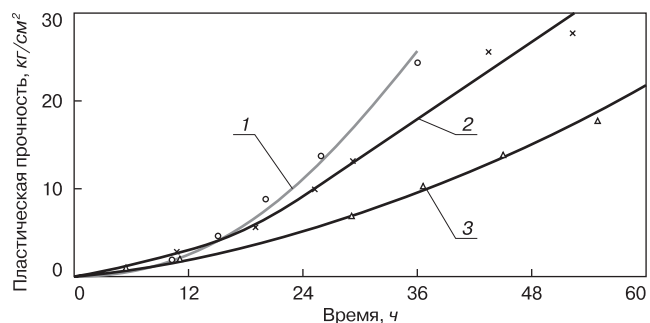
Снижение липкости – не единственное положительное воздействие ЭТС-32 на ЦПВБ смеси. Улучшает он и реологические свойства. Наиболее важной реологической характеристикой цементных смесей является предельное напряжение сдвига. Построение пластограмм, то есть кривых, иллюстрирующих зависимость «время – предельное напряжение сдвига», для твердеющей цементной смеси позволяет фиксировать во времени характер и кинетику структурообразования. Особенно эффективно использование этой методики в тех случаях, когда в цементные массы вводятся различные добавки.

Для построения пластограмм был использован конический пластометр КП-3 системы Воларовича и Маркова [2]. В качестве объекта исследований были использованы образцы цементнополивинилацетатного теста при отношении полимер:цемент = 0,2 и водоцементном отношении В/Ц = 0,47. При расчете водоцементного отношения учитывалась и вода, входящая в ПВАД.

На рисунке приведены полученные пластограммы. Их характер позволяет сделать вывод, что ЭТС повышает предельное напряжение сдвига в ранние сроки твердения и затем понижает его. Это означает, что ЭТС-32 способствует быстрому возникновению в ЦПВБ-смеськах довольно прочной, но коагуляционной структуры, и замедляет образование кристаллизационной. Это приводит к большей тиксотропности смесей с ЭТС-32 в раннем возрасте, что делает их технологически более удобными для использования.

Изменения кинетики пластичности по методике ЦНИИПС [3] для цементнополивинилацетатного теста описанного выше состава позволяет сделать вывод, что введение ЭТС незначительно понижает пластичность в первый час твердения, но снижает скорость ее уменьшения. Этот факт позволяет считать эту добавку улучшающей технологические свойства ЦПВБ-смесей. Наряду с реологическими, ЭТС-32 повышает показатели и физико-механических свойств ЦПВБ-камня.

Механизм влияния ЭТС-32 на ЦПВБ-смеси аналогичен тому, который проявляет микрокремнезем, поскольку



Пластограммы цементнополивинилацетатного теста: Кривые 1, 2, 3 соответствуют содержанию 0; 1 и 2% ЭТС-32

ку ЭТС-32 в цементных смесях подвергается гидrolитической поликонденсации с образованием частиц аморфного кремнезема с удельной поверхностью до 800 м<sup>2</sup>/г.

Традиционная рецептура ЦПВБ состоит из портландцемента, ПВАД, песка и щебня, взятых в соотношении 100:40:300:200 мас. ч. соответственно. Водотвердое отношение подбирается опытным путем. Цемент предпочтительнее использовать марки 500. Для снижения усадки, происходящей при твердении такой смеси, желателен часть портландцемента заменять расширяющимся цементом.

Технология приготовления смеси — традиционная, однако ПВАД следует предварительно диспергировать в половинном количестве воды затворения. К сухой смеси компонентов добавляют вторую половину воды, перемешивают до полного смачивания твердых частиц, потом добавляют ПВАД и перемешивают до готовности к укладке. Если ЦПВБ готовят с использованием ЭТС-32, то последний предварительно вводят при перемешивании в ПВАД, а образовавшуюся композицию используют так же, как описано выше.

Технология укладки смеси такова. Вначале готовят основание. Если оно бетонное, то его прочность при сжатии должна быть не менее 25 МПа. Поверхности основания после обеспыливания должны быть загрунтованы ПВАД, разбавленной водой в 10 раз. Смесь укладывают участками в виде полос через одну шириной не более 1–1,5 м, ограниченных деревянными строгаными рейками или металлическими трубами, служащими маяками. Внутри полосы смесь равномерно распределяют металлическими граблями таким образом, чтобы ее слой был несколько выше маяков. Через 15–20 мин, считая с начала укладки, смесь уплотняют виброрейками или металлическими катками до появления «молочка» на поверхности слоя.

Уплотнение металлическим катком производят путем многократной проходки по уложенной смеси во взаимно

перпендикулярных направлениях. Во избежание прилипания теста к катку поверхность его периодически протирают мокрой щеткой. Вслед за уплотнением слой смеси заглаживают металлическими гладилками; заглаживание заканчивают до начала схватывания смеси. Тщательное уплотнение ЦПВБ-смеси является обязательным условием для получения прочного слоя бетона. Этим предотвращается размытие поверхностного слоя покрытия.

При перерыве в работе перед возобновлением укладки затвердевший слой в местах швов грунтуют разбавленной ПВАД. Свежеуложенную смесь в этих местах уплотняют и заглаживают особенно тщательно во избежание разрушения покрытия, которое в процессе эксплуатации обычно начинается со швов.

На проезжей части цеха рекомендуется производить устройство покрытия, не прерывая процесса укладки ЦПВБ-смеси. Примыкание покрытия пола к стенам оформляют плинтусом.

По окончании укладки, а также при перерывах в работе тару, инструменты и механизмы тщательно очищают и промывают водой.

При твердении покрытия температура воздуха в помещении, измеренная на уровне пола, в течение всего периода твердения (не менее 10 сут) должна быть не ниже +10°C. Покрытие в первые сутки увлажняют водой; дальнейшее твердение должно происходить в воздушно-сухих условиях.

#### Список литературы

1. *Соломатов В.И.* Полимерцементные бетоны и пластобетоны. М.: Стройиздат. 1967. 184 с.
2. *Воларович М.П., Марков С.Н.* // Торфяная промышленность. 1961. № 10. С. 28.
3. *Сорокер В.И.* Пластичные кладочные растворы без извести и глины. М.: Стройиздат. 1950.

**Промышленные  
полимерные  
полы**

**Материалы  
Инструменты  
Оборудование  
Консультации  
Шеф-монтаж**

**СМТ**

Москва, Звездный бульвар 19, (095) 234-28-90, 234-88-68

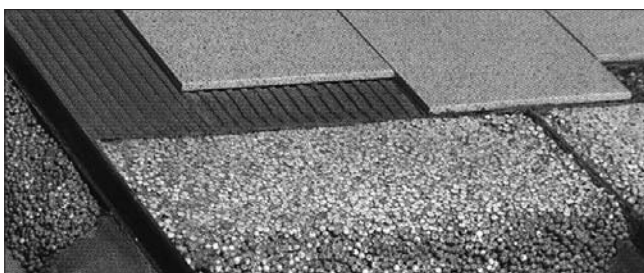
## «Политерм» как утеплитель при устройстве пола

Основное направление деятельности компании «Мосстрой-31» — производство эффективных теплоизоляционных строительных материалов на основе пенополистирола (ППС), которые прочно вошли в практику современного строительства. На оборудовании мирового класса («Hirsy» и «Kurtz») «Мосстрой-31» выпускает высококачественный ППС и изделия на его основе: пенополистиролбетон, получивший фирменное название «Политерм», «Домостроительную систему «Мосстрой-31» на основе несъемной опалубки, «Пенополистирольные блоки», «Сэндвич»-панели.

За короткое время компания заняла лидирующее положение среди основных производителей утеплителей на основе ППС в России. Сейчас компания производит до 600 тыс. м<sup>3</sup> ППС в год.



После нанесения на поверхность «Политерм» разравнивают



Одним из направлений деятельности компании является производство материала «Политерм», представляющего собой утеплитель заливного типа. В состав «Политерма» входит вспененный полистирол, обработанный адгезивным составом, и цемент. После смешивания с водой и твердения композиция приобретает высокие теплотехнические (см. таблицу) и прочностные характеристики, что позволяет использовать его для звуко- и теплоизоляции крыш, полов, междуэтажных перекрытий.

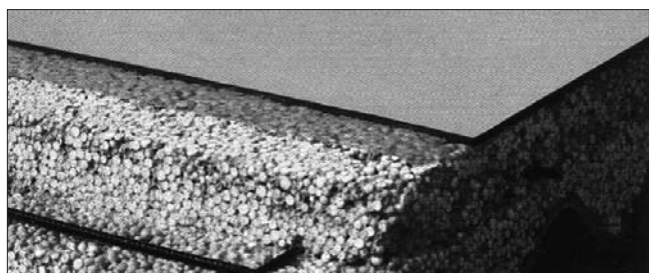
Материал удобен в применении и не требует для подготовки к нанесению специальной техники. На стройплощадке вода и цемент равномерно перемешиваются с максимальной скоростью в бетономешалке, смесь подается к месту укладки с помощью бетононасоса или вручную. Обработанные специальным адгезионным составом шарики полистирола не всплывают на поверхность и образуют однородный слой утеплителя.

Перед заливкой «Политерма» на пол укладывают паронепроницаемую пленку, а при необходимости — армирующую сетку. Толщина утепляющего слоя определяется в каждом конкретном случае в соответствии со СНиП II-3-79\* «Строительная теплотехника».

После твердения материал образует прочный слой, который успешно выполняет функцию стяжки.

«Политерм» — незаменимый материал как при новом строительстве, так и при реконструкции и ремонте зданий. Экологическая безопасность материала позволяет использовать его в жилых и общественных зданиях. Однородность и долговечность обеспечивает его прекрасную эксплуатацию в качестве основы для кафельных, деревянных, паркетных полов, а также для наплавляемых материалов при устройстве кровель.

ЗАО «Мосстрой-31» производит готовые пенополистиролбетонные плиты различных размеров, позволяющие сократить сроки строительства.



«Политерм» — прекрасная основа для последующей укладки напольной плитки, линолеума и других покрытий

Плотность материала «Политерм» в сухом состоянии, кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности в сухом состоянии, Вт/(м·°С)	Влажность, %, в условиях эксплуатации ГОСТ 24816-81		Теплопроводность материала, Вт/(м·°С), в условиях эксплуатации ГОСТ 7076-99		Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па) ГОСТ 25898-83	Звукоизоляция, дБ
		А	Б	А	Б		
200	0,065	8	16	0,091	0,11	0,097	15
300	0,084	9	18	0,13	0,15	0,087	13

И.Ф. ШЛЕГЕЛЬ, директор, Г.Я. ШАЕВИЧ, зам. директора по науке, П.Г. ГРИШИН, главный конструктор, В.П. ПЕРФИЛЬЕВ, В.Е. МИРОШНИКОВ, А.Н. БУЛГАКОВ, Ю.Г. АФАНАСЬЕВ, А.П. ЖИГУЛИН, Г.В. ТИТОВ, конструкторы, А.А. ЕКИМОВ, наладчик (ООО «ИНТА-СТРОЙ», Омск)

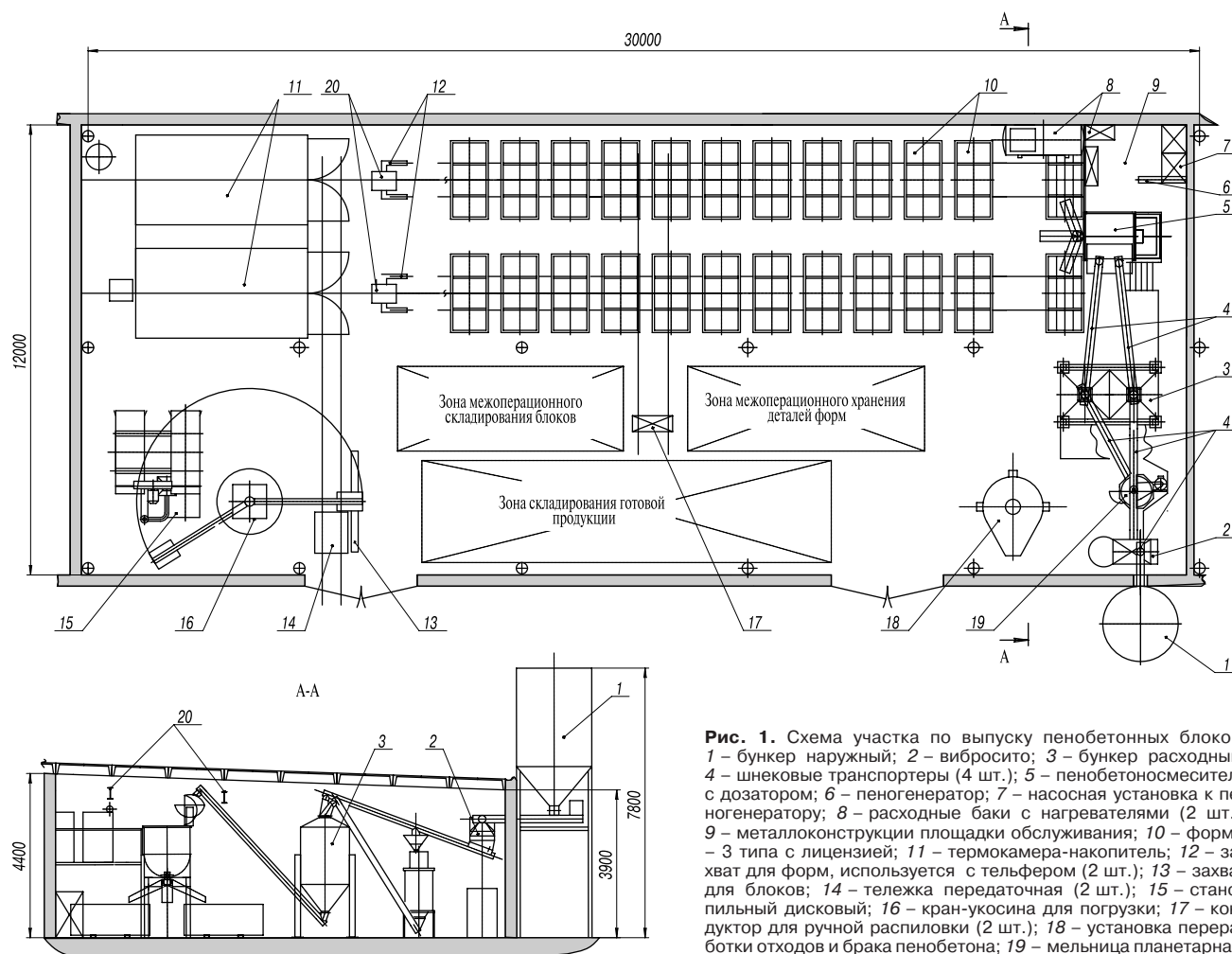
## Организация цеха по производству теплоизоляционного пенобетона

Преимущества комбинированных стен в настоящее время мало у кого вызывают сомнения, а применение пенобетона в качестве утеплителя находит все большее распространение в практике строительства. Самым крупным потребителем теплоизоляционного пенобетона становится монолитное домостроение. Как показал наш опыт реализации на рынке стройматериалов, частный застройщик уже знает этот материал, и объем продаж мелкоштучных и крупных блоков в этом секторе постоянно растет.

Вместе с тем в технологии производства пенобетона имеется ряд проблем, которые поднимались на конференции «Пенобетон-2003», состоявшейся в Белгороде весной этого года.

В целях совершенствования технологии и оборудования нами был организован опытно-экспериментальный участок по выпуску пенобетонных блоков. Схема участка показана на рис. 1. Производство организовано таким образом, что летом участок выпускает до 400 м<sup>3</sup> блоков в месяц, а зимой ведутся опытно-экспериментальные работы. А так как зимы в Сибири долгие, наработано достаточное количество интересных результатов, которые могут быть использованы при освоении производства.

Изначально запланировано совершенствование технологии осологетого пенобетона, самого эффективно-го в строительстве и самого сложного в освоении производства. Сложность производства легкого беспесчаного



**Рис. 1.** Схема участка по выпуску пенобетонных блоков: 1 – бункер наружный; 2 – вибростол; 3 – бункер расходный; 4 – шнековые транспортеры (4 шт.); 5 – пенобетоносмеситель с дозатором; 6 – пеногенератор; 7 – насосная установка к пеногенератору; 8 – расходные баки с нагревателями (2 шт.); 9 – металлоконструкции площадки обслуживания; 10 – формы – 3 типа с лицензией; 11 – термокамера-накопитель; 12 – захват для форм, используется с тельфером (2 шт.); 13 – захват для блоков; 14 – тележка передаточная (2 шт.); 15 – станок дисковый; 16 – кран-укосина для погрузки; 17 – кондуктор для ручной распиловки (2 шт.); 18 – установка переработки отходов и брака пенобетона; 19 – мельница планетарная; 20 – монорельс с тельфером 1 т.

пенобетона связана с его малой прочностью в первые сутки твердения и склонностью к усадке и трещинообразованию в дальнейшем.

Основные рекомендации, полученные из собственного опыта и результатов обследования работающих цехов пенобетона:

1. Для обеспечения саморазогрева, самопропаривания и упрочнения пенобетона в форме необходимо иметь температуру смеси 40–50°C, что решается установкой ТЭНов в бак-дозатор для воды. Однако в осенне-весенний, и особенно зимний период, когда температура цемента в наружном бункере опускается ниже 0°C, весьма затруднительно поддерживать температуру смеси на необходимом уровне. Хорошие результаты в этом случае дает установка промежуточного расходного бункера в цехе (рис. 2). Между бункером, установленным снаружи 5 и промежуточным бункером 1 желательнее установить сито для просеивания цемента 4, так как в цементе часто встречаются инородные включения, способные вывести из строя технологическую линию.

2. Пенобетоносмесители выпускают несколько заводов, однако не все они соответствуют оптимальному технологическому процессу. Во-первых, емкость смесителя должна быть не менее 1,2 м<sup>3</sup> и обеспечивать заливку, как минимум одной формы. Во-вторых, угол разворота лопаток и число оборотов должно обеспечивать высокую скорость перемешивания с минимальным разбрызгиванием смеси, что учтено не во всех конструкциях. Наш смеситель сконструирован таким образом, что при вращении лопастного вала производится одновременная зачистка стенок и днища смесителя. Пенобетоносмеситель следует устанавливать на высоте 1,6–2,2 м для обеспечения заливки формы самотеком (рис. 3) Применение для разлива пенобетона героторных насосов на стационарном участке считаем малоэффективным, так как усадка смеси составляет от 10 до 25%.

3. При решении вопроса лить в формы или резать, нами был выбран компромиссный вариант – отливка в формы крупноразмерных блоков и затем их резка на мелкоштучные изделия. Резка затвердевшего пенобетона осуществляется дисковой пилой (рис. 4). Это позволяет получать блоки с удовлетворительной геометрией и избегать основного недостатка цельнолитых блоков – сложности оштукатуривания поверхностей, соприкасавшихся со стенкой формы и имеющих дефекты структуры. Длина крупноразмерных блоков – 2 м, высота 0,6 м, а по ширине 3 варианта форм – 3 блока по 300 мм, 4 блока по 240 мм, 5 блоков по 200 мм. Объем заливки соответственно 1,08; 1,15; 1,2 м<sup>3</sup>. После твердения (через 12–24 ч) блоки нарезаются дисковой пилой на любую требуемую толщину. Это позволяет, имея 3 вида форм, получить практически весь спектр мелкоштучных изделий.

До изготовления пильного станка крупноразмерные блоки разрезались вручную пилой, при этом использовались 2 кондуктора – для снятия «горбушки» и для деления на блоки (рис. 5). Производительность при этом способе невелика – до 7 м<sup>3</sup> в смену на двух рабочих. Остатки распила («горбушка») и производственный брак измельчаются в установке переработки отходов (рис. 1, поз. 18.) и возвращаются в технологическую линию для повторного использования.

Были опробованы различные способы обработки стенок форм, однако для легкого пенобетона не удалось найти подходящих смазок, предотвращающих прилипание пенобетона к стенкам, наблюдалось частичное разрушение блоков. Выход был найден при укладке в формы тонкой полиэтиленовой пленки (10 мкм), которая к тому же полностью герметизирует форму. Дополнительные затраты при этом составляют около 50 р/м<sup>3</sup>

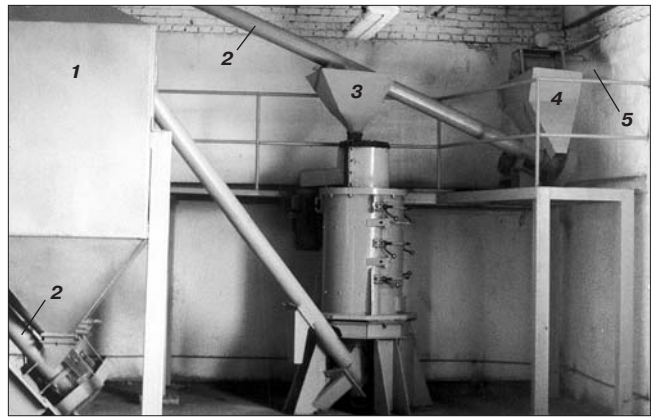


Рис. 2. Линия подачи цемента: 1 – промежуточный бункер; 2 – шнековые транспортеры; 3 – планетарная мельница ШЛ-312; 4 – вибросито; 5 – шнек из наружного бункера



Рис. 3. Заливка пенобетона в формы: 1 – четырехсекционная форма; 2 – пеногенератор и пульт управления; 3 – пенобетоносмеситель; 4 – дозатор; 5 – шнеки; 6 – площадка обслуживания; 7 – трехсекционная форма под заливку



Рис. 4. Пильный дисковый станок в работе





Рис. 5. Когда не работает пильный станок, выручает «Дружба-2»



Рис. 6. Установка залитых форм в термокамеру на первой линии, на второй линии формы подготовлены к заливке

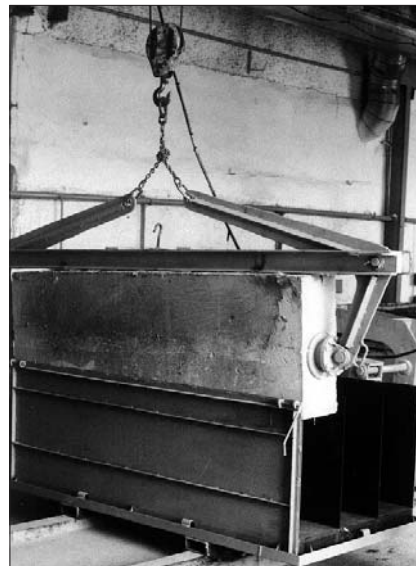


Рис. 7. Разборка форм

пенобетона, поверхность блоков не испорчена смазкой, что важно при отделочных работах.

Последовательное совершенствование формы позволило сократить ее металлоемкость до 450 кг на 1 м<sup>3</sup> пенобетона, а применение легкоразборных соединений снизило время разборки и сборки форм до 5 мин. В конструкции формы всего несколько мелких деталей, требующих механической обработки, и они могут быть изготовлены в условиях любой мастерской.

Стоимость изготовления одной формы составит не более 3 тыс. р. Конструкция форм защищена свидетельством на полезную модель № 29873.

4. Как уже было сказано выше, если использовать подогретую до 40–50°C пенобетонную смесь, то после заливки идет процесс саморазогрева и операцию дополнительной термообработки (пропаривания) можно исключить. Однако, если залитую форму оставить на площадке, вследствие неравномерного распределения температуры по глубине, структура пенобетона получается неравномерная, что способствует образованию трещин в блоке. Для ликвидации этого явления на нашем опытном участке мы установили термокамеру-накопитель, куда после заливки устанавливаются и выдерживаются некоторое время формы в 3 яруса по 4 формы в длину, то есть в одну камеру устанавливается 12 форм. При

производительности участка в 400 м<sup>3</sup> блоков в месяц и существующей пропускной способности имеющихся термокамер, достаточно использовать две камеры, которые занимают общую площадь всего 25 м<sup>2</sup> (рис. 6). Металлоконструкция термокамеры выполнена из квадратных труб, в которых циркулирует вода, подогреваемая ТЭНами в специальном баке. Так как формы с пенобетоном саморазогреваются, то тепло требуется только для поддержания температуры внутри камеры до 70°C, и мощности ТЭН в 5 кВт вполне достаточно. Для переноски форм от места заливки в термокамеру изготовлен специальный захват. Его вес составляет всего 130 кг. Для удобства удаления готовых блоков из формы, манипулирования крупноразмерным блоком при его установке на станок резки изготовлен специальный самозатягивающийся захват (рис. 7).

5. Как видно из схемы участка (рис. 1, поз. 19) в технологической линии установлена планетарная мельница ШЛ-312 для домола (активации) цемента. Добавка активированного цемента позволяет увеличить прочность пенобетона в 1,5–2 раза, однако в связи с продолжением исследований в области применения тонкомолотого цемента, окончательные их результаты будут опубликованы в ближайших номерах журнала «Строительные материалы».

**ИНСТИТУТ  
НОВЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ «  
АВТОМАТИЗАЦИИ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Россия, 644113, Омск-113,  
ул. 1-я Путевая, д. 100  
Тел.: (3812) 420-593, 420-635  
Факс: (3812) 420-608  
E-mail: inta@xl.ru  
Internet: www.inta.ru

**Оборудование цеха производства теплоизоляционного пенобетона**

**Заинтересованным организациям предлагается техническая документация  
для изготовления оборудования на механическом участке предприятия.**

(Позиции перечня оборудования соответствуют рис. 1 на стр. 15)

1. Бункер наружный .....	2 тыс. р.	12. Захват для форм .....	1,9 тыс. р.
2. Вибросито .....	1,5 тыс. р.	13. Захват для блоков .....	1,7 тыс. р.
3. Бункер расходный .....	2,3 тыс. р.	14. Тележка передаточная (2 шт.) .....	0,6 тыс. р.
4. Шнековые транспортеры (3 типоразмера) .....	2,4 тыс. р.	15. Станок пильный дисковый .....	6,1 тыс. р.
5. Пенобетоносмеситель с дозатором ...	9 тыс. р.	16. Кран-укосина для погрузки .....	3 тыс. р.
6. Пеногенератор .....	1,8 тыс. р.	17. Кондуктор для ручной распиловки (2 шт.) .....	0,4 тыс. р.
7. Насосная установка к пеногенератору .....	1,3 тыс. р.	18. Установка переработки отходов и брака пенобетона .....	4,8 тыс. р.
8. Расходные баки с нагревателями (2 шт.) .....	0,5 тыс. р.	Схема участка с электроразводкой..	2,6 тыс. р.
9. Площадка обслуживания .....	0,7 тыс. р.	Технологический регламент .....	8,8 тыс. р.
10. Формы – 3 типа с лицензией .....	10 тыс. р.	Бизнес-план участка производства пенобетона .....	4,2 тыс. р.
11. Термокамера-накопитель .....	5 тыс. р.	<b>ИТОГО: .....</b>	<b>70,6 тыс. р.</b>

**Возможна продажа технической документации на отдельные виды оборудования.**

## **Использование отходов переработки горных пород при производстве нерудных строительных материалов**

Для эффективного развития промышленности строительных материалов необходимо комплексное использование добываемых природных ресурсов, в том числе отходов (отсевов дробления щебня). При производстве щебня из изверженных горных пород объем отсевов может достигать 25%, а из осадочных пород — превышает 45% от перерабатываемой горной массы. В связи с наметившейся тенденцией к потреблению нерудных строительных материалов более высокого качества количество отсевов неуклонно возрастает, что в основном относится к изверженным горным породам.

К сожалению, систематический учет объемов отходов дробления никогда не проводился. По приближенным оценкам общий объем отсевов дробления, образующихся ежегодно на предприятиях по производству щебня, составляет в настоящее время около 28–35 млн м<sup>3</sup>, в том числе отсевов изверженных пород — 12–15 млн м<sup>3</sup>, отсевов карбонатных пород — 16–20 млн м<sup>3</sup>. В настоящее время в отвалах скопились сотни миллионов кубометров отсевов. Формируемые из отсевов техногенные месторождения в перспективе следует рассматривать как минерально-сырьевую базу производства мелких фракций щебня, песка и других видов продукции для строительной отрасли.

В отечественной строительной промышленности в период наиболее интенсивного ведения строительных работ наблюдается дефицит железнодорожного транспорта. Перевозка такого дешевого материала как отсевы на большие расстояния не рациональна. Поэтому их можно рассматривать только как местное сырье. Целесообразно разделение отсевов на фракции, что повысит заинтересованность в них различных предприятий, увеличит стоимость и плечо рациональных перевозок.

Выбор направлений использования отсевов требует комплексного изучения их свойств, включая оценку минералого-петрографического и химического составов, структурно-текстурных особенностей исходной горной породы, а также показателей, регламентируемых потребителями, в том числе удельной поверхности, дисперсности пылевидной составляющей, формы частиц, цвета, влажности, пористости.

Уже сформировались наиболее материалоемкие области использования отсевов дробления различных горных пород. Основными потребителями отсевов дробления щебня являются дорожно-строительные организации. В ГОСТ 25607–94 изложены требования к смесям, используемым для оснований и покрытий автомобильных дорог и аэродромов, в состав которых могут входить отсевы дробления различных горных пород. В асфальтобетонных смесях отсевы используются как мелкий заполнитель, а если они по составу относятся к основным изверженным породам, то пылевидная составляющая отсевов частично заменяет минеральный порошок из карбонатных пород. В небольших объемах применяются отсевы с повышенным содержанием пылевидных частиц (свыше 10%) совместно с комплексными пластифицирующими и воздухововлекающими добавками для

получения цементобетонных покрытий с требуемыми прочностью и морозостойкостью. Но для более эффективного использования отсевов в цементных дорожных бетонах необходимо, чтобы количество пылевидной составляющей не превышало 3%, а также улучшить форму зерен. В асфальтобетонах марок Г и Гх могут быть применены отсевы с несколько большим содержанием тонкодисперсных частиц, но не более 5%.

В растворах и бетонах различного назначения отсевы, большая часть которых относится к крупным пескам с модулем крупности  $M_{кр} = 3,2–3,6$ , применяются как укрупняющая добавка к природным мелким и очень мелким пескам.

Однако сфера применения песков из отсевов дробления может быть значительно расширена. Зарубежный и ограниченный отечественный опыт свидетельствуют о перспективности применения узких фракций песков, которые могут использоваться в разных соотношениях. Получаемые оптимальные составы бетонов и растворов позволяют значительно улучшить качество готовой продукции, повысить надежность и долговечность конструкций и изделий. К сожалению, в настоящее время большинство заводов не в состоянии складировать, а затем дозировать при производстве бетонов и растворов несколько фракций песка, но будущее, несомненно, за фракционированными материалами.

Отметим, что отсевы изверженных и метаморфических пород нередко имеют декоративные свойства, зависящие в основном от цвета и текстуры исходной горной породы. Такие материалы широко используются в архитектурном бетоне, который придает особую выразительность строящимся зданиям и сооружениям, для украшения интерьеров, фасадных плит, наливных полов. Для улучшения свойств кровли и повышения ее декоративности применяются цветные посыпки, требования к качеству которых постоянно возрастают. Институтом ВНИПИИСтромсырье совместно с институтом ВНИИстройполимер на основании исследований отсевов дробления розового и серого кварцитов Шокшинского месторождения, гранита серовато-розового цвета месторождения Эркеля и гранита Каменногорского месторождения, мрамора Колгинского месторождения была определена возможность их использования в качестве крупнозернистой посыпки мягких кровельных материалов.

В настоящее время более 40 предприятий России производят мягкие рулонные битумсодержащие кровельные материалы. Основная фракция крупнозернистой посыпки — 0,63–1,25 мм, причем примерный объем требуемых поставок только для 28 заводов составляет 75 тыс. т в год. Использование отсевов дробления различной цветовой гаммы позволит удовлетворить потребность в декоративных посыпках и в ряде случаев отказаться от использования специально окрашенных материалов.

Имеется ряд сравнительно новых перспективных направлений эффективного использования отсевов дроб-

ления. К ним относятся: производство сухих строительных смесей (ССС), керамических материалов, ячеистых бетонов, материалов для фильтров, абразивных материалов, а также наполнителей для полимерной, лакокрасочной и резино-технической промышленности. Требования, предъявляемые потребителями, различны и только детальное знание свойств материала из отсевов позволит производителям осваивать новые рынки сбыта.

Производство ССС растет быстрыми темпами. Однако по экспертным оценкам института ЦНИИОМТП, российский строительный рынок получает не более 25% требуемого объема этой продукции. Одним из основных компонентов ССС является песок (кварцевый, полевошпатовый или из отсевов дробления). Как показал анализ требований потребителей, наиболее востребованными являются следующие фракции и их смеси: 0,63–1,25 мм; 0–0,63 мм; 0,315–0,63 мм; 0,16–0,63 мм. Затраты на песок, особенно в смесях без модифицирующих добавок, являются фактором, от которого зависит экономическая эффективность работы предприятия. Производители декоративно-отделочных ССС заинтересованы в получении фракционированных песков из различных видов горных пород. В настоящее время этот востребованный продукт производится в незначительном объеме.

При производстве тонкой и грубой керамики и огнеупорных материалов в качестве компонентов шихты могут быть использованы отсевы дробления изверженных, осадочных и метаморфических пород. Проведенные институтом ВНИПИИстромсырье совместно с институтом ВНИИстройкерамика испытания гранитных отсевов Макинского, Вишневого, Павловского и Шершнинского карьеров в составе масс для получения кислотоупорных изделий – плиток и кирпича, показали, что эти отсевы могут быть использованы при производстве кислотоупорных изделий взамен шамота. Замена шамота частично или полностью отсевами экономически весьма эффективна, так как при этом снижается расход топлива на обжиг шамота и уменьшается расход природной глины. Кроме того, практика показывает, что применение отсевов гранита в керамических изделиях позволяет экономить дорогостоящее сырье – полевой шпат и снижать температуру плавления, что значительно повышает производительность.

Перспективным является использование отдельных фракций песка из отсевов дробления изверженных пород в ячеистых бетонах. Имеются данные, что использование отсевов фракции 0,16–0,315 мм взамен песка при изготовлении конструкционных пенобетонов способствует созданию пространственной жесткости и повышению прочности бетона.

Одним из наименее изученных направлений применения отсевов является их использование в качестве матери-

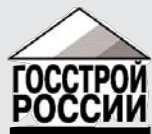
алов для засыпки фильтров. Традиционно применяемые материалы, такие как кварцевый песок, керамзит, шунгзит, не исчерпывают всего многообразия местных фильтрующих материалов, предложенных в последние годы. Имеются данные о применении для этих целей мелких фракций габбро-диабазы и аглопорита. Шероховатая поверхность зерен отсевов, имеющих неправильную форму, способствует повышению адсорбции примесей.

Основным препятствием для использования различных отходов переработки горных пород, в большинстве случаев, является повышенное содержание в их составе пылевидных частиц (менее 0,16 мм) до 18–25%. Институтом ВНИПИИстромсырье была установлена возможность самостоятельного использования пылевидной составляющей отсевов дробления известняков Судогодского, Пронского, Ново-Пятовского и ряда других карьеров в качестве наполнителей для производства рулонных битумсодержащих гидроизоляционных и кровельных материалов. Самым перспективным и подготовленным по степени измельчения сырьем является материал, отобранный на отдельных переделах производства известняковой муки, в частности, из электрофильтров и циклонов. Удельная поверхность этих материалов в большинстве исследованных проб превышала нормируемое значение 2500 см<sup>2</sup>/г. Такой наполнитель по параметрам, влияющим на свойства битумной матрицы, таким, как размер частиц, распределение их по фракциям, форма частиц, химический состав, также соответствует норме. Проведенные исследования пылевидной составляющей отсевов мрамора Коелгинского, известняков Веневского и Чусовского месторождений показали возможность их использования в качестве наполнителей для производства кабельных резин, мастик, бытовых красок, замазок, ПВХ-паст со степенью наполнения до 100 мас. ч., резиновых смесей общего назначения. Следует отметить, что в зарубежной практике широко используются наполнители из различных горных пород. В США к таким породам относят диабаз, сиенит, гранит, кварц, базальт, сланец, карбонатные породы.

Выбор направлений рационального использования отсевов необходимо проводить на основании:

- комплексного изучения сырья и отходов (отсевов дробления);
- анализа потенциальных потребителей в регионе производителя;
- создания гибких технологических линий для производства новых видов продукции из отсевов на базе современных отечественных и зарубежных технологий и оборудования.

Специфика рассмотренных вопросов комплексного использования отсевов дробления требует дальнейшего более детального рассмотрения научно-исследовательских, экономических и экологических аспектов.



Госстрой России, Росгортехнадзор и РНТО строителей  
проводят заседание круглого стола



## «Переработка отсевов дробления и перспективные области применения материалов из отсевов»

Заседание состоится 3 декабря 2003 г. в помещении РНТО строителей: Москва, Подсосенский переулок, д. 25  
Телефон: (095) 917-41-15, факс: (095) 916-37-33

## Энергетические резервы строительной индустрии

Производства сборного железобетона, силикатного кирпича, автоклавного ячеистого бетона являются крупными потребителями энергетических ресурсов. Это влияет на себестоимость продукции и снижает ее конкурентоспособность на рынке стройматериалов.

При производстве сборного железобетона задача внедрения энергосберегающих технологий решается путем создания автономных систем на основе комплексного использования природного газа. Еще в 70-х годах XX в. была теоретически и практически доказана возможность использования продуктов сгорания природного газа для тепловой обработки железобетонных изделий и утверждены соответствующие нормативные документы.

Комплексное использование на предприятиях энергосберегающих автономных систем и оборудования для технологии, отопления и горячего водоснабжения позволяет на новом научно-техническом уровне оптимизировать, либо полностью отказаться от малоэффективных и дорогостоящих теплотрасс, исключить потери тепла при транспортировке носителя, улучшить экологию производства.

ОАО СКТБ «Стройиндустрия» (Тверь) в сотрудничестве с ООО «Теплосервис» (г. Каменск-Шахтинский), ЗАО «Металлостройконструкция» и другими фирмами на протяжении ряда лет разрабатывает и внедряет в производство эффективные технологии и оборудование автономных систем теплоснабжения с применением газоиспользующего оборудования. Внедрено и успешно эксплуатируется более 20 таких систем.

Применение автономных систем теплоснабжения на некоторых предприятиях в регионах России приведено в таблице.

Новым решением является система тепловой обработки сборного железобетона в кассетах на ЗКПД Томского ДСК.

Примером внедрения новых энергосберегающих технологий является Тверской завод ЖБИ-4, где в промышленных условиях обеспечено снижение удельного расхода тепла на производство 1 м<sup>3</sup> железобетона с 1,88 до 0,42 ГДж. Срок окупаемости капитальных вложений за счет снижения энергозатрат составил один отопительный сезон.

Тепловая обработка железобетона продуктами сгорания природного газа позволяет исключить примене-

ние пара, сделать систему ТВО автономной. На заводе переведено на продукты сгорания природного газа 12 камер, установлено 8 серийных теплогенераторов.

Завод ЖБИ-4 впервые перешел на обогрев заполнителей продуктами сгорания природного газа. Отопление административно-бытового корпуса осуществляется от автономных котлов типа АОТВ. Все это позволило заводу полностью отказаться от услуг котельной.

На Тверском ЖБИ-4 установлено два воздухонагревателя мощностью 1 МВт каждый. Они обеспечивают нагрев 80–100 тыс. м<sup>3</sup>/ч воздуха до температуры 60–70°C и обеспечивают отопление двух формовочных пролетов и арматурного цеха.

Система запущена в феврале 1997 г. и обеспечивает сокращение расхода газа почти в 2,5 раза по сравнению с использованием газа для тех же целей в котельных.

Для завода газобетонных изделий в п. Мга Ленинградской области разработано ТЭО, которое подтверждает эффективность применения природного газа для автоклавной обработки стройматериалов — экономия газа в 2,7 раза по сравнению с традиционными методами.

Было проведено технико-экономическое исследование. Сначала, согласно техническому заданию, было разработано ТЭО на автономную систему технологического пароснабжения автоклавного производства газобетона для действующего ОАО «Тверской завод ячеистого бетона» (ТЗЯБ), который стал самостоятельным предприятием по выпуску газобетона в 1991 г.

Производительность завода составила:

- по плитам теплоизоляции — 10 тыс. м<sup>3</sup>;
- по мелким стеновым блокам — 30 тыс. м<sup>3</sup>.

Технологический режим, параметры теплоносителя, стоимостные показатели полностью соответствовали технологическим данным действующего ТЗЯБ с принципиальной разницей. Расчеты проводили исходя из положения, что теплоноситель (пар) готовится не в отдельно стоящей котельной, а в специальных установках непосредственно у автоклавов.

В качестве автономных источников выработки пара для автоклавов применяли парогенераторные установки ТКУ производства ООО «Теплосервис» (г. Каменск-Шахтинский), работающие на природном газе.

Предприятие	Использование автономного теплоснабжения					
	ТВО	Обогрев заполнителей	Водяное отопление	Воздушное отопление	Горячее водоснабжение	Дополнительно
Ржевский КСК (г. Ржев Тверской обл.)	+	+	+	+	–	Обогрев глинозapasника
ЖБИ-2 (Тверь)	+	+	+	+	–	–
ЖБИ-4 (Тверь)	+	+	+	+	+	–
ЖБИ-6 (Рязань)	+	+	+	+	+	–
ДСК (Томск)	+	+	+	+	+	Кассетное производство
СпБ-Центр (Санкт-Петербург)	+	+	+	+	+	–
ЖБИ-1 (Барнаул)	+	+	+	+	–	–

Проведенные расчеты показали, что для обеспечения всех технологических требований производства и обеспечения выработки пара в объеме 8,1 т/ч с давлением 0,8–0,9 МПа потребуется установить четыре парогенератора ТКУ-2.

#### Техническая характеристика парогенератора ТКУ-2

Номинальная производительность по насыщенному пару, т/ч	2
Давление насыщенного пара, МПа	0,5–4
Температура насыщенного пара, °С	150–250
Степень сухости пара, %	80
Номинальный расход газа, м³/ч	140–150
Коэффициент полезного действия, %	86
Напряжение питания, В	380/220
Габаритные размеры (L×B×H), мм	3000×2200×3000
Масса, кг	2800

Создание автономной системы технологического теплообеспечения, систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения позволяет значительно сократить потребление энергоресурсов (в 2,7 раза) за счет исключения неустраиваемых технологических потерь. По заводу ТЗЯБ расчетная экономия энергоресурсов составила 1056 т у.т./год. Расчетный срок окупаемости капиталовложений составил 1,1 года.

При расчете технико-экономических показателей для завода по выпуску газобетона в п. Мга Ленинградской области были получены примерно такие же результаты. После проведенных расчетов для первой очереди завода принято пять теплогенераторов ТКУ-2. По результатам внедрения окупаемость капиталовложений составила 1,3 года.

Для повышения эффективности теплообеспечения автоклавов могут быть использованы котлы зарубежного производства, в достаточном количестве представленные на российском рынке. Как правило, импортные котлы более производительны, работают на различных видах топлива (газ, мазут, твердое топливо), в том числе на отходах, например опилках с влажностью до 55%.

Приходится констатировать, что часто оборудование необходимой производительности и эффективности зарубежных фирм оказывается дешевле, чем отечественное, способное обеспечить аналогичные показатели.

Разработанные принципы и газоиспользующее оборудование могут широко применяться не только на предприятиях строительных материалов, но и в других отраслях промышленности. В настоящее время внедрены такие системы на ОАО «Рязанский станкозавод», ОАО «РЗАА АМО ЗИЛ» (Рязань), Ярославском и Котловском лакокрасочных заводах и других предприятиях.

Инфракрасные газовые обогреватели использует АО-ОТ «Вертязин» (Тверская область). Это позволяет экономить 30% газа на отопление. Разработана и внедрена такая система для завода ЗАО «Родеско-МАК» (Тверь) и др.

Создана система сушки древесины с использованием природного газа. На производственной базе ЗАО «Спецгазремстрой» (г. Валдай) смонтированы две камеры для сушки пиломатериалов, использующие в качестве сушильного агента продукты сгорания природного газа, получаемые с помощью теплогенератора типа ТОК-1БМ. Емкость камеры 12 м³, начальная влажность пиломатериалов 70%, конечная — 8–10%. Пиломатериал соответствует II–III категориям качества.

Необходимо отметить, что стройиндустрия и практически все подотрасли промышленности строительных материалов могут быть переведены на энергосберегающие системы теплопотребления.

Практически доказана эффективность использования природного газа с применением прогрессивного автономного газоиспользующего оборудования, широкое внедрение которого только на предприятиях стройиндустрии позволит снизить расход газа в 3–4 раза в расчете на производимое тепло для технологии и отопления и снизить его потребление в данной отрасли на 400–500 млн м³ в год.



**СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО**  
**СКБ СТРОЙПРИБОР**  
ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

**Семейство приборов ИПС-МГ4**

**ИПС-МГ4** Измеритель прочности бетона, раствора, кирпича методом ударного импульса.

**ИПС-МГ4\*** Обладает расширенным режимом с возможностью учитывать вид заполнителя, возраст и условия твердения бетона, фиксирует дату замера.



**ИТП-МГ4** Измеритель теплопроводности строительных материалов методами стационарного теплового потока и теплового зонда.



**ИПА-МГ4** Измеритель защитного слоя бетона, расположения и диаметра арматуры железобетонных конструкций магнитным методом.



**ЭИН-МГ4** Измеритель напряжений в арматуре ж/б изделий частотным методом.



**Семейство приборов Влагомер-МГ4**

**МГ4А** Измеритель влажности древесины, бетона.

**МГ4Б** Измеритель влажности бетона, кирпича.

**МГ4У** Универсальный измеритель влажности строительных материалов, включая сыпучие.

**МГ4В** Измеритель температуры и влажности воздуха с возможностью регистрации данных.



**Вибротест-МГ4** Предназначен для контроля и регистрации пиковых значений виброскорости, виброускорения, амплитуды и частоты колебаний виброустановок, элементов конструкций, сооружений и механизмов.



**Семейство приборов ПОС-МГ4**

**«Отрыв»** Измеритель прочности бетона методом отрыва со скалыванием.

**«Скал»** Измеритель прочности бетона методами скалывания ребра и отрыва со скалыванием.



**Семейство приборов ПСО-МГ4**

Измеритель адгезии – предназначен для контроля прочности сцепления, керамической плитки, штукатурки, защитных и др. покрытий с основанием методом отрыва стальных дисков.

**Максимальное усилие отрыва:**

<b>ПСО-25МГ4</b>	2,45 кН (250 кгс)
<b>ПСО-50МГ4</b>	4,90 кН (500 кгс)
<b>ПСО-100МГ4</b>	9,80 кН (1000 кгс)



**Измерители теплопроводности ИТП-МГ4 «100», ИТП-МГ4 «250»**

Предназначены для определения теплопроводности и термического сопротивления строительных и теплоизоляционных материалов при стационарном режиме по ГОСТ 7076-99 и методом теплового зонда по ГОСТ 30256. Диапазон: 0,02...1,5 Вт/м·К



**Измеритель тепловых потоков трехканальный ИТП-МГ4 «Поток»**

Предназначен для измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции зданий и сооружений по ГОСТ 25380, через облицовку и теплоизоляцию энергообъектов. Имеет режим НАБЛЮДЕНИЯ за объектом контроля с автоматической регистрацией тепловых потоков. Диапазон: 2...500 Вт/м²



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

## НПК «Атомстрой». Современные решения в реконструкции и гидроизоляции

Одной из актуальных проблем строительства и эксплуатации существующих зданий и подземных сооружений является гидрозащита и восстановление несущей способности строительных конструкций. Залогом успешного решения такого рода проблемы является комплексный подход к ведению работ на каждом объекте, включающий в себя не только полномасштабное обследование сооружений с проведением инженерно-геологических изысканий, но и правильный выбор материалов и технологий, производство работ на высоком профессиональном уровне, экспертный надзор за объектом. Именно такой подход применяется специалистами компании «Атомстрой» при ведении ремонтных, строительных и гидроизоляционных работ.

Компания «Атомстрой» существует с 1996 г. и объединяет в своем составе высокопрофессиональных работников, обладающих многолетним опытом научной и практической деятельности в области подземного и наземного строительства. Основным принципом деятельности является быстрое внедрение в практику новых технологий и современных отечественных и зарубежных материалов. В активе фирмы генподрядные работы по строительству Торгового комплекса возле станции метро «Пролетарская», специальные работы на ММДЦ «Москва-Сити», участках тоннелей Третьего транспортного кольца, комплекса «БАШНЯ-2000» ММДЦ «Москва-Сити», лечение тубингов в Лефортовском тоннеле, гидроизоляция участка перегонного тоннеля станций «Кантемировская – Царицыно» Замоскворецкой линии метро в Москве и др.

Основные виды работ, осуществляемые компанией:

- комплексное обследование объектов;
- гидроизоляция подземной части зданий изнутри помещений;
- горизонтальная гидроизоляция кирпичных и каменных стен от капиллярного поднятия влаги;
- санация строительных конструкций;
- гидроизоляция кровель и фундаментов;
- усиление фундаментов и закрепление грунтов;

- устройство дренажных систем;
- строительство зданий и сооружений.

Общая задача гидроизоляции – не допустить проникновения воды к изолируемому материалу (антикоррозионная гидроизоляция) или миграцию воды через ограждающую конструкцию (антифильтрационная гидроизоляция). Для этого необходимо создать водонепроницаемый слой между водонасыщенной средой и изолируемой конструкцией или придать самому материалу конструкции водонепроницаемость. Для осуществления этих мероприятий применяется комплекс гидроизоляционных технологий и материалов.

После обследования объекта, при котором определяется величина водопоглощения грунтов и приемистость скважин, за конструкцию пола и стен через разбуренные по определенной схеме скважины производится нагнетание специальных инъекционных растворов. В результате инъекции вокруг подземной части здания (подвала) инъекционным раствором создается водонепроницаемый экран с заполнением пустот, разуплотнений грунта и отмытых каналов. В качестве инъекционных растворов могут использоваться составы на основе цементных вяжущих, на эпоксидной, полиуретановой или акрилатной основе. Такого рода работы были проведены в подвальных помещениях ресторана «Макдоналдс» (ул. Маросейка, Москва) в здании, являющемся памятником истории и архитектуры XIX в. Фундаменты здания сложены из бутового камня, конструкции старые, трещиноватые, из-за сложной гидрогеологической обстановки на улице Маросейка – обводненные. Был проведен комплекс работ по устройству гидроизоляции дворовой территории, предотвращению проникновения метеорологических вод через грунт к конструкциям подвальных помещений. Изнутри помещений выполнялись работы по гидроизоляции кирпичных сводов и стен в технических и складских помещениях, горизонтальная гидроизоляция фундаментов от капиллярного поднятия влаги, а также гидрофобизация и гидроизоляция внутренних поверхностей помещений.

Работы по гидроизоляции и лечению конструкций стен и потолка компания «Атомстрой» завершила в мае 2002 г. В настоящее время конструкции подвальных помещений находятся в хорошем состоянии, следов проникновения влаги не наблюдается.

Капиллярное поднятие влаги в кирпичных и каменных стенах зданий – одна из острых и актуальных проблем гидроизоляции. Капилляры стен безостановочно перекачивают грунтовую влагу наверх, где она активно выветривается (рис. 1). Стены и фундаменты, находящиеся в этих условиях, теряют несущую способность. Они насыщены водой и заражены грибами. Поэтому любые виды отделки по таким стенам дают отрицательный результат.

Горизонтальная гидроизоляция стен от капиллярного поднятия влаги выполняется компанией «Атомстрой» посредством пропитки кладки стен специальными гидрофобизирующими составами, которые заливаются в скважины, пробуренные в кладке. Эти составы, проникая из скважин в капилляры, после полимеризации покрывают стенки капилляров кладки мономолекулярным слоем жирных кислот, которые не смачиваются водой (рис. 2). Та-



Рис. 1. Разрушение стен зданий из-за капиллярного подсоса грунтовой влаги

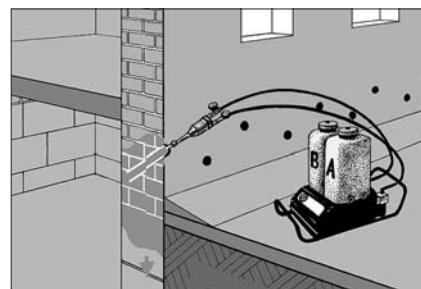


Рис. 2. Схема заливки скважин гидрофобизирующим составом для горизонтальной гидроизоляции стены

ким образом, капиллярный подсос воды по кладке прекращается, но капилляры остаются свободными и кладка стен пропускает воздух.

Такие работы были выполнены компанией при реставрации памятников архитектуры — жилого дома А.К. Разумовского — Н.П. Шереметьева по ул. Воздвиженка, одного из корпусов НИИ им.Склифосовского, других зданий в Москве.

Одной из составляющих комплекса мероприятий при реконструкции сооружений является санация строительных конструкций. Вода, насыщенная солями, проникает в поры и капилляры кладки, кладочного раствора стен, бетонных конструкций. Вода несет с собой растворимые соли с поверхности земли, из вмещающего грунта, материалов строительных конструкций. Достигая гидрохимического барьера, вода испаряется, соли кристаллизуются с образованием высолов. При кристаллизации солей развивается давление более 5 МПа, что приводит к физическому разрушению защитного слоя бетона, обнажению арматуры и ее коррозии, появлению трещин, и, как следствие, потере несущей способности и выходу конструкции из строя. Применяемые компанией «Атомстрой» технологии позволяют произвести ремонт и усиление конструкций с заданной степенью надежности при эксплуатации сооружений.

Применяемые технологические решения позволяют:

- восстанавливать несущую способность и усиливать конструкции стен, перекрытий, колонн, балок, ригелей как обычных, так и предварительно напряженных;
- обеспечить гидроизоляцию и защиту конструкций и сооружений при производстве ремонтных работ.

Технологически интересным являлось лечение замковых тубингов Лефортовского тоннеля третьего транспортного кольца. Нами были произведены работы по ликвидации трещин и увеличению несущей способности железобетонных тубингов с помощью микродисперсных инъекционных материалов на основе цементных суспензий.

При проведении ответственных и технически сложных работ очень важным является правильный выбор применяемых материалов и технологий. Компания «Атомстрой» в течение нескольких лет проводила исследования и апробацию различных материалов и технологий. Одним из надежных партнеров компании «Атомстрой» является авторитетная немецкая компания MC-Bauchemie.

С помощью инъекционной технологии компании MC-Bauchemie компания «Атомстрой» выполнила сложный комплекс работ по гидроизоляции тоннельной обделки

опытного участка перегона «Кантемировская — Царицыно» Замоскворецкой линии метро в Москве.

Участок проведения работ характеризовался выносами грунтовой массы и воды в тоннель через трещины и швы в конструкции лотковой части. В качестве инъекционного раствора использовался MC-Injekt GL-95 — гель низкой вязкости на акрилатной основе (время гелеобразования — 30–60 с с момента подачи раствора в скважину). Нагнетание проводилось по контакту «лоток — грунт» в пустоты и разуплотнения грунтов. В результате были полностью заполнены существующие пустоты, герметизированы обводненные трещины.

В июле 2003 г. в Москве компания «Атомстрой» совместно с фирмой MC Bauchemie Russia провели международный семинар «Современные инъекционные материалы и технологии в реконструкции и гидроизоляции», в котором приняли участие проектировщики, эксперты и специалисты в областях инженерного строительства, гидроизоляции и реконструкции исторических зданий и сооружений. На семинаре выступили представители авторитетных проектных и научно-исследовательских институтов, строительных компаний, представители компании MC-Bauchemie. Семинар вызвал большой интерес у специалистов в области реконструкции и реставрации.

# ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО Н П К **А Т О М С Т Р О Й**

**Все виды строительно-монтажных работ**

**Ремонт и усиление фундаментов**

**Гидроизоляция зданий  
и подземных сооружений**

**Санация строительных конструкций**

**Комплексное обследование  
зданий и сооружений**

**НПК «Атомстрой»**

Телефон/факс: (095) 237·44·66, 237·47·36, 954·64·16

E-mail: [info@atomstroy.ru](mailto:info@atomstroy.ru)



П.Г. ВАСИЛИК, И.В. ГОЛУБЕВ, ЗАО «ЕвроХим-1» (Москва)

## Особенности применения поликарбоксилатных гиперпластификаторов Melflux®

Снижение водопотребности и увеличение подвижности цементных систем является актуальной проблемой, над разрешением которой работают ученые и специалисты-практики. Только после создания пластифицирующих добавок, позволяющих снизить водопотребность более чем на 25–30%, возникли такие материалы, как самоуплотняющиеся бетоны и самонивелирующиеся массы.

ГОСТ 24211–91 «Добавки для бетонов. Общие технические требования» регламентирует разделение водоредуцирующих добавок по эффективности на четыре группы: слабо-, средне-, сильнопластифицирующие и суперпластификаторы. При этом последние должны обеспечивать снижение водопотребности не менее чем на 20% [1]. В отечественных публикациях [2, 3] уже появилась информация о пластификаторах нового поколения, таких как Melflux®, позволяющих снизить данный показатель более чем на 30%. Поскольку эффективность пластификаторов сильно зависит от удельной поверхности цемента, его минерального состава и от физико-химических особенностей наполнителей, на практике необходимы предварительные испытания этих добавок.

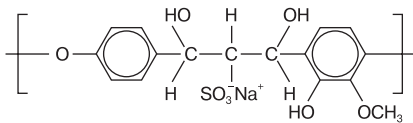
Применяемые пластификаторы (ЛСТ, С-3, Melment® F10) представляют собой полианионные поверхностно-активные вещества.

Принцип действия таких пластификаторов – электростатическое диспергирование – основан на сильном смещении  $\xi$ -потенциала частиц цемента в отрицательную область. Диспергирование частиц цемента (рис. 1) происходит в начале гидратации, при этом имеет место хемосорбция молекул пластификатора на поверхности частиц цемента, особенно при повышенном содержании в составе цемента фаз  $C_3A$  и  $CS$  [4]. При росте продуктов гидратации наблюдается резкое падение подвижности системы.

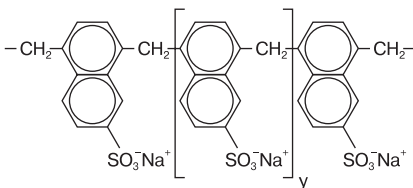
Действие пластификаторов нового типа Melflux® основано на совокупности электростатического и стерического (пространственного) эффектов (рис. 2). Последний достигается с помощью боковых гидрофобных полиэфирных цепей молекулы поликарбоксилатного эфира. За счет этого водоредуцирующее действие таких суперпластификаторов в несколько раз сильнее, чем у обычных.

В зависимости от условий синтеза получают поликарбоксилаты с различными длинами боковых полиэфирных цепочек (рис. 3). Это позволяет создавать материалы с разным соотношением стерического эффекта и анионной активности. Так, в ряду Melflux® PP 100 F – Melflux® PP 200 F – Melflux® 1641 F – Melflux® 2641 –

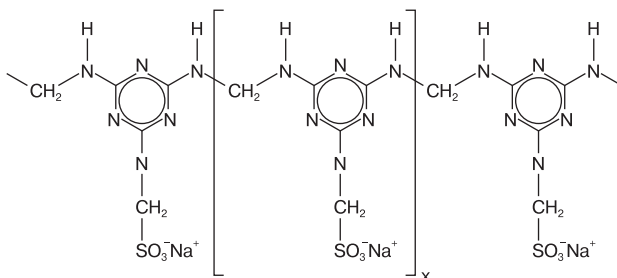
ЛСТ – лигносульфонат технический



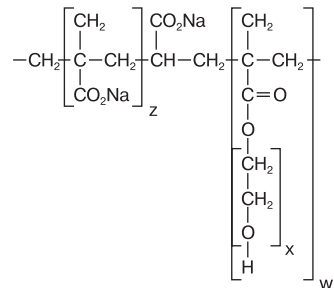
СНФ – сульфонафталинформальдегид (С-3)



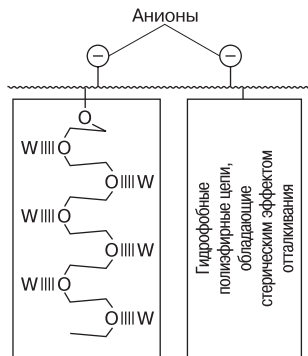
СМФ – сульфомеламинформальдегид (Melment® F10)



Melflux® – поликарбоксилат



Поликарбоксилатная цепь





Суперпластификатор	В/Ц	К	Z	C = K·Z
Контрольный образец (без добавки)	$\frac{0,26^*}{0,26}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$
Melment® F10, 0,8% от массы цемента	$\frac{0,2}{0,195}$	$\frac{0,77}{0,865}$	$\frac{1,439}{1,49}$	$\frac{1,104}{1,29}$
Melflux® PP 100 F, 0,8% от массы цемента	$\frac{0,175}{0,175}$	$\frac{0,67}{0,4}$	$\frac{1,733}{1,733}$	$\frac{1,16}{0,69}$
Melflux® PP 100 F, 0,5 % от массы цемента	$\frac{0,175}{-}$	$\frac{0,66}{-}$	$\frac{1,733}{-}$	$\frac{1,149}{-}$

**Примечания:** \* – над чертой показатель для образцов цемента ПО «Осколцемент», под чертой – ПО «Новоросцемент».  
 $Z = ((V/Ц_{СУПЕР})/(V/Ц_0))^{-1,3885}$  – характеризует увеличение подвижности системы за счет введения пластификатора, численно равен возможному повышению предела прочности цементного камня за счет снижения В/Ц при введении пластификатора.  
 $K = (A_C)_{СУПЕР}/(A_C)_0$  – характеризует влияние пластификатора на гидратацию цемента, численно равен соотношению приведенного значения предела прочности цемента в присутствии суперпластификатора и без него.  
 $C = Z·K$  – представляет собой итоговое повышение прочности, численно равен повышению предела прочности бетонов, полученных из равноподвижных смесей с применением суперпластификатора.  
Снижению водопотребности на 20% соответствует значение показателя  $Z = 1,363$ ; на 30% –  $Z = 1,64$ .

Melflux® 2651 стерический эффект увеличивается. Увеличение стерического эффекта позволяет уменьшить влияние поликарбоксилатов Melflux® 2641 F и Melflux® 2651 F на гидратацию цементных зерен (рис. 4).

Melflux® PP 100 F и Melflux® PP 200 F сильно влияют на гидратацию и используется, как правило, в системах, содержащих активный глиноземистый цемент (ГЦ). Melflux® 1641 F рекомендуется для активных портландцементов: ПЦ М500-Д0 Липецкого цементного завода, ПО «Осколцемент», СП «Белгородский цемент». Melflux® 2641 F и Melflux® 2651 F мало влияют на гидратацию и рекомендуются для менее активных цементов. Тем не менее, все поликарбоксилаты Melflux® независимо от длины полиэфирных цепочек обладают сильным водоредуцирующим эффектом.

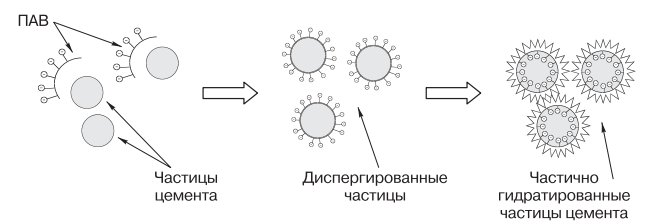


Рис. 1. Схема процесса диспергирования полианионными ПАВ

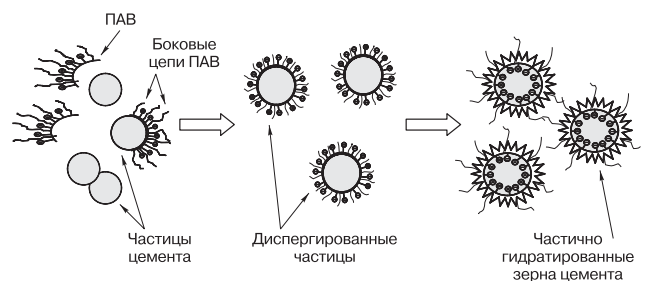


Рис. 2. Схема процесса диспергирования пластификаторами типа Melflux®

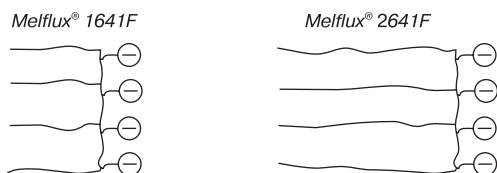


Рис. 3. Поликарбоксилаты могут иметь различную длину боковых эфирных цепочек

В работах Несветаева Г.В. и Налимовой А.В. [2] изучалось влияние суперпластификаторов на снижение водопотребности, формирование прочности цементного камня, усадку, поровую структуру и морозостойкость. Методологической основой оценки послужило разделение эффективных суперпластификаторов на следующие составляющие:  
– водоредуцирующий эффект;  
– степень гидратации и формирования прочности.

Исследованы добавки Melment® F10 и Melflux® PP 100 F. Полученные результаты приведены в таблице.

Как следует из данных таблицы, Melflux® PP 100 F может рассматриваться как гиперпластификатор, обеспечивающий снижение водопотребности более чем на 30%. Кроме того, поликарбоксилат Melflux® PP 100 F обладает эффектом компенсации усадки, в то время как Melment® F10 и другие обычные пластификаторы практически не влияют на кинетику усадочных процессов при изменении влажности цементного камня.

Стерический эффект не только позволяет повысить подвижность раствора в ранние сроки, но и сохраняет ее в течение более длительного периода времени. Наиболее наглядный способ проверки пролонгированности

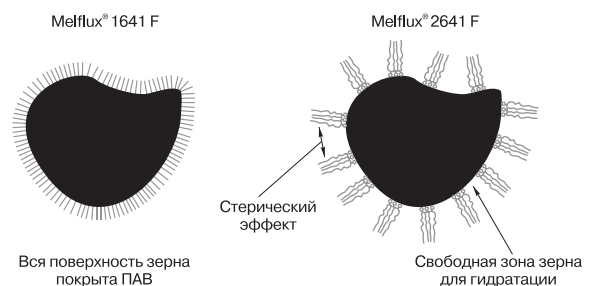


Рис. 4.

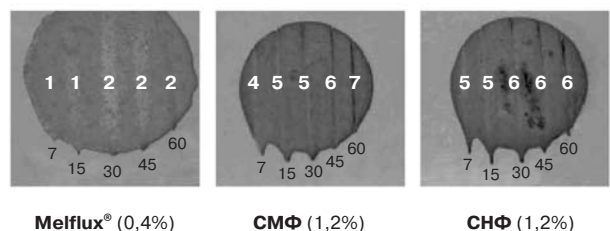


Рис. 5. Определение способности растворов к самозалечиванию с помощью ножового теста. На фото зоны 1 соответствует отличному результату, 2, 3 – хорошо, 4, 5 – удовлетворительно, 6, 7 – плохо

действия гиперпластификаторов Melflux® – так называемый «ножевой тест». Согласно этой методике, применяемой в Германии и других европейских странах, состав наносится тонким слоем ( $h = 2-3$  мм,  $\varnothing 160$  мм) и изучается способность раствора к самозалечиванию через определенные промежутки времени (рис. 5).

Недостатком данного метода является высокая степень субъективности оценки и зависимость показаний от природы применяемого цемента. Результаты меняются в зависимости от вида и дозировки модификаторов схватывания раствора.

Благодаря возможности регулирования соотношения стерического фактора и анионной активности поликарбоксилатов создана целая гамма высокоспециализированных гиперпластификаторов Melflux®, отличающихся по воздействию на цементные системы.

Особенности строения поликарбоксилатов позволяют достичь более высоких показателей по текучести и времени жизни цементного раствора.

Для систем без глиноземистого цемента лучше использовать поликарбоксилаты с более длинными боко-

выми полиэфирными цепями, такие как Melflux® 1641 F, Melflux® 2641 F и Melflux® 2651 F. Последние два суперпластификатора наиболее оптимальны при использовании низкоактивных цементов, так как в меньшей степени влияют на кинетику гидратации.

#### Список литературы

1. ГОСТ 24211–91 «Добавки для бетонов. Общие технические требования».
2. Несветаев Г.В., Налимова А.В. Оценка эффективности суперпластификаторов применительно к отечественным цементам. II международная конференция. РГСУ. Ростов-на-Дону. 2002.
3. Пустовгар А.П. Эффективность применения современных суперпластификаторов в сухих строительных смесях // 4-я Международная научно-техническая конференция «MixBULD». 2002.
4. Рамачандран В.С., Фельдман Р.Ф., Коллепарди М. Добавки в бетон / Под редакцией Болдырева А.С., Растинова В.Б. М.: Стройиздат. 1988.

## Добавки для сухих строительных смесей

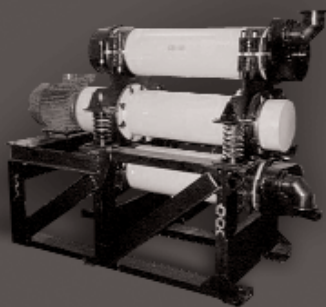
эфир целлюлозы, релаксифицируемые порошки, супер- и гиперпластификаторы, активаторы, гидрофобизаторы и другие поверхностно-активные модификаторы

Телефон: (095) 363-96-20  
Факс: (095) 363-96-22



www.eurochem.ru

## Вибромельница ВМ-200 – исключительная надежность



### Сферы использования вибромельницы ВМ-200

- Истирание материалов и пигментов в лакокрасочном производстве
- Измельчение строительных материалов, компонентов сухих строительных смесей
- Истирание, смешения и гомогенизации многокомпонентных смесей
- Домол цемента, повышения их марки

### ООО НПО «АкмеТехнология» –

научно-производственная инновационная компания, занимающаяся разработкой, изготовлением и вводом в эксплуатацию оборудования и комплексов «под ключ» по производству тонкодисперсного сырья, предлагает

- Дробилки щековые, ножевые
- Вибромельницы
- Питатели шнековые, тарельчатые
- Транспортёры винтовые
- Классификаторы воздушные

### Представляем вибромельницу ВМ-200,

предназначенную для измельчения (сухого или мокрого) сыпучих материалов в непрерывном режиме.

Конструкция мельницы отличается простотой и исключительной надежностью. В качестве мелющих тел используются стержни (для помола до 0,2-0,5 мм), шары или ролики (для тонкого помола менее 0,1 мм).

### Техническая характеристика

Производительность, не более, кг/ч .....	1500
Крупность исходного материала, не более, мм .....	10
Тонина помола:	
- стержневой .....	75%, менее 0,2 мм
- комбинированный .....	80%, менее 0,1 мм
- тонкий .....	95%, менее 0,063 мм
Потребляемая мощность, кВт .....	12–18
Габаритные размеры (длина/ширина/высота), мм .....	2480/1004/1680
Полная масса с мелющими телами, кг .....	2230
Стоимость (в зависимости от комплектации), тыс. руб .....	270–290

### ООО НПО «АкмеТехнология»

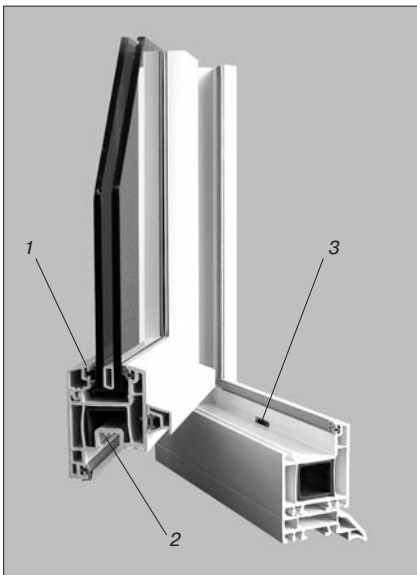
Россия, 630055 Новосибирск, ул. Мусы Джалиля, 11, оф. 624 Телефон: (3832) 39-70-20, 14-53-56 Тел./факс: (3832) 39-63-32  
E-mail: akme@sibnet.ru Internet: www.vm200.ru

## Некоторые преимущества оконных систем Deceuninck

За последние пять лет пластиковые окна прочно вошли в практику строительства в России. Технические характеристики современных пластиковых систем обеспечивают высокие теплоизоляционные свойства ограждающих конструкций, комфорт жилых, общественных и производственных помещений. Такие пластиковые системы производит компания Deceuninck, с которой читатели журнала «Строительные материалы» начали знакомиться в № 7–2003.

Высокое качество продукции компании Deceuninck обеспечивается прежде всего качеством исходного материала. Для этого компания производит компаунд, из которого методом экструзии производят профили с минимальными допусками геометрических размеров и высокими физико-механическими и термомеханическими характеристиками. Поэтому окна из этих профилей характеризуются стойкостью к любым погодным условиям, высокой ударной прочностью, стойкостью к деформациям в результате воздействия перепадов температуры, хорошими характеристиками пожарной безопасности.

Основу системы Deceuninck составляют трехкамерные профили, гарантирующие тепло- и звукоизоляцию, воздухопроницаемость, подтвержденные сертификационными испытаниями Госстроя РФ.



Оконная конструкция на основе трехкамерного профиля системы Mondial: 1 – штапик с коэкструдированным уплотнительным элементом; 2 – осевой европаз глубиной 13 мм; 3 – фальц для водоотвода

В настоящее время компания производит профили для створок шириной 75 мм, что несколько шире, чем многие другие профили. Такая особенность позволяет предотвратить промерзание окон в этой области в зимних условиях в средней полосе России и Сибири.

Конструкционные особенности изделий предусматривают установку стеклопакета толщиной от 4 до 48 мм вместо традиционных 40 мм. Таким образом, для остекления можно использовать одно- и двухкамерные стеклопакеты, что повышает сопротивление теплопередаче конструкции.

Кроме того, компания производит высококачественные резиновые уплотнительные жгуты для обеспечения качественного наружного и внутреннего прилегания стеклопакетов и профилей. Весь комплекс перечисленных мер позволяет достичь высоких показателей приведенного сопротивления теплопередаче – 0,69 м<sup>2</sup>·°С/Вт для стандартных трехкамерных профилей.

Одним из важных вопросов, возникающих при эксплуатации пластиковых окон в старых зданиях, как правило, является воздухообмен в помещениях. Пластиковые окна, обеспечивающие высокую степень герметичности и сопротивления теплопередаче с одной стороны, с другой исключают естественный воздухообмен в помещении за счет неплотностей при смыкании, в результате чего в помещении скапливается конденсат, нарушается тепло-влажностный баланс. Специалистам компании Deceuninck удалось разработать конструкцию окна, сохраняющую достаточную воздухопроницаемость (4 кг/(м<sup>2</sup>·ч)) при высокой звукоизоляции (42–45 дБ).

Профили Deceuninck могут комплектоваться любой фурнитурой, в том числе противовзломной, так как глубина осевого европаза составляет 13 мм. Это позволяет устанавливать окна с высокой степенью защиты от несанк-

ционированного проникновения на нижних этажах здания. При этом способ открывания окон может быть любой – поворотный, поворотно-откидной, среднеподвесной, раздвижной, комбинированный или глухое окно.

Глубина фальца (7 мм) позволяет организовать хороший и быстрый водоотвод во время дождя с любой скоростью ветра, а использование коэкструдированных штапиков с уплотнениями повышает надежность конструкции и исключает выдавливание его из конструкции. Использование высококачественных многофункциональных уплотнений для стекла и упорного уплотнения створка – рама значительно повышает технологичность производства окон и дверей.

Компания производит большое количество разнообразных вспомогательных, соединительных и отделочных профилей, которые ускоряют сборку окон и повышают качество вспомогательных работ.

В настоящее время в России в основном применяется система профилей Mondial 2000.

### Техническая характеристика профилей Mondial 2000

Прочность при растяжении, МПа	..... 44,3
Ударная вязкость по Шарпи, кДж/м <sup>2</sup>	..... 31,1
Температура размягчения, °С	..... 88,6
Изменение линейных размеров, %	..... 1,6

Таким образом, ПВХ-профили компании Deceuninck могут быть использованы при возведении и капитальном ремонте зданий жилого и общественного назначения в различных климатических зонах. Устойчивость материалов к воздействию кислот, оснований, спиртов, минеральных масел позволяет успешно эксплуатировать их в регионах с приморским климатом и в промышленных зонах. Все материалы имеют сертификат соответствия Госстроя РФ и санитарно-эпидемиологической службы РФ.

**deceuninck**

Представительство фирмы «Deceuninck N.V.» в России  
125212, Москва, Кронштадтский б-р, д. 7А  
Телефон/факс: (095) 459-97-09, 459-90-93  
E-mail: [decrus@dol.ru](mailto:decrus@dol.ru)

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



В.С. ПРОКОПЕЦ, канд. техн. наук (Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ))

## Влияние механоактивационного воздействия на активность вяжущих веществ

Цемент поступает к потребителю в виде тонкомолотого порошка с высокой удельной поверхностью (1000–6000 см<sup>2</sup>/г), что обуславливает интенсивную конденсацию на цементных зернах парообразной влаги и газов из окружающего пространства. Известно [1], что несмотря на высокую удельную поверхность цементов, их гранулометрический состав далеко не равномерен и значительная часть зерен (40–50 %) имеет размеры больше 50–60 мкм.

В процессе роста прочности цементного камня основную роль играет фракция размером 3–30 мкм [2]. Зерна цемента размером 40–60 мкм и более остаются негидратированными и лишь через полгода толщина слоя цементного камня достигает 15 мкм. Неполнота использования цемента усугубляется трудностями в достижении равномерного распределения воды между отдельными частицами вяжущего, которые вследствие адсорбции и сил молекулярного сцепления агрегируются во флоккулы, препятствующие равномерному смачиванию. Увеличение удельной поверхности считается неэкономичным, поэтому рационально производить активацию вяжущего в процессе приготовления бетонной смеси [3].

С другой стороны, высокие скорости гидратации тонких фракций цемента связаны не только с их высокой удельной поверхностью, но и с

наибольшей плотностью дислокаций и концентрацией дефектов на поверхности мелких частиц цемента [4]. С ростом дефектности частиц происходит переход в неравновесное состояние, что приводит к снижению химической устойчивости и интенсификации целого ряда физико-химических процессов, в том числе и гидратационной активности клинкерных минералов [5]. Этот факт объясняется тем, что в результате измельчения клинкера поверхность зерен содержит множество дефектов в виде субмикро- и микротрещин. Разрушение цементных зерен в начале гидратации происходит и развивается на дефектах, а также сопровождается движением дислокации. Скорость движения дислокации определяется физической и химической природой поверхности минералов клинкера, границами их фаз, содержанием в кристаллах примесных элементов. В свою очередь, рост трещины эквивалентен непрерывному распределению дислокаций в объеме твердой фазы. Клинкерные частицы с дефектами находясь в состоянии более высокой энергии взаимодействия при гидратации, чем совершенные по структуре минералы [6].

Теоретически и экспериментально установлено, что наиболее эффективным способом создания дефектности в частицах являются ударные воздействия при измельчении [7–8].

Учитывая разноречивость мнений в отношении механоактивационных способов увеличения гидратационной активности цементов, было решено проверить возможность увеличения их активности помолом в измельчителе ударного действия.

Экспериментальные исследования проводили на портландцементе М 400 Искитимского завода. Отобранная партия цемента была разделена на семь частей, которые до испытания хранились в условиях, соответствующих нормальному твердению бетонных образцов. Затем каждая проба цемента по мере потери активности подвергалась интенсивной обработке в измельчителе-активаторе УИС-2У производства ВМПФ ГИЛМ (Омск) [9]. В качестве контрольной пробы брали свежий цемент. Из полученных после измельчения проб цемента готовили раствор нормальной густоты, из которого формовали кубики размером 40×40 мм. Испытания на сжатие проводили после 28 сут нормального твердения. Результаты экспериментов приведены в табл. 1 и на рисунке.

Экспериментальные исследования минеральных вяжущих различной первоначальной активности позволили установить, что существует определенная зависимость между первоначальной активностью и последующим ростом активности этого вяжущего после механической

Таблица 1

Сроки выдерживания проб цемента, сут	Гидравлическая активность вяжущего до и после активации, МПа		Изменение гидравлической активности вяжущего, %	Удельная поверхность вяжущего до и после активации, см <sup>2</sup> /г		Изменение удельной поверхности, %	Относительная усадка до и после активации, $\epsilon \cdot 10^{-4}$ мм	
	до	после		до	после		до	после
360	4	7,36	84	1610	2360	46,6	26	18,7
330	8	17,6	120	1930	2880	49,2	43	31,5
300	12	30,12	151	2230	3470	55,6	63	47,2
270	17	44,54	162	2340	3800	62,4	66	47,1
240	22,9	57,02	149	2650	4120	55,5	73	52,6
180	26,9	61,33	128	2880	4360	51,4	91	72,8
свежий	40*	57,6	44	3080	4520	46,7	109	89,4

\* контрольная проба цемента

Таблица 2

Состав смеси	№ пробы	Предел прочности, МПа	
		при изгибе	при сжатии
Цемент 100% (не активир.)	1	4,57	10,78
Цемент 60% + Зола 40% (не активир.)	2	3,21	8,03
	3	3,88	6,56
	4	4,19	6,4
Цемент 60% + Зола 40% (активир.)	5	5,9	41,38
	6	6,08	44,25
	7	5,22	40,5

активации, которую можно аппроксимировать полиномом вида

$$A_{\text{мех.актив.}} = 53,108 + 10,568R - 0,272R^2, \%$$

где  $A_{\text{мех.актив.}}$  — гидравлическая активность цемента по отношению к исходной после механической активации, %;  $R$  — исходная гидравлическая активность вяжущего, МПа.

Анализ данных, приведенных на рисунке, показывает, что характер изменения исходной активности вяжущего является экстремальным. Наиболее механоактивируемыми являются вяжущие, первоначальная гидравлическая активность которых находится в интервале 8–30 МПа.

Сравнительно небольшое увеличение марочной прочности вяжущего, имеющего исходную гидравлическую активность <8 или >30 МПа, можно объяснить следующим. Данный способ механической активации (помол в измельчителе ударного действия) для цементов, потерявших значительную часть своей гидратационной активности, энергетически недостаточен. На это указывает и незначительный рост удельной поверхности по сравнению с наиболее механоактивируемыми вяжущими. Недостаточность механического воздействия обусловлена избытком карбонатных включений, образование которых произошло в результате длительного соприкосновения цемента с влагой воздушной среды.

В свою очередь, дополнительный помол высокомарочных цементов, с одной стороны, увеличивает реакционную способность поверхности частиц цемента, взаимодействующих с водой, а с другой, повышает экранирующую способность гидратных новообразований, которые, окружая частицы цемента, препятствуют доступу воды. Аналогичные выводы сделаны и в работе [10], где говорится, что при увеличении тонкости помола цемента с 2000 до 6000 см<sup>2</sup>/г для каждого уровня дисперсности степень гидратации по прочности в 1- — 3-суточном возрасте растет, а в 28-суточном увеличивается лишь до определенных пределов, а затем даже снижается.

Таким образом, можно констатировать, что эффективность механической активации портландцемента

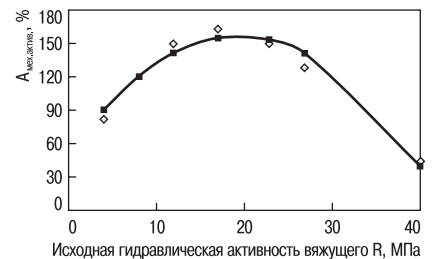
зависит от его исходной активности. Наиболее механоактивируемыми вяжущими являются портландцементы, имеющие гидравлическую активность в интервале 8–30 МПа, что ранее известно не было.

Величина относительной усадки (табл. 1) у механоактивированных цементов на 20–30% ниже по сравнению с исходными. Это объясняется, прежде всего, способностью измельчителей дезинтеграторного типа выдавать более узкий спектр частиц по дисперсности, а также тем, что в процессе измельчения происходит перераспределение гидравлической активности между клинкерными частицами. Это способствует выравниванию в объеме вяжущего химического потенциала, что и обуславливает в процессе гидролиза и гидратации образование более плотной структуры цементного камня с малой усадкой.

Приведенные выше исследования позволили на практике создать условия максимальной эффективности механоактивационного воздействия на вяжущие системы. Так, при оптимальном режиме обработки золоцементного вяжущего в УИС-2У, можно заменить 40–50% цемента наполнителем без ощутимой потери вяжущим первоначальной активности.

Динамика прочности механоактивированного вяжущего показывает, что оно наряду с высокой ранней прочностью, обусловленной более интенсивной гидратацией клинкерных материалов, обладает еще и высокой поздней прочностью за счет активного участия золы в формировании структуры искусственного камня. Показатели прочности образцов-балочек золоцементного вяжущего, испытанных через 28 сут твердения, приведены в табл. 2.

Исследования, выполненные на кислых золах ТЭС Омска, позволили рекомендовать основные параметры обработки золоцементных смесей, исходя из условия максимальной прочности получаемого вяжущего и минимизации затрат энергии, установить численные значения основных физико-механических свойств получаемого вяжущего, подтверждающие эффективность процесса механоактивации в измельчителе-актива-



Исходная гидравлическая активность вяжущего R, МПа

Влияние механической активации на увеличение исходной гидравлической активности портландцемента

торе производства СибАДИ-ВНПФ ГИЛМ (Омск). Кроме того, убедительно доказано, что применение механоактивации в технологии вяжущих материалов позволяет получать цементы со специальными свойствами и открывает большие перспективы для получения качественных вяжущих с применением таких неустраиваемых промышленных отходов, какими являются кислые золы-уноса ТЭС.

#### Список литературы

1. Шестоперов С.В. Контроль качества бетона. М.: Высшая школа, 1981. 244 с.
2. Волженский А.В., Попов Л.Н. Смешанные цементы повторного помола и бетоны на их основе. М.: Госстройиздат. 1961. 107 с.
3. Веригин Ю.А., Соколов В.В. Многократная обработка вяжущих в активаторах-смесителях непрерывного действия // Строит. материалы. 1971. № 1. С. 18.
4. Сычев М.М. Формирование прочности // ЖПХ. 1981, № 9. Т. 54. С. 36–43.
5. Молчанов В.И., Селезнева О.Г., Жирнов Е.Н. Активация минералов при измельчении. М.: Недра. 1988. 208 с.
6. Комохов П.Г. Механико-энергетические аспекты процессов гидратации, твердения и долговечности цементного камня // Цемент. 1987. № 2. С. 20–22.
7. Кузнецова Т.В., Сулименко Л.М. Механоактивация портландцементных сырьевых смесей // Цемент. 1985. № 4. С. 20–21.
8. Сулименко Л.М., Майснер Ш.Н. Влияние механоактивации на технологические свойства портландцементных сырьевых смесей // Изв. вузов. Химия и химическая технология. 1986 (29), № 1. С. 80–84.
9. Проконец В.С. Получение минерального порошка из местного сырья на АБЗ. // Наука и техника в дорожной отрасли. 1997. № 2. С. 22–23.
10. Кравченко И.В., Кузнецова Т.В., Власова М.Т., Юдович Б.Э. Химия и технология специальных цементов / Под общ. ред. И.В. Кравченко. М.: Стройиздат. 1979. 208 с.

## Разработка алгоритма управления процессом прессования силикатного кирпича

В производстве силикатного кирпича наиболее важной операцией является прессование [1]. Практически большинство дефектов готовых изделий возникает из-за нарушения режимов прессования. Сила трения о стенки пресс-формы и зерен одно о другое преодолевается давлением, создаваемым прессом, которое должно распределяться равномерно по высоте прессуемого изделия. Для учета влияния различных факторов на свойства сырца и готового кирпича необходимо иметь достаточно полное математическое описание процессов, протекающих на этапе прессования и укладки сырца, которое позволило бы на основе современных методов управления и контроля повысить качество готовой продукции, эффективность использования технологического оборудования, рентабельность производства.

Большое влияние на качество изделия оказывает скорость нарастания давления прессования. При быстром приложении внешней нагрузки и выдержке под нагрузкой увеличиваются затраты энергии на прессование. Для уменьшения затрат энергии приложение внешней нагрузки целесообразно осуществить ступенчато с промежуточной выдержкой под нагрузкой. Кроме того, при ступенчатом прессовании улучшается прессуемость массы за счет создания условий для выхода запрессованного воздуха. При значительном увеличении числа ступеней (вибрационное формование) затраты энергии минимальны. Анализируя сказанное выше, можно сделать вывод, что, изменяя характер приложения нагрузки на силикатную массу в процессе ее формования, определяемый законом движения прессующего поршня, можно значительно повысить качество кирпича.

Разработка рационального закона управления движением прессующего поршня позволит повысить качество формования, что в настоящее время является актуальной задачей.

Силикатная смесь в пресс-форме представляет собой вязкоупругую среду, описываемую уравнением [2]:

$$p(x,t) = E \frac{\partial \psi(x,t)}{\partial x} + \eta \frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial t \partial x}, \quad (1)$$

где  $p(x,t)$  – давление в сечении  $x$  в момент времени  $t$ ;  $\psi(x,t)$  – функция сжатия смеси в сечении  $x$  в момент времени  $t$ ;  $E$  – модуль упругости смеси;  $\eta$  – коэффициент динамической вязкости смеси.

С использованием уравнения вязкоупругой среды (1) математическая модель прессования силикатной смеси в закрытой пресс-форме принимает вид [3]:

$$E \frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial x^2} + \eta \frac{\partial^3 \psi(x,t)}{\partial x^2 \partial t} + \frac{f \xi}{R} \left( E \frac{\partial \psi(x,t)}{\partial x} + \eta \frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial t \partial x} \right) = \rho \frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial t^2}, \quad (2)$$

где  $f$  – коэффициент трения смеси о стенки пресс-формы;  $\xi$  – коэффициент бокового распора силикатной смеси;  $R$  – гидравлический радиус пресс-формы;  $\rho$  – плотность засыпаемой смеси.

Таким образом, процесс прессования представляет собой объект с распределенными параметрами, описываемый дифференциальным уравнением в частных производных (2), начальные условия:  $\psi(x,0) = 0$ , краевые условия:  $\psi(0,t) = \psi(H_0,t) = 0$ , где  $H_0$  – начальная глубина засыпки смеси в пресс-форму.

Решение краевой задачи можно найти, применив к уравнению преобразование Лапласа по переменной  $t$  при нулевых начальных условиях

$$L\{\psi(x,t)\} = \Psi(s,x) L\left\{\frac{\partial \psi(x,t)}{\partial t}\right\} = s\Psi(s,x) - \psi(x,t)|_{t=0},$$

таким образом получаем уравнение в изображениях:

$$s^2 \Psi(s,x) = \frac{E}{\rho} \frac{\partial^2 \Psi(s,x)}{\partial x^2} + s \frac{\eta}{\rho} \frac{\partial^2 \Psi(s,x)}{\partial x^2} + \frac{f \xi}{R} \left( \frac{E}{\rho} \frac{\partial \Psi(s,x)}{\partial x} + s \frac{\eta}{\rho} \frac{\partial \Psi(s,x)}{\partial x} \right), \quad (3)$$

где  $\Psi(s,x)$  – преобразование Лапласа от функции  $\psi(x,t)$  по переменной  $t$ .

После преобразования и введения обозначений в форме

$$\frac{f \xi}{R} = 2\alpha, \quad \frac{\rho}{E} = k, \quad \frac{\eta}{E} = T$$

уравнение (3) можно записать в виде:

$$\frac{\partial^2 \Psi(s,x)}{\partial x^2} + 2\alpha \frac{\partial \Psi(s,x)}{\partial x} - \frac{ks^2}{Ts+1} \Psi(s,x) = 0. \quad (4)$$

Определяя значение корней характеристического уравнения, соответствующего дифференциальному уравнению (4), и принимая во внимание следующие краевые условия:  $x=0: \Psi(s,0) = C_1(s) + C_2(s) = \Psi_0(s) = L\{\psi_0(t)\}$ ,  $x=H_0: \Psi(s,H_0) = C_1(s)e^{\lambda_1 H_0} + C_2(s)e^{\lambda_2 H_0} = 0$  получим решение в виде:

$$\Psi(s,x) = \left[ \frac{e^{\lambda_1 x}}{1-e^{\lambda_1 H_0}} + \frac{e^{\lambda_2 x}}{1-e^{\lambda_2 H_0}} \right] \Psi_0(s), \quad (5)$$

где  $\Psi_0(s)$  – преобразование Лапласа от функции перемещения прессующего штампа  $\psi_0(t)$ .

Тогда передаточная функция процесса прессования как объекта управления примет вид:

$$W(s,x) = \frac{\Psi(s,x)}{\Psi_0(s)} = \frac{e^{\left(-\alpha + \sqrt{\alpha^2 + \frac{ks^2}{Ts+1}}\right)x}}{1 - e^{\left(2\sqrt{\alpha^2 + \frac{ks^2}{Ts+1}}\right)H_0}} + \frac{e^{\left(-\alpha - \sqrt{\alpha^2 + \frac{ks^2}{Ts+1}}\right)x}}{1 - e^{\left(-2\sqrt{\alpha^2 + \frac{ks^2}{Ts+1}}\right)H_0}}. \quad (6)$$

Данная передаточная функция является иррациональной и поэтому получение соответствующего изображения во временной области достаточно трудоемко. Одним из путей получения временных характеристик является решения дифференциальных уравнений (2), (3) с применением цифрового моделирования. Анализ конечно разностных уравнений привел к выводу о том, что для устойчивости вычислительного процесса необходимо использовать малый шаг по времени ( $\approx 10^{-5}$  с), что приводит к длительному времени процесса получения решения. Использование разложения функции (6) в ряд Фурье, с целью исключения иррациональности, также ведет к длительному времени процесса моделирования [3].

В передаточной функции (6) входной переменной является функция перемещения прессующего штампа  $\Psi_0(s)$ , а в качестве выходной переменной выступает функция сжатия силикатной смеси  $\Psi(s,x)$ . Подставляя конкретные значения переменной  $x$  в (6) можно получить передаточную функцию по каналу «функция пере-

мещения прессующего штампа — функция сжатия смеси» для любых  $x \in [0, H_0]$ .

Аппроксимируем передаточную функцию (6) рациональной передаточной функцией при  $x$  равных  $0, H_0/4, H_0/2, 3/4 \cdot H_0$ . Для этого в (6) произведем замену  $s \rightarrow j\omega$ , в результате чего осуществим переход в частотную область.

$$W(j\omega, x) = \frac{\Psi(j\omega, x)}{\Psi_0(j\omega)} = \frac{e^{\left(-\alpha + \sqrt{\alpha^2 + \frac{k\omega^2}{Tj\omega + 1}}\right)x}}{1 - e^{\left(2\sqrt{\alpha^2 + \frac{k\omega^2}{Tj\omega + 1}}\right)H_0}} + \frac{e^{\left(-\alpha - \sqrt{\alpha^2 + \frac{k\omega^2}{Tj\omega + 1}}\right)x}}{1 - e^{\left(-2\sqrt{\alpha^2 + \frac{k\omega^2}{Tj\omega + 1}}\right)H_0}}, \quad (7)$$

где  $\omega$  — частота движения пресс-штампа, рад·с<sup>-1</sup>;  $j$  — комплексная единица.

Примем параметры силикатной смеси равными  $f=0,3$ ;  $\xi=0,4$ ;  $R=0,0405$  м;  $E=32 \cdot 10^6$  Па;  $\eta=65 \cdot 10^6$  Н·с/м<sup>2</sup>;  $R=0,0405$  м;  $H_0=0,13$  м и значения  $\omega$  изменяющимися от  $10^{-3}$  до  $10^2$  с<sup>-1</sup> при указанных значениях переменной  $x$ .

В результате оказалось, что при изменении частоты не происходит изменения амплитуды и фазы. Таким образом, передаточная функция процесса прессования как объекта управления представляет собой усилительное звено. Поэтому передаточную функцию процесса прессования силикатного кирпича в закрытой пресс-форме можно получить, подставив в уравнение (7)  $\omega = 0$ . В результате подстановки и преобразований получим:

$$W(s, x) = \frac{\Psi(s, x)}{\Psi_0(s)} = \frac{-1 + e^{(-2\alpha x + 2\alpha H_0)}}{-1 + e^{2\alpha H_0}}. \quad (8)$$

Если построить комплексные частотные характеристики (КЧХ) полученной передаточной функции (8) при различных  $x$ , то они будут полностью идентичны КЧХ передаточной функции (7), таким образом передаточная функция (8) описывает процесс изменения функции сжатия  $\Psi(s, x)$  при изменении функции перемещения прессующего штампа  $\Psi_0(s)$  при любых значениях  $x$  ( $x \in [0; H_0]$ ).

При использовании в качестве управляемой переменной функции относительного сжатия  $\partial\Psi(s, x)/\partial x$  передаточная функция процесса прессования как объекта управления примет вид:

$$W_1(s, x) = \frac{\partial\Psi(s, x)/\partial x}{\Psi_0(s)} = \frac{-2\alpha e^{(-2\alpha x + 2\alpha H_0)}}{-1 + e^{2\alpha H_0}}. \quad (9)$$

Подставив  $\partial\Psi(s, x)/\partial x$  из передаточной функции (9) в уравнение вязкоупругой среды (1), получим:

$$p(x, t) = E \cdot \frac{-2\alpha e^{(-2\alpha x + 2\alpha H_0)}}{-1 + e^{2\alpha H_0}} \Psi_0(t) + \eta \frac{-2\alpha e^{(-2\alpha x + 2\alpha H_0)}}{-1 + e^{2\alpha H_0}} \cdot \frac{d\Psi_0(t)}{dt}. \quad (10)$$

Удельное давление прессования  $p(t)$  не является универсальной характеристикой, характеризующей процесс прессования, так как в производстве существуют различные конструкции и виды формуемых изделий, которые имеют разные соотношения геометрических размеров, неодинаковое время прессования и различные скорости прессования. Наиболее приемлемой характеристикой является удельная работа прессования [4]:

$$A = \int_{t_2}^{t_1} P(t) \cdot v(t) \cdot dt, \quad (11)$$

где  $A$  — работа прессования, кгс·м;  $p(t)$  — общее усилие прессования, кгс;  $v(t)$  — скорость поршня, м/с;  $t_1, t_2$  — начало и конец цикла прессования, с. Однако более целесообразно использовать понятие «удельной работы прессования» —  $A_{уд}$ , то есть работы прессования, отнесенной к единице объема сформованных изделий, кгс·м/дм<sup>3</sup>.

Если подставить уравнение вязкоупругой среды (10) в (11), то получим:

$$A_{уд} = \int_0^{t_1} \left( k_1 \Psi_0(t) \frac{d\Psi_0(t)}{dt} + k_2 \left( \frac{d\Psi_0(t)}{dt} \right)^2 \right) dt, \quad (12)$$

$$\text{где } E \cdot \frac{-2\alpha e^{(-2\alpha x + 2\alpha H_0)}}{-1 + e^{2\alpha H_0}} = k_1, \eta \cdot \frac{-2\alpha e^{(-2\alpha x + 2\alpha H_0)}}{-1 + e^{2\alpha H_0}} = k_2.$$

Найдем функцию  $\Psi_0(s)$ , которая обеспечивает перемещение прессующего штампа с минимальной удельной работой прессования. Это задача вариационного исчисления. Требуется минимизировать функционал  $A_{уд} \rightarrow \min$ , при краевых условиях:  $\Psi_0(0) = 0, \Psi_0(t_1) = H_0 - H = h > 0, \Psi_0'(t_1) > 0$ .

Искомая функция должна являться решением дифференциального уравнения Эйлера — Лагранжа в форме:

$$k_1 \Psi_0'(t) - \frac{d}{dt} \left( k_1 \Psi_0(t) + 2k_2 \Psi_0'(t) \right) = 0,$$

после дифференцирования получим  $k_1 \Psi_0'(t) - k_1 \Psi_0'(t) - 2k_2 \Psi_0''(t) = 0$ , или  $2k_2 \Psi_0''(t) = 0, \Psi_0''(t) = 0$ . Тогда  $\Psi_0'(t) = C_1$ , а  $\Psi_0(t) = C_1 t + C_2$ . Постоянную интегрирования  $C_2$  найдем из условия  $\Psi_0(0) = 0 \Rightarrow C_2 = 0$ , следовательно  $\Psi_0(t) = C_1 t$ . А постоянную интегрирования  $C_1$  определим из условия трансверсальности

$$k_1 \Psi_0'(t_1) \Psi_0(t_1) + k_2 (\Psi_0'(t_1))^2 - \Psi_0'(t_1) (k_1 \Psi_0(t_1) + 2k_2 \Psi_0'(t_1)) = 0,$$

откуда после соответствующих преобразований получим  $-k_2 (\Psi_0'(t_1))^2 = 0$  или  $\Psi_0'(t_1) = 0$ . В результате интегрирования

$$\Psi_0(t_1) = \text{const} = h, C_1 t_1 = h, C_1 = \frac{h}{t_1}.$$

Очевидно, что величина  $C_1$  определяется из разницы уровня засыпки и толщины формуемого изделия, отнесенной к необходимому времени прессования.

Анализируя полученное решение можно заметить, что для минимизации удельной работы прессования штамп должен перемещаться по линейному закону с максимальной скоростью, которую может развивать пресс, и при которой обеспечивается необходимое качество формуемого изделия.

Полученное решение может быть использовано:

- при проектировании прессового оборудования для формирования строительных смесей;
- при модернизации существующих кулачков коленно-рычажных прессов;
- при задании закона прессования строительных смесей, являющихся вязко-упругими средами, например для прессования силикатного кирпича заданной марки, так как от  $A_{уд}$  зависит марка кирпича  $R_{сж} = 6,89 A_{уд}^{0,55}$ , где  $R_{сж}$  (кгс/см<sup>2</sup>);  $A_{уд}$  (кгс·м/дм<sup>3</sup>) [4].

#### Список литературы

1. Хавкин Л.М. Технология силикатного кирпича. М.: Стройиздат. 1982. 384 с.
2. Ильюшин А.А. Механика сплошной среды. М.: Изд-во МГУ. 1990. 310 с.
3. Ломакин В.В. Исследование процесса прессования силикатного кирпича на базе вычислительного эксперимента // Сооружения, конструкции, технологии и строительные материалы XXI века: Сб. докл. II Междунар. конф. - шк. сем. молод. учен., асп. и докторантов. Белгород: Изд-во БелГТАСМ. 1999. Ч. 3. С. 192–196.
4. Хвостенков С.И. Влияние удельной работы прессования на физико-механические свойства силикатного кирпича и пустотелых камней / Хвостенков С.И., Золотухин А.А. // Сборник трудов ВНИИСтрома. Вып. 42 (70). М., 1978. С. 71–76.

## Методика экспериментальных исследований процесса измельчения в гидродинамической мельнице

В производстве строительных материалов на передний план все больше выдвигаются проблемы улучшения качества и однородности минерального сырья, поставляемого с месторождений России на предприятия промышленности строительных материалов.

Основными предпосылками этого являются:

- определяющее влияние качества исходного минерального сырья на качество готовой продукции;
- невозможность компенсации низкого качества подготовки сырья в последующих технологических процессах (формования, сушки обжига и др.) производства;
- ограниченные запасы в России природного минерального сырья высокого качества, так как значительная часть месторождений тугоплавких и огнеупорных глин, стекольных песков, гипсового камня в результате распада СССР оказалась в ближнем зарубежье.

Сырье месторождений России для производства строительных материалов является, как правило, полиминеральным и содержит не менее двух минеральных компонентов. Поэтому одной из основных проблем при переработке этого сырья является его разделение на составляющие минеральные компоненты.

Основной и наиболее энергоемкой операцией в технологии переработки минерального сырья является операция измельчения с целью раскрытия сростков составляющих его минеральных компонентов для последующего их разделения известными методами обогащения.

В современных технологиях переработки минерального сырья применяются мельницы традиционных конструкций (шаровые, стержневые, вибрационные и др.), в которых как полезные компоненты, так и пустая порода измельчаются практически до одинаковой крупности, вследствие чего обогащению подвергается весь объем продукта измельчения.

Специалистами регионального отделения «Проблемы внедрения современных технологий» РАЕН и ООО «Экотех-Москва» создана гидродинамическая мельница, обеспечивающая селективное измельчение горных пород. При этом в результате разной степени измельчения по-

лезных и сопутствующих компонентов обеспечивается принципиальная возможность практического решения сверхзадачи обогащения, состоящей в отделении зерен полезных минеральных компонентов от зерен пустой породы [1, 2].

Для проведения экспериментальных исследований процесса измельчения в гидродинамической мельнице с целью определения производительности и оптимальных режимов ее работы при переработке различных видов минерального сырья создан специальный стенд.

Схема компоновки оборудования стенда представлена на рис. 1.

Предусмотрены следующие режимы работы стенда.

### 1. Приготовление пульпы.

Исходный материал крупностью до 5 мм загружают в пропеллерную мешалку 1, предварительно заполненную водой. Масса пробы исходного материала, загружаемого в пропеллерную мешалку, определяется необходимой концентрацией (Т:Ж) пульпы, измельчаемой в гидродинамической мельнице. Продолжительность приготовления пульпы составляет от 10 до 30 мин. Готовую пульпу перекачивают растворонасосом СО-49 в пропеллерную мешалку 2. После полного опорожнения пропеллерную мешалку 1 очищают от остатков пульпы и промывают.

### 2. Измельчение пульпы в гидродинамической мельнице.

Регулировкой тиристорного привода ЭКТ-2Д устанавливают заданную скорость вращения ротора гидродинамической мельницы 4. Регулирование расхода исходной пульпы (производительности мельницы) производят задвижкой трубопровода 3 и контролируют секундомером по времени заполнения определенного объема емкости мешалки 1. Пульпа из пропеллерной мешалки 2 по трубопроводу 3 поступает в гидродинамическую мельницу 4. Продукт измельчения по трубопроводу 5 сливается в пропеллерную мешалку 1. Гидродинамический режим работы мельницы регулируют задвижкой на трубопроводе 5.

Электроизмерительным комплектом К-505 контролируют силу тока и мощность, потребляемую двигателем мельницы. Виброизмерительной аппаратурой ВИБ-6ТН контролируют параметры колебаний корпуса мельницы и распределение давлений в рабочей камере мельницы. Уровень и спектральную характеристику звука на расстоянии 1 м от корпуса мельницы определяют шумомером с частотным диапазоном от 80 до 10 кГц. По результатам виброакустической детекции определяют диапазон параметров, в котором имеет место кавитация в рабочей камере мельницы.

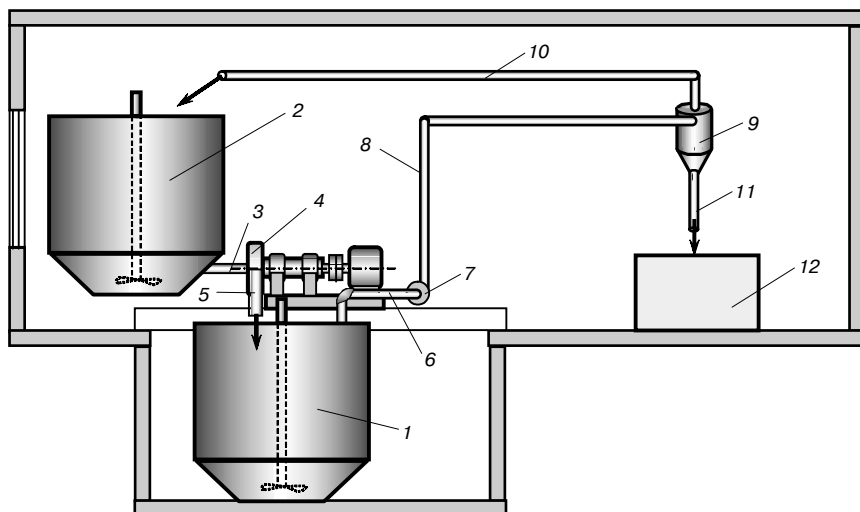


Рис. 1. Стенд гидродинамической мельницы: 1, 2 – пропеллерная мешалка СМ-243Б; 3, 5, 6, 8, 10, 11 – трубопровод; 4 – мельница гидродинамическая; 7 – песковый насос; 9 – гидроциклон; 12 – контейнер



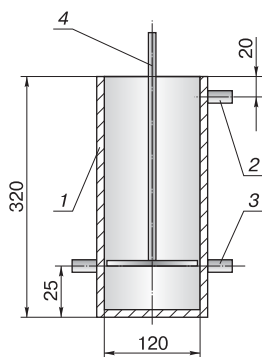


Рис. 2. Прибор для седиментационного анализа: 1 – цилиндр; 2 – верхний сливной патрубок; 3 – нижний сливной патрубок; 4 – мешалка

*Классификация продукта измельчения в гидроциклоне.*

В пропеллерную мешалку 1, заполненную продуктом гидродинамической мельницы 4, добавляют воду для получения заданной концентрации (Т : Ж) продукта измельчения, соответствующей максимальной эффективности процесса классификации в гидроциклоне по заданному граничному зерну. Продукт измельчения из пропеллерной мешалки 1 по трубопроводу 6 поступает в песковый насос 7, которым нагнетается в гидроциклон 9.

Граничную крупность классификации регулируют изменением давления на входном патрубке гидроциклона и установкой сменной песковой насадки с заданным диаметром выходного отверстия. Давление на входном патрубке гидроциклона 9 регулируют задвижкой байпасного трубопровода.

Пески (крупный продукт) гидроциклона поступают в герметичный контейнер 12. Слив (мелкий продукт) гидроциклона по трубопроводу 10 поступает в пропеллерную мешалку 2. Из пропеллерной мешалки 2 слив гидроциклона перекачивается растворонасосом СО-49 в автоцистерну, в которой транспортируется на дальнейшую переработку.

При работе стенда в установленном режиме отбирают пробы исходной пульпы, продукта гидродинамической мельницы и продуктов гидроциклона.

Анализ гранулометрического состава отобранных при проведении испытаний проб проводят по следующей методике.

Отобранную пробу из пробоотборника переносят в специальный прибор (рис. 2) для седиментационного анализа. В цилиндр 1 прибора доливают воду до уровня верхнего сливного отверстия и проводят классификацию пробы по граничной крупности 50 мкм.

Продукт –50 мкм сливают в другой цилиндр прибора для седиментационного анализа, а крупный

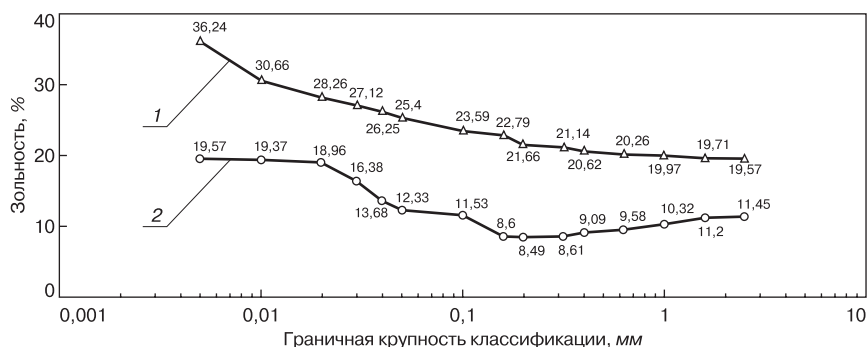


Рис. 3. Зависимость зольности продуктов от граничной крупности классификации: 1 – мелкий продукт; 2 – крупный продукт

продукт (+50 мкм) переносят в фарфоровые чашки, выпаривают на песчаной бане и досушивают до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 105°C.

Гранулометрический состав высушенного продукта +50 мкм определяют по результатам сухого рассева от крупного к мелкому на ситах с ячейками 1,6; 1; 0,63; 0,4; 0,315; 0,2; 0,16 и 0,1 мм. Пробы фракций крупности, полученные в результате ситового анализа используют для химического анализа.

Классификацию продукта –50 мкм проводят в приборе для седиментационного анализа (рис. 2) по методу Сабанина (от мелкого к крупному) по граничной крупности 5, 10, 20, 30 и 40 мкм.

В цилиндр 1 помещают пробу суспензии и доливают воду до уровня верхнего сливного патрубка 2. Суспензию в цилиндре 1 взбалтывают специальной мешалкой 4, которая представляет собой латунный стержень диаметром 6 мм и длиной 450 мм с закрепленным на конце стержня перфорированным диском диаметром 110 мм и толщиной 0,5 мм, в течение 1 мин и оставляют в покое. Взбалтывание суспензии ведут путем поднятия и опускания мешалки в сосуде примерно 120 раз. При этом не допускается выплескивания суспензии из цилиндра.

По истечении времени оседания частиц заданной крупности, определяемому по формуле Стокса, суспензию сливают из сосуда через нижние сливные патрубки 3 в стеклянные мерные цилиндры емкостью 1000 мл. Пробу выдерживают в мерных цилиндрах не менее 24 ч и затем производят декантацию осадков, образовавшихся в мерных цилиндрах. При этом слой осветленной воды над осадком, сливают из мерного цилиндра с помощью специальной пипетки.

Декантированные осадки из мерных цилиндров переносят в фарфоровые чашки, выпаривают на песчаной бане, досушивают до по-

стоянной массы при температуре 105°C, взвешивают и используют для химического анализа.

Крупный продукт, оставшийся в цилиндре 1 (рис. 2) в результате классификации по заданной граничной крупности переносят в фарфоровые чашки, выпаривают на песчаной бане, досушивают до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 105°C и используют для химического анализа.

По результатам химического анализа определяют зависимость содержания минерального компонента от граничной крупности классификации и возможность обогащения материала селективным измельчением.

На рис. 3 в качестве примера приводится зависимость зольности продуктов измельчения Кузнецкого каменного угля ТОК-1 в гидродинамической мельнице от граничной крупности классификации.

Возможные области применения гидродинамической мельницы при переработке сырья для производства строительных материалов:

- тонкая дезинтеграция и диспергирование глинистого минерального сырья;
- оттирка стекольных и формовочных песков;
- получение из отходов производства карбонатного щебня известняковых суспензий для раскисления почв в сельском хозяйстве.

#### Список литературы

1. Варшавский В.Я., Скворцов Л.С. Экология – проблемы стратегии и тактики (часть 9) // Чистый город. 2001. № 4 (16). С. 5–10.
2. Дубровин А.В., Сердюк Б.П. Новая технология селективного измельчения некоторых видов промышленных отходов в гидродинамических мельницах // Чистый город. 2003. № 3 (23). С. 37–41.
3. Jahn, K. Vibroakustische Detektion und Identifizierung von Kavitationserscheinungen. Maschinenbautechnik. V. 27. 1987. № 6. S. 272–276.

## Напряженно-деформированное состояние деревянных конструкций при длительной эксплуатации

В действующих нормативно-технических документах срок эксплуатации деревянных конструкций не регламентируется. В зависимости от вида конструкций и группы капитальности здания, в котором они эксплуатируются, принят срок службы деревянных конструкций, который является рекомендуемым [1, 2, 3].

Основным свойством, определяющим надежность строительных конструкций, является безотказность их работы [4]. Безотказность работы деревянных конструкций на заданный период закладывается расчетными методами на стадии проектирования. Условия эксплуатации конструкций учитываются при выборе параметров конструкций и выборе их конструктивной и химической защиты [5, 6, 7].

В отечественной и зарубежной практике существуют примеры, когда фактический срок службы деревянных конструкций был значительно меньше заданного, хотя в начале эксплуатации конструкции удовлетворяли всем требованиям действующих нормативно-технических документов. С другой стороны, имеются конструкции, которые эксплуатируются 180–190 лет и продолжают выполнять свои функции в настоящее время.

Целью настоящего исследования являлся анализ напряженно-деформированного состояния деревянных конструкций, эксплуатиру-

емых 50–200 лет. Исследование производилось на примере балок перекрытий.

Для решения поставленной задачи в соответствии с действующими нормативами [5, 8] определены значения напряжений и деформаций 693 балок чердачных и 767 балок межэтажных перекрытий 9 гражданских зданий. Сечение балок – от 100×240 мм до 290×340 мм, пролет – 2,7–9,7 м. Древесина балок 2-го и 3-го сорта. Исходные данные для расчета балок получены в результате обследования их технического состояния.

Полученные расчетные значения напряжений и деформаций однотипных балок даже на одном участке здания не являются одинаковыми. Разброс величины напряжений и деформаций, возникающих в соседних конструкциях, обусловлен различием в шаге, которое может составлять до 0,4–0,5 м, и в высоте теплоизоляционного слоя – 8–10 см.

Полученные результаты показывают, что значения нормальных напряжений находятся в пределах 1,45–16,2 МПа. Число балок с величиной нормальных напряжений до 11 МПа составила 79%, при этом в 48% балок значения напряжений были меньше 6 МПа. Число балок с величиной нормальных напряжений, превышающих расчетные значения  $R_{и} = 11$  МПа [5] для 3-го сорта древесины составила 18%, а превышающих расчетные значения

$R_{и} = 15$  МПа для 2-го сорта древесины – 2%.

Значения касательных напряжений находятся в пределах 0,14–0,6 МПа, то есть в 2,6–11 раз меньше расчетных значений  $R_{ск} = 1,6$  МПа [5].

В 15% случаев величина расчетного прогиба в середине пролета превышала значения предельного прогиба, определенного в соответствии с табл. 16 [5].

В результате проведенного теоретического исследования установлено:

- 98% балок воспринимали напряжения, не превышающие значения расчетных для 2-го сорта древесины;
- 50% балок значительно недонапряжены;
- касательные напряжения балок меньше расчетных значений в 2,6–11 раз;
- 15% балок не удовлетворяют требованиям [5] по второму предельному состоянию.

Полученные значения напряжений и деформаций возникали в конструкциях без дефектов.

В строительных конструкциях, и особенно в деревянных, при длительной эксплуатации возникают повреждения, приводящие к потере их эксплуатационных характеристик. Для выявления некоторых закономерностей возникновения и развития основного вида повреждения деревянных конструкций – поражения дереворазрушающими грибами,

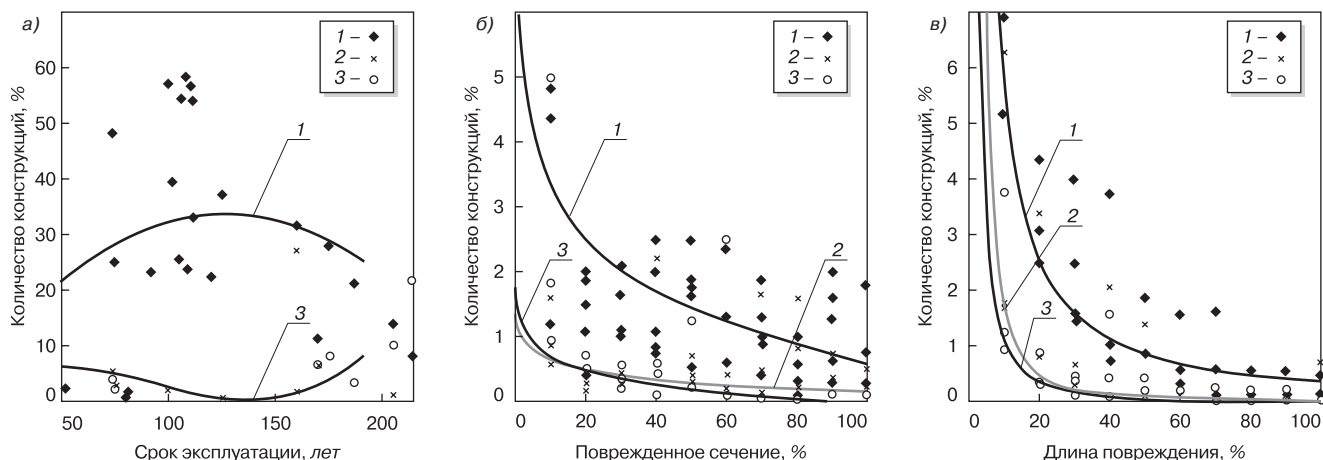


Рис. 1. Изменение числа биоповрежденных балок в зависимости от срока эксплуатации (а), глубины (б) и длины (в) биоповрежденного участка: 1 – у опоры на наружную стену; 2 – середина пролета; 3 – у опоры на внутреннюю стену

проведено обследование 1379 балок чердачных и 780 балок междуэтажных перекрытий. Балки эксплуатировались под нагрузкой 50–200 лет в 2- – 7-этажных общественных и жилых зданиях Москвы. Температурно-влажностные условия эксплуатации конструкций согласно СНиП II-25–80 [5] отнесены к группам А1, А2, А3, Б1, Б2 и Б3.

При статистическом анализе результаты обследований группировали в выборки по виду конструкций, сроку их эксплуатации, размерам повреждений и их местоположению на балках. Для каждой выборки определяли процент конструкций с повреждением  $X$  на момент обследования:

$$X = \frac{N_p}{N_{об}} \times 100\%,$$

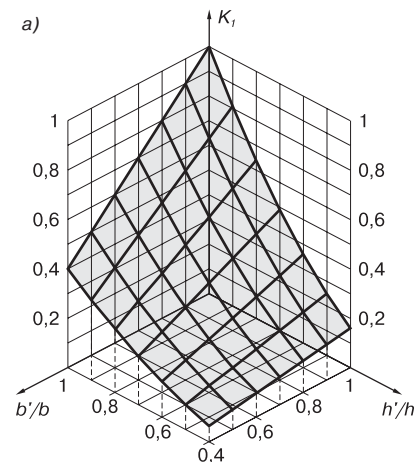
где  $N_{об}$  – общее количество балок по выборке, шт.;  $N_p$  – количество балок с повреждениями на момент обследования, шт.

Объем выборки уменьшался с увеличением срока эксплуатации конструкции. При обследовании чердачных перекрытий количество балок со сроком эксплуатации 50–100 лет составило 795 шт., сроком 100–150 лет – 360 шт. и сроком 150–200 лет – 224 шт.

Число поврежденных балок в зависимости от срока эксплуатации, глубины и длины биоповрежденного участка представлены на рис. 1.

В результате проведенного исследования установлено, что:

1. Биоповреждение балок перекрытий в процессе эксплуатации происходит на локально расположенных, потенциально опасных участках и является основной причиной их разрушения. Наиболее часто длина биоповрежденного участка конструкции составляет до 0,2 длины конструкции, с местоположением в перекрытиях у опоры на наружную стену;



2. Наиболее подверженными к появлению биоразрушения конструкциями из рассмотренных являются балки чердачного перекрытия. Это можно объяснить неблагоприятными условиями эксплуатации – увлажнением и недостаточной вентиляцией. Наибольшее число биоповрежденных конструкций приходится на период эксплуатации 100–150 лет.

Поражение конструкций дереворазрушающими грибами резко снижает физико-механические свойства древесины на поврежденном участке. Древесина меняет не только цвет и массу, но самое главное – прочность. Изменение несущей способности балок можно представить в виде:

$$\begin{aligned} \sigma' &= \sigma \times K_1, \\ \tau' &= \tau \times K_2, \end{aligned}$$

где  $K_1, K_2$  – коэффициенты снижения несущей способности балки по нормальным и касательным напряжениям;  $\sigma', \tau'$  – напряжения, возникающие в поврежденном сечении;  $\sigma, \tau$  – напряжения, возникающие в проектом сечении.

При определении коэффициентов  $K_1$  и  $K_2$  принимали допущение, что древесина на поврежденном участке полностью потеряла прочность. В этом случае коэффициенты  $K_1$  и  $K_2$  зависят только от степени уменьшения размеров поперечного сечения:

$$\begin{aligned} K_1 &= \left(\frac{h}{h'}\right)^2 \times \frac{b}{b'}, \\ K_2 &= \frac{h}{h'} \times \frac{b}{b'}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $h', b'$  – высота и ширина балки на участке с биопоражением;  $h, b$  – высота и ширина первоначального (проектного) сечения балки.

Приведенные зависимости показывают, что при появлении и развитии биопоражения на верхней (нижней) поверхности балки,  $K_1$  яв-

ляется квадратичной функцией, а  $K_2$  – линейной. Из этого следует, что при одинаковом ослаблении балок по высоте, изменение нормальных напряжений будет больше, чем касательных.

Пространственные графики изменения несущей способности балок представлены на рис. 2. Полученные коэффициенты могут использоваться для определения несущей способности балок при известной длине, глубине и расположении пораженного участка. Например, при биопоражении балки с боковой поверхности на 30% сечения в середине пролета, ее несущая способность по нормальным напряжениям уменьшится на 30% ( $K_1 = 0,7$ ).

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что большинство не поврежденных, длительно эксплуатируемых деревянных конструкций удовлетворяют требованиям современных СНиП по напряжениям и деформациям. Повреждение конструкций происходит на локальных, потенциально опасных участках и наибольшее количество деревянных конструкций перекрытий с повреждениями встречается в период 100–150 лет эксплуатации. Полученные коэффициенты уменьшения несущей способности изгибаемых конструкций в зависимости от степени биоповреждения могут быть использованы при технических обследованиях состояния деревянных конструкций и оценке их остаточной несущей способности.

#### Список литературы

1. Порывай Г.А. Организация, планирование и управление эксплуатацией зданий. М.: Стройиздат. 1983. 384 с.
2. Ариевич Э.М., Колосеев А.В., Нотенко С.Н., Ройтман А.Г. Эксплуатация жилых зданий. М.: Стройиздат. 1991. 510 с.
3. Думашев Ю.Ф., Химури С.Д. Справочник по капитальному ремонту жилых и общественных зданий. М.: Стройиздат. 1975. 176 с.
4. Райзер В.Д. Теория надежности в строительном проектировании. М.: Изд-во АСВ. 1998. 304 с.
5. СНиП II-25–80. «Деревянные конструкции. Нормы проектирования». М.: Стройиздат. 1982.
6. СНиП 2.03.11–85. «Защита строительных конструкций от коррозии» Госстрой. М.: ЦИТП Госстроя СССР. 1986.
7. СНиП 3.03.01–87. «Несущие и ограждающие конструкции» Госстрой СССР. М.: ЦИТП Госстроя СССР. 1987.
8. СНиП 2.01.07–85 «Нагрузки и воздействия». М.: Стройиздат. 1987.

Рис. 2. Пространственные графики изменения коэффициентов  $K_1$  (а) и  $K_2$  (б)

## Влияние состава штукатурного раствора на его деформативные свойства

Внешний вид зданий и состояние наружных стен зависят от качества их отделочного слоя. Атмосферные осадки, попадая через появившиеся в наружном слое трещины, ухудшают эксплуатационные свойства стен.

Для устройства отделочного слоя наружных стен широко применяют штукатурку из цементно-известкового раствора с окраской. Сведений о деформативных свойствах такого раствора сравнительно мало. Наиболее известны, почти 45-летней давности, данные, приведенные С.В. Поляковым [1, 2]. Однако они относятся к строительному раствору как к составляющему компоненту каменной кладки и почти не содержат сведений о его прочности при растяжении, модуле упругости, предельных деформациях сжатия и растяжения, а также о деформациях усадки. Не зная этих показателей во многих случаях невозможно рассчитать трещиностойкость наружного слоя стен.

В статье представлены результаты исследований влияния состава цементно-известкового раствора на его прочность при сжатии и растяжении при изгибе, на модуль упругости, предельные деформации при сжатии и растяжении при изгибе, а также деформации усадки.

Исследования проводили на образцах, изготовленных с использованием портландцемента М 400 Акмянского завода (Литва), гашеной извести и кварцевого песка. Гранулометрический состав песка: остаток на ситах №№ 2,5 – 1,59%; 1,25 – 0,93%; 0,63 – 2,74%; 0,315 –

27,02%; 0,14 – 56,08%; 0 – 11,64%. Было изготовлено 15 различных составов раствора (см. таблицу). Факторами эксперимента были содержание цемента, извести и песка в долях объема. Составные части раствора изменяли в таких пределах: цемент  $0,5 \leq x_1 \leq 1,5$ ; известь  $0,35 \leq x_2 \leq 0,65$ ; песок  $4,5 \leq x_3 \leq 6,5$ . Количество воды принимали при условии погружения эталонного конуса на  $10 \pm 1$  см, что позволило использовать раствор как при ручных, так и при автоматизированных штукатурных работах [3, 4].

Прочность и модуль упругости при сжатии и растяжении, а также деформативные свойства определяли на образцах в 28-суточном возрасте. Кубиковая прочность образцов, изготовленных на пористом основании и в формах со стальным основанием, различается незначительно [1]. Поэтому в проводившихся исследованиях образцы готовили в формах со стальным основанием и выдерживали в них 2 сут при температуре помещения  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  и относительной влажности воздуха 95–100%. В дальнейшем образцы в течение 3 сут после распалубки хранили в помещении при относительной влажности воздуха 95–100%, а затем до испытаний – при относительной влажности воздуха  $65 \pm 10\%$ .

Кубиковую прочность раствора при сжатии определяли на образцах со стороной 7,07 см, призмическую прочность, деформации сжатия и усадки – на образцах

№№ составов	Состав раствора			Прочность, МПа			Модуль упругости E, МПа	Предельные значения относительных деформаций		
	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	при сжатии		на растяжение при изгибе R <sub>тб</sub>		сжатия ε <sub>c,ul</sub> · 10 <sup>5</sup>	растяжения ε <sub>t,ul</sub> · 10 <sup>5</sup>	усадки ε <sub>sh6,ul</sub> · 10 <sup>5</sup>
				кубиковая R <sub>ck</sub>	призмическая R <sub>cp</sub>					
1	1,5	0,35	4,5	10,2	9,39	1,53	10400	123	23	99
2	0,5	0,35	4,5	1,5	1,36	0,7	2380	85	21	55
3	1,5	0,65	4,5	9,5	7,83	1,29	8050	144	25	165
4	0,5	0,65	4,5	1,5	1,1	0,6	2610	91	20	61
5	1,5	0,35	6,5	5,7	5,25	1,2	7740	86	–	74
6	0,5	0,35	6,5	0,7	0,55	0,32	2000	53	19	36
7	1,5	0,65	6,5	5,4	4,08	1,15	5070	114	–	75
8	0,5	0,65	6,5	0,54	0,55	0,19	2470	68	–	56
9	1,5	0,5	5,5	6,85	6,15	1,22	7130	185	22	76
10	0,5	0,5	5,5	1,1	0,9	0,42	1900	132	21	45
11	1	0,35	5,5	4	3,17	1,01	5720	128	16	46
12	1	0,65	5,5	3,16	3,22	0,91	3920	184	25	71
13	1	0,5	4,5	5,2	4,59	1,07	6470	121	17	75
14	1	0,5	6,5	2,9	2,59	0,86	4550	79	–	69
15	1	0,5	5,5	4,1	3,12	0,9	4830	95	20	70

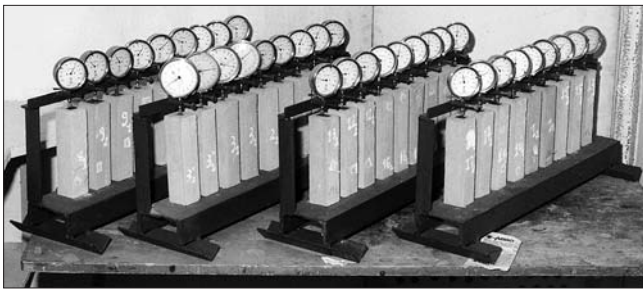


Рис. 1. Общий вид проведения эксперимента по измерению деформаций усадки

4×4×16 см, а прочность на растяжение при изгибе на образцах 7,07×7,07×28 см.

Деформации образцов из раствора при сжатии и растяжении при изгибе измеряли волоочными тензодатчиками и тензометром ALMEMO 5590-2. Деформации усадки начинали измерять в 2-суточном возрасте, не позже чем через 4 ч после их распалубки. Образцы выдерживали в помещении с относительной влажностью воздуха 60±5% и температурой 20±2°C. Общий вид проведения эксперимента по измерению деформаций усадки показан на рис. 1.

На основании математико-статистической обработки результатов испытаний (см. таблицу) установлено, что зависимость кубиковой прочности при сжатии ( $R_{ck}$ ), МПа от состава цементно-известкового раствора имеет вид:

$$R_{ck} = 6,7 + 15,9x_1 - 3,9x_3 + 0,4x_3^2 - 1,7x_1 \cdot x_3, \quad (1)$$

зависимость призмной прочности при сжатии ( $R_{cp}$ ), МПа:

$$R_{cp} = -5,2 + 14,6x_1 + 0,5x_3 - 1,6x_1 \cdot x_3, \quad (2)$$

Прочность на растяжение при изгибе ( $R_{tb}$ ), МПа в зависимости от состава раствора можно представить уравнением

$$R_{tb} = 1,1 + 0,8x_1 - 0,4x_2 - 0,15x_3, \quad (3)$$

На трещиностойкость штукатурных растворов основное влияние оказывает как прочность при растяжении, так и деформативные свойства штукатурки. На основании экспериментальных данных установлено: модуль упругости раствора  $E$ , МПа описывается уравнением

$$E = -5874 + 17213x_1 + 5453x_2 + 472x_3 - 9533x_1 \cdot x_2 - 1280x_1 \cdot x_3, \quad (4)$$

предельные относительные деформации при сжатии  $\epsilon_{c,ul} \cdot 10^5$

$$\epsilon_{c,ul} = -1066 - 79x_1 - 417x_2 + 486x_3 + 50x_1^2 + 452x_2^2 - 46x_3^2 + 48x_1 \cdot x_2, \quad (5)^*$$

Предельные относительные деформации усадки  $\epsilon_{sh,ul} \cdot 10^5$  можно вычислить по уравнению

$$\epsilon_{sh,ul} = -68 + 172x_1 + 79x_2 + 8x_3 - 23x_1 \cdot x_3, \quad (6)$$

Имея предельные относительные деформации усадки, характер роста этих деформаций и промежуточные значения во времени, необходимые в расчетах, можно определять промежуточные деформации усадки по известной формуле

$$\epsilon_{sh}(t) = \epsilon_{sh,ul} \cdot (1 - e^{-\beta t}), \quad (7)$$

где  $t$  – продолжительность усадки, сут;  $\beta$  – эмпирический коэффициент, зависящий от состава раствора и скорости протекания усадки.

Для определения коэффициента  $\beta$  на основании регрессионного анализа результатов исследований получено следующее уравнение

$$\beta = 0,28 - 0,17x_1 + 0,055x_3, \quad (8)$$

Согласно уравнениям (1) и (2), прочность при сжатии штукатурного раствора от содержания извести практически не зависит. Однако непосредственный анализ данных таблицы показывает, что известь увеличивает прочность слабых растворов и снижает прочность более прочных растворов. Как видно из рис. 2 значения кубиковой прочности при сжатии, рассчитанные по уравнению (1) и в соответствии со СН 290–74 [4] при плотности цемента 1,2 кг/л, достаточно хорошо согласуются. Соотношение кубиковой и призмной прочности при сжатии, по данным выполненных испытаний, в среднем составляет  $R_{cp} = 0,83 R_{ck}$ .

Трещиностойкость штукатурного слоя в значительной степени зависит от его прочности при растяжении. Составы штукатурного раствора и экспериментальные значения его физико-механических показателей приведены в таблице. Анализ полученных результатов показывает, что при увеличении содержания извести прочность при растяжении снижается у прочных растворов, а у слабых растворов явной тенденции влияния не наблюдается.

Согласно уравнению (4) наибольшее влияние на величину модуля упругости оказывает соотношение содержания цемента и песка. При более высокой прочности раствора при сжатии (более 3 МПа) увеличение содержания извести снижает модуль упругости, а при низкой прочности при сжатии (менее 2 МПа) – повышает. Как и для бетона, значения модулей упругости раствора при сжатии и растяжении приняты одинаковыми.

На деформативность штукатурного раствора влияют все три его компонента. Однако наибольшее влияние оказывает соотношение цемента и песка. Результаты испытаний, а также анализ уравнения (5) свидетельствуют о положительном влиянии извести на предельные деформации как при сжатии, так и при растяжении.

При увеличении содержания извести возрастает пластическая составляющая деформации (рис. 3, графики 2, 3). На предельную деформативность при сжа-

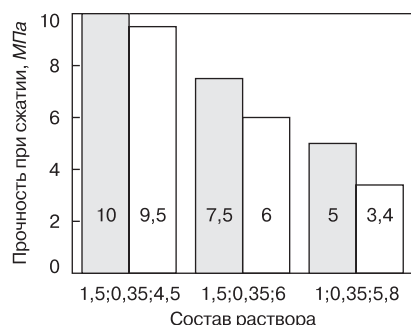


Рис. 2. Кубиковая прочность при сжатии раствора различных составов согласно □ уравнению (1) и ■ СН 290–74 (4)

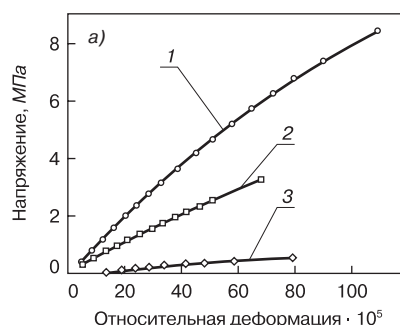
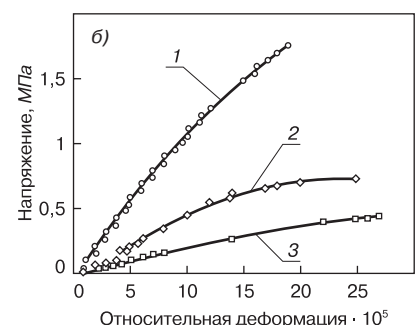
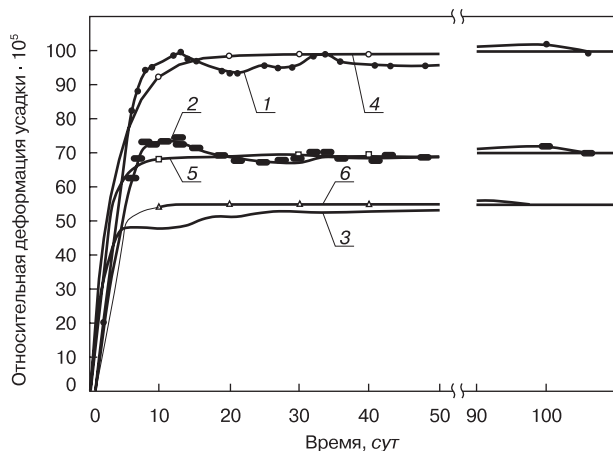


Рис. 3. Рост деформаций при сжатии (а) и растяжении при изгибе (б) в зависимости от состава раствора, об. %: 1 – 1,5;0,35;4,5; 2 – 1,0;5,5;5; 3 – 0,5;0,65;6,5



\* Уравнение адекватно при уровне значимости  $\alpha = 0,01$ , а уравнения (1–4) и (6–8) адекватны при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ .



**Рис. 4.** Развитие деформаций усадки во времени для состава раствора, об. %: 1 – 1,5:0,35:4,5; 2 – 1:0,5:6,5; 3 – 0,5:0,35:4,5 (экспериментальные значения). 4, 5, 6 – значения, вычисленные по формулам (6–8)

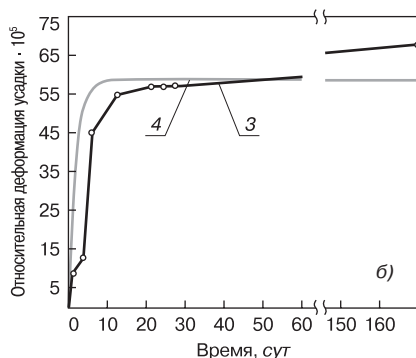
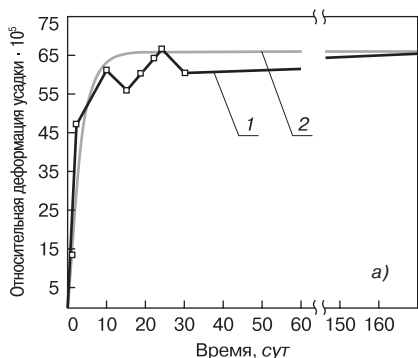
тии и растяжении существенное влияние оказывает содержание песка.

Результаты выполненных исследований показывают, что основное влияние на усадку раствора оказывает содержание цемента, известь влияет меньше. При повышении содержания цемента и извести усадка увеличивается, и при этом рост ее происходит с меньшей скоростью. Это можно объяснить тем, что повышенное содержание цемента и извести требует большего количества воды для приготовления раствора, что является основной причиной возрастания усадки. Увеличение времени роста деформаций усадки положительно влияет на трещиностойкость штукатурного слоя, так как успевают проявиться релаксационные процессы.

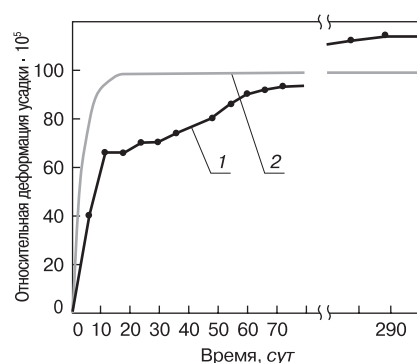
Изображенные на рис. 4 кривые относительных деформаций усадки показывают, что основная их часть происходит в первые 8 сут, а после 20 сут их рост практически прекращается. Следует отметить, что аналогичный характер роста усадки получен и при исследовании раствора для каменной кладки [2, 5].

Относительные деформации усадки (рис. 5), рассчитанные по предлагаемым уравнениям (6–8), достаточно хорошо согласуются с результатами, полученными в работе [5]. Подобная аналогия наблюдается и в других исследованиях [1], (рис. 6).

Как показывают экспериментальные данные (см. таблицу), при изменении соотношения компонентов в составе раствора с 0,5:0,35:6,5 до 1,5:0,65:4,5 предельные относительные деформации усадки увеличиваются приблизительно в 4,6 раза, прочность на растяжение при изгибе и модуль упругости в 4 раза соответственно, а предельные относительные деформации на растяже-



**Рис. 5.** Деформации усадки раствора составов, мас. ч. (цемент:известь:песок:вода): а) 1:0,2:3,75:0,65; б) 1:0,8:7,5:1,7. Графики согласно [5]: 1 – при температуре воздуха 50°C и относительной влажности 75%; 3 – то же, 50°C, 92%. Графики 2 и 4 вычислены по уравнениям (6–8)



**Рис. 6.** Деформации усадки раствора состава, мас. ч. 1:0,7:5,5:0,65 (цемент:известь:песок:вода): 1 – данные [1]; 2 – вычислены по формулам (6–8)

ние при изгибе только в 1,3 раза. Если слой штукатурки нанесен на стену, которая сдерживает ее деформации усадки, то, как известно, напряжение в слое штукатурки будет равняться произведению величин деформации и модуля упругости. Поэтому увеличение содержания цемента повышает напряжение намного быстрее, чем прочность при растяжении. Эта разница напряжений является одной из главных причин появления трещин в штукатурном слое. Подбором состава раствора можно регулировать величину деформаций усадки и тем самым влиять на появление в штукатурном слое трещин и уменьшение их раскрытия.

На основании результатов исследований, изложенных в статье, можно сделать следующие выводы:

- подбором состава штукатурного раствора можно достичь наибольшей прочности на растяжение при изгибе и деформативности, а также наименьших деформаций усадки и, тем самым, избежать появления трещин в штукатурном слое. Наилучшие результаты получены для составов с соотношением компонентов 0,5:0,35:4,5 и 0,5:0,5:5,5;
- повышенный расход цемента в большей степени увеличивает деформации усадки по сравнению с предельными деформациями растяжения при изгибе. При снижении соотношения цемент:песок деформации усадки уменьшаются;
- содержание извести в тощих ( $R_{ck} < 2 \text{ МПа}$ ) цементно-известковых растворах увеличивает их прочность при сжатии и модуль упругости, а в любых других растворах увеличивает предельные деформации сжатия, растяжения при изгибе и усадку. Содержание извести в прочных ( $R_{ck} > 3 \text{ МПа}$ ) цементно-известковых растворах уменьшает прочность при сжатии, растяжение при изгибе, а также модуль упругости и во всех цементно-известковых растворах уменьшает скорость роста деформаций усадки.

#### Список литературы

1. Поляков С.В. Сцепление в кирпичной кладке. М.: Госстройиздат. 1959. 82 с.
2. Поляков С.В. Длительное сжатие кирпичной кладки // Научное сообщение. Вып. 11. М.: Госстройиздат. 1959. 181 с.
3. ГОСТ 5802–86. Растворы строительные. Методы испытаний. М.: Изд. стандартов. 1986. 22 с.
4. СН 290–74. Инструкция по приготовлению и применению строительных растворов. М.: Стройиздат. 1975. 72 с.
5. O.Z. Cebei, S.I. A-Noury, W.H. Mirza. Strength and Drying Shrinkage of Masonry Mortars in Various Temperature – Humidity Environments // Jour. «Cement and Concrete Research», vol. 19, № 1. USA: Pergamon, 1989. P. 53–62.

М.А. НИСНЕВИЧ, д-р техн. наук, Г.А. СИРОТИН, канд. техн. наук, Академический Колледж Иудеи и Самарии, Исследовательский институт (Ариель, Израиль)

## Утилизация попутных продуктов горения угля в промышленности строительных материалов

Обзор 15-го Международного симпозиума «Управление производством и использование продуктов горения угля»

В январе 2003 г. в городе Ст. Петерсбург (Флорида, США) состоялся 15-й Международный симпозиум «Управление производством и использование продуктов горения угля», организованный Американской ассоциацией угольных зол (АСАА). На симпозиуме заслушано 95 докладов по различным аспектам этой проблемы. Ряд технологических решений и образцов оборудования были представлены на выставке, устроенной в рамках симпозиума.

Контроль за производством и утилизация продуктов горения углей (ПГУ) являются крупной экономической и экологической проблемой. Годовой объем производства этих продуктов уступает только объему выпуска нерудных строительных материалов и в 2000–2001 гг., составил в США 107 млн т, Европейском Союзе (ЕС) – 59 млн т в, Японии – 8,4 млн т (доля угля в топливном балансе Японии 17%).

Координация работы в области производства, маркетинга, определения эффективных направлений использования ПГУ для получения конкурентно способных на рынке и экологически чистых материалов осуществляется в США АСАА. В ЕС аналогичные функции выполняет Европейская ассоциация продуктов горения угля (ЕСОВА). Ее ассоциированными членами являются организации Канады, Японии и Израиля.

К основной номенклатуре ПГУ относят:

- золу-унос (fly ash), получаемую электростатическим или механическим осаждением мелких частиц из топливных газов;
- шлак (bottom ash) – пористый материал, получаемый в сухих топках (обычно с гидроудалением);
- котельный шлак (boiler slag) – стекловидный гранулированный материал, получаемый в мокрых топках;

– фосфогипс (FGD gypsum) – продукт обессеривания топливных газов.

В табл. 1 приведено распределение ПГУ по видам за 2000–2001 гг.

Производство ПГУ за период 1990–2000 гг. в США увеличилось на 21%, при росте производства фосфогипса на 58%. Повышение удельного веса фосфогипса отмечается и в 2000–2002 гг. Аналогичная тенденция наблюдается и в ЕС. При росте общего объема ПГУ в 1993–2000 гг. около 4,3%, производство фосфогипса увеличилось в 2,7 раза. Из 10,6 млн т фосфогипса (2000 г.) 7 млн т произведено в Германии.

**Утилизация продуктов горения угля.** В табл. 2 приведены данные за 2000–2001 гг. За период 1992–2002 гг. объем утилизации ПГУ в США увеличился на 70%, существенно опережая объем роста их образования. При этом объем утилизации золы-уноса вырос на 67%, а фосфогипса в 10 раз.

Объем утилизации золы-уноса в ЕС увеличился за период 1993–2000 гг. с 34 до 40 %, а шлака – с 25 до 40%. В Японии объем утилизации угольных зол увеличился с 50% в 1990 г. до 82 % в 2000 г.

Структура использования ПГУ в США (2001 г.) представлена в табл. 3.

Структура использования ПГУ в ЕС в 2000 г. характеризуется следую-

Таблица 1

Страны	Продукты горения угля							
	Зола-унос		Шлак		Котельный шлак		Фосфогипс	
	млн т	%	млн т	%	млн т	%	млн т	%
США	61,8	57,7	17,1	16	2,3	2	25,9	24,2
ЕС	38,9	66	5,6	9,5	2,4	4	10,6	18

Таблица 2

Страны	Продукты горения угля									
	Зола-унос		Шлак		Котельный шлак		Фосфогипс		Всего	
	млн т	%*	млн т	%*	млн т	%*	млн т	%*	млн т	%*
США	19,98	32,3	5,19	30,4	1,65	71,7	6,88	28	33,7	31,3
ЕС**	17,89	46	2,24	40	2,4	100	7,63	72	30,16	52,4
Япония	***		***		***		***	***	6,89	82

\* От общего выпуска продукта; \*\* без учета продуктов, используемых для рекультивации открытых горных разработок; \*\*\* нет данных

Области использования, % к общему объему утилизации	Зола-унос	Шлак	Котельный шлак	Фосфогипс
Добавки к цементу, бетону, раствору	56,1	13,7	–	6,4
Сырье для цементного клинкера	4,7	2,8	–	0,4
Наполнители для различных целей	16,3	20,4	0,6	2,4
Дорожное строительство: основание дорог минеральный порошок	4,8 0,5	10,5 0,2	– 0,6	0,6 –
Замена мелкого песка в технологии кровельных материалов и других целей	–	0,7	81,8	–
Горное дело	3,7	1,8	–	1,6
Стеновые элементы	–	–	–	82,1
Прочие	10,6	48	17	6,5

щими данными. Зола-унос: добавки к бетону – 33%; добавки к цементу – 10,7%; цементное сырье – 23,4%; бетонные блоки – 6,1%; дорожное строительство – 21,9%. Шлак: бетонные блоки – 45,9%; цемент – 7,3%; легкий заполнитель – 2,3%. Котельный шлак: дорожное строительство – 51,8%; замена мелкого песка – 30,7%; растворы – 7,1%; бетоны – 6,6%. Фосфогипс: сухая штукатурка – 58,9%; гипсовые блоки – 3,2%; штукатурные работы – 10,2%; самовыравнивающиеся полы – 17,3%. В Германии 50% потребности в гипсовом сырье обеспечивается использованием фосфогипса.

В Японии (2001 г.) ПГУ используются как цементное сырье – 64%; добавки к цементу – 7% и в строительстве – 5%.

Таким образом, ведущими направлениями использования золы-уноса являются: технология бетона и цемента (США), технология бетона и цемента, а также дорожное строительство (ЕС), технология цемента (Япония). Ведущими направлениями использования шлака, кроме бетонной технологии, являются наполнители для общестроительных и дорожных работ.

Качество золы-уноса, используемой в бетоне, регламентируется стандартами ASTM C618 (США), EN 450 (ЕС) и национальными стандартами.

В ряде докладов анализируются результаты исследования и развития новых технологий утилизации ПГУ.

**Использование золы-уноса и шлака в технологии бетона.** Высокозоленные бетоны (V. Malhotra и др., Канада) наряду с экономией цемента позволяют получить более высокую водонепроницаемость и долговечность, повысить сопротивление действию агрессивных сред и реакции кремниевых заполнителей с щелочами цемента. В докладе K. Copeland и др. (США) поддерживается направление использования больших объемов низкокальциевой золы в технологии бетона (до 50% от суммарной массы цемента Ц и золы З) с учетом ее пуццоланового эффекта. 54% товарного бетона в США выпускается с использованием золы. Содержание золы в бетоне составляет 15–20% от суммы Ц+З. Увеличение содержания до 25–30% позволит дополнительно утилизировать 10 млн т золы.

Приведен пример, подтверждающий эффективность производства высокозоленных цементов: при содержании золы в соотношении 3/(Ц+З) 51% и снижении расхода цемента до 182 кг/м<sup>3</sup> при водовытесном отношении В/(Ц+З) = 0,35 достигнута прочность бетона R<sub>28</sub> = 50 МПа.

В докладе T. Naik и др. (США) показана возможность получения конструкционного бетона с прочностью R<sub>28</sub> = 35 МПа при использовании золы, складируемой гидравлическим способом. Содержание золы 3/(Ц+З) составило 22–35%.

Установлено, что ультрамелкая зола повышает прочность, долговечность и удобоукладываемость бетона. Получен бетон с прочностью R<sub>28</sub> = 55 МПа и высоким сопротивлением таким агрессивным средам как морская вода (доклад K. Obla, США).

Изучена эффективность использования шлаков в тяжелых и легких бетонах (доклад N. Ghafoori, C. Alarcon, США). Сухой шлак применялся для устранения влияния воды, связанной со шлаком, на результаты испытания. Выявлено снижение прочности бетона при замене песка шлаком: в 28-дневном возрасте – на 20% при полной замене песка и на 10% при 50%-ной замене. В 60-дневном возрасте прочность снизилась соответственно на 2,5% и 2%. В 90-дневном возрасте наблюдалось увеличение прочности образцов со шлаком на 1%.

В докладе M. Nisnevich, G. Sirotnin, Y. Eshel (Израиль) освещена технология комплексной утилизации больших объемов шлака и золы-уноса для производства легкого бетона. Комбинированное применение шлака и золы дает возможность использовать преимущества каждого продукта, а также компенсировать низкую прочность пористого шлака. Высокопористый шлак обеспечивает снижение плотности бетона и повышение его термического сопротивления. Большой объем золы обеспечивает повышение прочности и долговечности бетона за счет снижения объема пустот в бетонной смеси и в определенной мере пуццоланового эффекта. Ре-

зультаты лабораторных и промышленных испытаний подтвердили эффективность предложенной технологии. Легкий бетон на основе шлака и золы-уноса является перспективным материалом для производства стеновых блоков, панелей и элементов перекрытий.

R. Kreamer (США) исследовал химические и физические свойства золы, определяющие условия ее применения в качестве главного компонента легких поризованных бетонов. Предложена технология, исключающая применение автоклавирования путем использования аутогенного тепла, возникающего в бетонной смеси при гидратации цементно-золенной матрицы.

В докладе G. Colaizzi (США) рассмотрена технология золопенобетона, позволяющая избежать осаждение пены, полученной с помощью пенообразователей, особенно эффективная при использовании золы с большим содержанием угля. Осаждение пены происходит при реакции золы с реагентами, применяемыми для образования пены. Разработан реагент, не вызывающий реакции с золой. Полученный пенобетон является перспективным материалом для различных областей строительства, в том числе производства легких заполнителей.

**Использование золы-уноса в технологии цемента.** В ряде докладов освещены вопросы использования золы в качестве цементного сырья.

В докладе J. Hicks (США) рассмотрены быстротвердеющие цементы и цементы для стеновых конструкций на основе высококальциевых зол класса С (ASTM C618). Цементы состоят из 80% золы, примененной в комбинации с добавками. Быстротвердеющий цемент характеризуется временем схватывания 15–20 мин., высокой активностью, низкой водо-



потребностью. Бетоны на их основе имеют высокие морозостойкость, долговечность, сульфатостойкость. Бетоны для стеновых конструкций также обладают хорошими строительными свойствами.

**Использование ПГУ в технологии легких заполнителей.** В докладе А. Misra (США) рассмотрены результаты исследования легких заполнителей на основе золы-уноса класса С по ASTM C618 (содержание СаО>22%). Принято водозольное отношение 0,2–0,4 (цемент не применялся), отношение песка и золы варьировалось в пределах 1,5–2,5. Для повышения прочности заполнителей рассмотрена возможность применения микроволокон. Прочность полученного материала в семидневном возрасте равна 10 МПа. Заполнители изготавливались методом экструзии.

Доклад М. Wu и др. (США) посвящен методам изготовления заполнителей из сухих и влажных распыленных продуктов обессеривания топочных газов. Описана опытная установка для их изготовления. Полученные легкие и средней массы заполнители отвечают стандартным требованиям и предназначены для использования в производстве стеновых блоков и дорожных конструкций.

**Использование золы-уноса в производстве кирпича.** В докладе М. Chou

и др. (США) изложены результаты разработки технологического процесса производства керамического кирпича с использованием большого объема низкокальциевой золы класса F (ASTM C618). Зола применена вместо кварцевого песка, который играет существенную роль в процессах формования, сушки и обжига. Исследованы сырьевые смеси с содержанием золы от 20 до 70%. Установлено, что добавка золы повышает прочность кирпича и значительно снижает его водопоглощение.

Компания Pittsburgh Mineral & Environmental Technology (PMET), Inc. (США) представила технологию производства автоклавного кирпича, содержащего до 90% угольных зол. Прочность такого кирпича соответствует прочности керамического обожженного кирпича и превосходит прочность бетонных блоков.

**Обогащение зол.** Технология и оборудование для обогащения зол были представлены рядом промышленных компаний. В докладе K.S. Park и др. (Южная Корея) показано значение удаления из золы несгоревших частиц угля. Эти частицы, имеющие меньшую плотность, чем цемент и зола-унос, и легко коагулирующие, способствуют расслаиванию бетонной смеси, снижая прочность затвердевшего бетона. В случае использования мно-

гостадийного классификатора потери при прокаливании (ППП) были снижены с 8,4 до 2,9%.

Упомянутая выше компания PMET представила одностадийную технологию обогащения зол, основанную на применении струйной мельницы и воздушного классификатора. ППП золы по этой технологии снижается в 2–3 раза.

Компания Separation Technologies, Inc. (США) продемонстрировала электростатический сепаратор для выделения несгоревшего угля. Разделение основано на том, что в электрическом поле частицы золы заряжаются отрицательно, а частицы угля – положительно.

Ряд компаний доложили о проектах комплексной обработки золы (выделение и сжигание несгоревших частиц угля, складирование обогащенной золы, ее отгрузку и др.).

В ряде докладов рассмотрены вопросы извлечения из золы редких металлов.

Новые технологические решения и результаты исследований, представленные на 15-м Международном симпозиуме «Управление производством и использование продуктов горения угля», могут быть использованы для повышения эффективности утилизации отходов в промышленности строительных материалов.



весоизмерительная техника  
мирового уровня

МЕТРА

---

- СИСТЕМЫ ВЕСОВОГО УЧЁТА
- ВЕСОВЫЕ ИНДИКАТОРЫ «МИКРОСИМ»
- ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ ВЕСЫ



- Платформенные
- Автомобильные
- Вагонные
- Монорельсовые
- Конвейерные

- МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ВЕСОВ
- ДОЗАТОРЫ
- ТЕНЗОДАТЧИКИ

---

▶▶▶

**ООО НПП «МЕТРА»**

Россия, 249038, Калужская обл., Обнинск, а/я 8128  
Тел.: (08439) 39338, 41003 • Факс: (08439) 40191  
в Москве: Тел.: (095) 7774184 • Факс: (095) 7774185  
E-mail: info@metra.ru

www.metra.ru

ОАО НИИСТРОММАШ

п р е д л а г а е т

- Кирпичные заводы годовой мощностью от 5 до 80 млн штук условного кирпича. Полный комплекс услуг или их часть по строительству, реконструкции и техническому перевооружению кирпичных заводов.
- Современные системы автоматического управления и регулирования. Автоматизация проектируемых и действующих производств.
- Оборудование и заводы под экологические программы. Технологии использования техногенных отходов, попутного и местного сырья при производстве:
  - гипсобетона на основе отходов бумажных производств и фосфогипса;
  - торцевого паркета из отходов лесозаготовок и лесопереработки;
  - экструзионного топлива с применением отходов.
- Заводы по производству ячеисто-бетонных блоков годовой мощностью от 20 до 35 тыс. м³.
- Автоматизированное оборудование для производства гипсовых и гипсобетонных строительных изделий.
- Участки по формованию S-образной черепицы методом пластического формования для действующих кирпичных заводов.

---

Россия, 188300 г. Гатчина, Ленинградская обл., ул. Железнодорожная, 45

Тел.: (81271) 396-19, (812) 235-3076  
факс: (81271) 378-44, (812) 230-9374

e-mail: niism@gtn.ru  
<http://www.gatchina.ru/business/strommash>

## Новый европейский стандарт на клинкерный дорожный кирпич

По материалам журнала *Ziegelindustrie International* за 2003 г.

Благодаря долговечности, устойчивости цвета и высокой морозостойкости дорожный кирпич является экономичным и эстетичным материалом для мощения различных дорожных покрытий и укладки полов зданий с высокой эксплуатационной нагрузкой.

В июле 2002 г. Немецкий институт стандартов (DIN) опубликовал гармонизированный европейский стандарт на кирпичную продукцию DIN EN 1344 «Дорожный клинкерный кирпич (Pflasterziegel) — требования и методы испытания», который с января 2004 г. заменит ныне действующий DIN 18503. Отсрочка ввода стандарта вызвана тем, что производители и потребители должны подготовиться к изменениям в маркировке, требованиях, методах испытания. Новый стандарт будет применяться во всех странах Европейского Союза, в Чешской Республике, Эстонии, на Мальте и в Швейцарии.

Принятое в новом стандарте деление изделий на классы позволяет варьировать уровни требований, гарантируя высокое качество. Главным достоинством рассматриваемого европейского стандарта является универсальность методов испытаний, позволяющих проводить прямые сопоставления различных изделий. В таблице сопоставлены требования действующего DIN 18503 и вводимого DIN EN 1344.

**Форма и размеры.** В стандарте EN 1344 приводятся различия между дорожным кирпичом, предназначенным для мягкой укладки на песчаную основу, и требующим жесткой укладки на бетонную основу. Для мягкой укладки на песчаную основу дорожный кирпич может иметь заостренные шипы. Для укладки кирпича на бетонную основу на дорожном кирпиче предусматривается сетка для растворного шва толщиной 10 мм.

Регламентируемыми являются габаритные размеры — длина, ширина и толщина изделий. Рабочая толщина дорожных кирпичей, укладываемых на песчаное основание, должна быть не менее 40 мм, укладываемых на бетонную основу — не менее 30 мм. Длину, ширину и толщину изделий измеряют вручную штангенциркулем.

Выделены два класса. Требования нового стандарта исключают прямое сравнение по размерам образцов, но размеры находятся около одного значения. В соответствии с DIN EN 1344 производители также имеют возможность заявлять и меньшие допуски.

**Прочностные свойства.** Новый европейский стандарт устанавливает пять классов по прочности при изгибе.

Класс T0 не предъявляет требований к прочности. Изделия, относящиеся к этому классу, допустимо укладывать на бетонное основание. Предполагается, что под цементным раствором располагается жесткое основание и дорожный кирпич предназначен только для передачи, а не для восприятия нагрузки.

Дорожный кирпич классов T1 и T2 используют на дорогах, подвергающихся небольшим нагрузкам, например, используемых для прохождения одиночных автомобилей, а классов T3 и T4 — на дорогах, где допускается движение грузовиков.

Приведенные в таблице значения поперечной разрушающей нагрузки для классов T1–T4 отличаются допустимым диапазоном изменений. Это отражает различные

национальные интерпретации. Классы T1 и T3 допускают меньшие единичные значения. Классы T2 и T4 соответствуют действующему германскому закону, в соответствии с которым наименьшее единичное значение должно по крайней мере составлять 80% от среднего значения.

Определение поперечной разрушающей нагрузки проводится после предварительного помещения образцов в воду на 16 ч. Поперечная разрушающая нагрузка не должна определяться для образцов с общей длиной, равной или меньшей 80 мм.

Новый европейский стандарт не предусматривает определение прочности при сжатии в связи с тем, что ее значение не коррелирует с теми нагрузками, воздействию которых подвергается дорожный кирпич. Например, нагрузка колеса 5-тонного грузовика на поверхность дорожного кирпича составляет 1 Н/мм<sup>2</sup>.

**Устойчивость к попеременному замораживанию и оттаиванию.** Морозостойкость существенное с точки зрения долговечности свойство дорожного кирпича. В ходе проектирования европейского стандарта был разработан новый метод испытания морозостойкости. Для этого с помощью пяти методик из четырех стран были выполнены сопоставительные испытания восьми видов дорожного кирпича. В исследованиях приняли участие Франция, Нидерланды, Великобритания и Германия. Оказалось, что только при испытании по методике Великобритании для всех образцов достигается совпадение результатов определений с показателями, декларированными поставщиками. Поэтому эта методика принята за основу.

В соответствии с новой методикой определения морозостойкости десять клинкерных дорожных кирпичей соединяют в панель, с пяти сторон панель заключают в теплоизоляционный материал, а с незащищенной поверхности подвергают замораживанию и оттаиванию.

Первый цикл начинается с замораживания продолжительностью более 6 ч. Затем открытую поверхность панели подвергают обдуву нагретым воздухом и в течение 2 мин опрыскивают водой. В результате эта поверхность оттаивает, нижележащие слои кирпича остаются замороженными. Затем оттаявшую часть кирпича подвергают быстрому замораживанию, при этом два ледяных фронта внутри кирпича перемещаются навстречу друг другу. В ходе последовательных циклов «замораживание — оттаивание» в теле кирпича на глубине 5–15 мм возникают напряжения, которые при испытании неморозостойкого кирпича вызывают его разрушение.

При подготовке проб, чтобы приблизиться к реальным условиям повышенного водонасыщения кирпичей, предложено погружать их в воду температурой 80°C на 24 ч.

В рассматриваемом европейском стандарте выделены два класса по морозостойкости.

Класс FP0 используют в дорожных покрытиях южных стран или для укладки пола в помещениях.

**Сопrotивление истиранию.** Мощеные поверхности должны при дорожном движении долговечно сохранять форму, на них не должны появляться неровности. Утверждение о долговечности мощеного кирпичом покрытия может быть сделано по результатам ее испытания на сопротивление истиранию. Для этой цели приме-

Характеристика	Требования DIN 18503	Требования DIN EN 1344																
Длина и ширина	Допустимое отклонение от рабочего размера $\pm 3\%$ , но максимально $\pm 6$ мм	Допустимое отклонение от рабочего размера «d», мм Среднее значение $\pm 0,4 \sqrt{d}$																
Толщина	Допустимое отклонение от рабочего размера $\pm 3\%$ , но максимально $\pm 2$ мм	Допустимый диапазон отклонений: Класс R0 не регламентируется Класс R1 – $0,6 \sqrt{d}$																
Прочность	Прочность при растяжении на изгиб: среднее значение – 10 Н/мм <sup>2</sup> (мин); единичное значение – 8 Н/мм <sup>2</sup> (мин). Гарантируется прочность при сжатии: среднее значение 80 Н/мм <sup>2</sup> (мин); единичное значение 70 Н/мм <sup>2</sup> (мин)	Поперечная разрушающая нагрузка, Н/мм																
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Класс</th> <th>Среднее значение</th> <th>Единичное значение</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T0</td> <td colspan="2">Не регламентируется</td> </tr> <tr> <td>T1</td> <td>30</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>T2</td> <td>30</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>T3</td> <td>80</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>T4</td> <td>80</td> <td>64</td> </tr> </tbody> </table>	Класс	Среднее значение	Единичное значение	T0	Не регламентируется		T1	30	15	T2	30	24	T3	80	50	T4
Класс	Среднее значение	Единичное значение																
T0	Не регламентируется																	
T1	30	15																
T2	30	24																
T3	80	50																
T4	80	64																
Морозостойкость	25 циклов замораживания – оттаивания	Два класса по морозостойкости: FP0: не регламентируется, FP100 – 100 циклов замораживания – оттаивания																
Сопротивление истиранию	Допустимые потери при истирании 20 см <sup>3</sup> /50 см <sup>2</sup> (макс)	Истирание (мм <sup>3</sup> )																
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Класс</th> <th>Истираемый объем</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A1</td> <td>2100</td> </tr> <tr> <td>A2</td> <td>1100</td> </tr> <tr> <td>A3</td> <td>450</td> </tr> </tbody> </table>	Класс	Истираемый объем	A1	2100	A2	1100	A3	450								
Класс	Истираемый объем																	
A1	2100																	
A2	1100																	
A3	450																	
Сопротивление скольжению	Не регламентируется	Результаты испытаний с помощью маятникового определителя трения																
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Классы</th> <th>Единиц SRT не более</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>U0</td> <td colspan="2">Не регламентируется</td> </tr> <tr> <td>U1</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>U2</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>U3</td> <td>55</td> </tr> </tbody> </table>	Классы	Единиц SRT не более	U0	Не регламентируется		U1	35	U2	45	U3	55					
Классы	Единиц SRT не более																	
U0	Не регламентируется																	
U1	35																	
U2	45																	
U3	55																	
Кислотостойкость	Испытание по согласованию в соответствии с DIN 51102	Испытание в соответствии евро стандартом, кислотостойкость маркируется «С»																

няют испытание «Capontest», описанное в EN 102 и заимствованное из методики испытания черепицы. При таком испытании вращающийся стальной диск диаметром 200 и толщиной 10 мм прижимают в течение определенного времени к поверхности дорожного кирпича и добавляют абразивный материал. Затем измеряют длину и глубину образовавшейся на поверхности кирпича канавки и рассчитывают объем стертого материала.

Наибольшие требования по сопротивлению истиранию предъявляет класс А3. В соответствии с требованиями этого класса наибольший объем стертого материала составляет 450 мм<sup>3</sup>, протяженность полученной при испытании канавки составляет 37,5 мм. Этому пределу отвечает требование к сопротивлению истиранию, приведенное в действующем DIN 18503, который регламентирует максимальное изменение объема при истирании 20 см<sup>3</sup>/50 см<sup>2</sup>.

**Сопротивление скольжению.** Керамический дорожный кирпич при условии, что его поверхность не отшлифована и не отполирована, характеризуется достаточным сопротивлением скольжению. В процессе формования дорожного кирпича специальный ролик наносит на нужную поверхность сырца насечки.

В рассматриваемом европейском стандарте предложен метод испытания, позволяющий определить сопротивление скольжению поверхности дорожного кирпича. Для этой цели используют маятниковый определитель трения. В стандарте для характеристики сопротивления скольжению предусмотрено четыре класса.

**Другие требования.** В рассматриваемом стандарте перечислен ряд требований, которым удовлетворяет клинкерный дорожный кирпич, но его испытание не проводится.

Керамическая природа клинкерного дорожного кирпича обеспечивает его устойчивость к воздействию кислот, высокой температуры и открытого пламени. Такой кирпич может использоваться при устройстве полов производственных помещений в пищевой, химической, нефтехимической промышленности и на объектах нефтехимии. Выложенное таким кирпичом покрытие удовлетворительно противостоит продуктам силосования и другим агрессивным веществам сельскохозяйственного производства. Клинкерный дорожный кирпич, отвечающий требованиям по кислотостойкости, относят к классу С.

**Контроль качества.** Производство клинкерного дорожного кирпича от исходного сырья до готового продукта должно сопровождаться внутренним и внешним контролем, проводимым службами контроля качества предприятия. Соответствие изделия DIN EN 1344 может быть подтверждено лишь в том случае, если на предприятии имеется сертифицированная система производственного контроля.

В нормативных документах должен быть отражен план отбора проб для контроля готового продукта. Результаты испытаний необходимо фиксировать. Используемые для испытаний устройства необходимо регулярно проверять. Частота отбора проб и испытаний должны согласоваться с положениями и критериями соответствия нормативных документов. В том случае, если режим испытаний специально не оговорен, данный стандарт регламентирует следующую минимальную частоту испытаний:

- средние значения линейных размеров – ежедневно;
- поперечная разрушающая нагрузка – еженедельно.

Только дорожный кирпич, отвечающий требованиям DIN EN 1344, может иметь европейскую маркировку соответствия CE.



# Строительная неделя Московской области

5–7 августа 2003 г.

Москва, ВВЦ

Строительная неделя Московской области – выставка, дающая старт осеннему выставочному сезону в разгар сезона строительного. Задуманная как мероприятие, призванное демонстрировать достижения подмосковных строителей в канун профессионального праздника, выставка за прошедшие годы завоевала высокий авторитет специалистов и стала привлекать предприятия и фирмы из других городов России. Организаторами мероприятия традиционно выступили Министерство строительного комплекса Московской области и Московская научно-техническая организация строителей.

Это в значительной степени обусловлено тем, что благодаря восстановленной управляемости отраслью, постоянно увеличивающимся объемам финансирования, растущей инвестиционной привлекательности подмосковный строительный комплекс прочно удерживает лидирующие позиции в Российской Федерации. В Московской области не только разрабатываются, но и успешно реализуются различные целевые программы: строительство жилья, спортивных сооружений, газовых сетей и др. Благодаря этому развивается промышленность строительных материалов и стройиндустрия, внедряются новые технологии производства и строительства.

На выставке «Строительная неделя Московской области» свои разработки, продукцию и услуги демонстрировали около 110 фирм. В экспозиции были представлены проектные организации, ведущие строительные фирмы, предприятия производители строительных материалов различного назначения, риэлторские компании и др.

Основная задача, которую перед собой ставят строители Подмоскovie – это повышение комфортности и снижение стоимости жилья с соблюдением современных требований СНиП и других нормативов. Проблема энергосбережения в строительстве по-прежнему является одной из основных.

ООО «Экстрапласт-М» с 2003 г. производит несъемную пенополистирольную опалубку домостроительной системы «Сопос», которая в последние годы находит все более широкое применение в российском строительстве. Несъемная опалубка представляет собой пустотелые блоки, которые при возведении стен и перекрытий армируют и заполняют бетоном. При этом возможно строительство зданий до 17 этажей. На систему получено техническое свидетельство Госстроя России.



Интервью Министра строительства Московской области Е.В. Серегина

**Компания «Сазис»** – одна из известных разработчиков и производителей материалов для защиты конструкций от атмосферных осадков, солнечного излучения, температурных перепадов и др. В ряду других на выставке была представлена новая разработка фирмы двухкомпонентный полисульфидный герметик «Сазиласт™61» с высокой химической стойкостью для деформационных швов, который работает при постоянном контакте с водой и агрессивными средами под давлением. Относительное удлинение материала в момент разрыва на образцах швов составляет 150%, относительное удлинение в момент разрыва не менее 300%, прочность в момент разрыва 0,6 МПа, температурный диапазон нанесения +5 – +40°C, эксплуатации – –60 – +90°C.

В Москве и Подмоскovie много и с фантазией строят из кирпича. Поэтому и экспозиция керамических материалов была весьма обширна.

Постоянно участвует в выставке **ОАО «Голицынский керамический завод»**. Его коньком является цветной кирпич: красный, коричневый, терракотовый, абрикосовый, соломенный, слоновой кости. Большой популярностью пользуются также фасонные изделия, в том числе кирпич нестандартного размера 250×60×65 мм, а также кирпич с фактурной поверхностью. Марочность голицынского кирпича до М150, морозостойкость до 100 циклов.

Наряду с традиционным строительным кирпичом ОАО «Ново-Иерусалимский кирпичный завод» выпускает специальный кирпич для реставрации. Постоянно наращивает выпуск продукции и расширяет ее ассортимент ЗАО «Каширский кирпичный завод».

«Бриллиантом строительной индустрии» называют свою облицовочную плитку под кирпич сотрудники **ОАО «Кудиновский комбинат»** из Ногинского района Московской обл. Стеновая и угловая плитка, а также различные доборные элементы выпускаются абрикосового и желтого цветов. Морозостойкость изделий 50 циклов. Выпуск этой продукции позволил кардинально изменить облик панельных домов в Москве.

Широкий ассортимент керамических строительных материалов производства известных заводов НПО «Керамика» и «Ленстройкерамика» представило ЗАО «Керамика» из Санкт-Петербурга. Особый интерес посетителей выставки вызвали несколько экзотические виды продукции: кирпич с полимерным покрытием различ-



«Бриллиант» экспозиции «Кудиновского комбината»

ных цветов, которое может быть нанесено как на пустотелые, так и на полнотелые изделия, а также высокопрочный полнотелый кирпич с колотой поверхностью. Выпускаются изделия колотые с тычка, с ложка, углом. Такой кирпич применяется не только для фасадов и цоколей, но и для оформления окон, дверей, арок, кладки печей и каминов.

Новой разработкой для массового производства является кирпич керамический одинарный с 55 пустотами (пустотность 41,5%). За счет увеличения числа пустот и уменьшения их размера повышаются теплотехнические характеристики как самого кирпича, так и кладки. Кирпич с новой конфигурацией пустот позволяет уменьшить расход раствора на 1 м<sup>3</sup> кладки на 22–25%. Это значительно снижает нагрузку на фундамент и себестоимость объекта.

ООО «Талдом Профиль» активно продвигает новую технологию строительства с использованием Термо-Блока из легких стальных профилей, в которой стеновые элементы выполняют функцию несущих панелей и одновременно являются тепловым контуром здания. Проектирование Термо-Блока производится с помощью системы трехмерного моделирования. Затем спецификация конструкций отправляется на завод, где каждый элемент изготавливается и маркируется в соответствии с чертежами, что существенно упрощает монтаж и сокращает его сроки.

Термо-Блок может успешно применяться для строительства жилых зданий высотой до 3-х этажей, коттеджей, гаражей, хозяйственных построек, магазинов, небольших промышленных цехов и общественных зданий.

Под руководством начальника научно-технического управления Мособлстроя В.П. Абарыкова в рамках выставки состоялась обширная деловая программа. Большой интерес специалистов вызвал семинар «Современные тенденции в производстве и применении высококачественных отделочных материалов фирмы «Кнауф». На нем были рассмотрены вопросы экономической эффективности применения комплектных систем Кнауф в современной отделке помещений, особенности применения Кнауф-суперлистов при устройстве полов, внедрения в практику строительства «Сборника индивидуальных элементных сметных норм расхода материалов и затрат труда на отделку помещений комплектными системами Кнауф» и др.

Внимание московских и подмосковных риэлторов привлек семинар «Недвижимость Подмосковья», на котором основными темами для обсуждения были землеустройство, развитие ипотечной программы, инвестиционно-кредитная политика.

4-я региональная выставка «Строительная неделя Московской области» вновь продемонстрировала высокий материально-технический и интеллектуальный потенциал строительного комплекса Подмосковья.



На стенде ЗАО «Керамика» всегда заинтересованные посетители

## Вниманию подписчиков и читателей журнала «Строительные материалы»!

Напоминаем, что со 2 полугодия 2003 г. издательство «Стройматериалы» выпускает группу журналов, объединенных общим названием «Строительные материалы». На первом этапе новые журналы будут выходить как приложение к основному изданию.

### Подписные индексы по объединенному каталогу «Пресса России»

По подписному индексу **87722** подписчики будут получать журналы

«Строительные материалы: наука» вместе с №9-2003 г. и с №3-2004 г.;

«Строительные материалы: technology» вместе с №11-2003 г. и с №5-2004 г.

По подписному индексу **87723** подписчики будут получать журналы

«Строительные материалы: бизнес» вместе с №8-2003 г. и с №2-2004 г.;

«Строительные материалы: архитектура» вместе с №10-2003 г. и с №4-2004 г.

Воспользуйтесь подписным купоном в этом номере журнала! Или оформите подписку через редакцию.



### Содержание журнала

#### «Строительные материалы: наука»

№2-2003 г.

В.Н. ФЕКЛИСТОВ, А.К. АБДУЛИН  
К вопросу формирования структуры пенобетона низкой плотности

Л.Д. ШАХОВА  
Некоторые аспекты исследований структурообразования ячеистых бетонов неавтоклавного твердения

М.С. СИНИЦА, А.А. ЛАУКАЙТИС  
Исследование влияния армирующих веществ на свойства пенобетона

В.Н. МОРГУН  
О развитии деформаций в фибропенобетоне на основе цементов с расширяющими добавками

А.Г. ПЕРЕХОЖЕНЦЕВ, А.Г. ГРИГОРОВ  
Влияние ветрового режима на тепло-влажностнообмен ограждающих конструкций зданий

В.А. ПОМАЗКИН, А.А. МАКАЕВА  
Физическая активация воды затворения бетонных смесей