

СОДЕРЖАНИЕ

Учредитель журнала:
ООО Рекламно-издательская
фирма «Стройматериалы»

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

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

Главный редактор
ЮМАШЕВА Е.И.

Редакционный совет:

РЕСИН В.И.
(председатель)

БАРИНОВА Л.С.

БУТКЕВИЧ Г.Р.

ВАЙСБЕРГ Л.А.

ВЕРЕЩАГИН В.И.

ГОРНОСТАЕВ А.В.

ГУДКОВ Ю.В.

ЗАВАДСКИЙ В.Ф.

КОЗИНА В.Л.

СИВОКОЗОВ В.С.

УДАЧКИН И.Б.

ФЕРРОНСКАЯ А.В.

ФИЛИППОВ Е.В.

ШЛЕГЕЛЬ И.Ф.

Авторы

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

Редакция

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

Перепечатка

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

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

Адрес редакции:

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

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

VIII Всероссийский конкурс на лучшую строительную организацию,
предприятие строительных материалов и стройиндустрии 2

ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

А.И. Полозов, В.Ф. Бубнов. Технологическая линия по производству
керамических стеновых материалов мощностью 15 млн шт. кирпича в год 5

Г.А. Мартынов, А.Н. Егоров. Автоматизация процесса сушки
керамического кирпича в камерных сушках 8

Р.Р. Хасанов, Р.Ш. Хасанов, Р.Б. Тинеев, Р.Р. Ибатуллин.
Технология модификации серой тонкостенных цементных изделий
и ее практическое применение 10

Г.Л. Левковский. Опыт применения гидроударных установок
при разработке месторождений нерудного сырья 12

Н.В. Дурнев, Ю.Г. Ворончихин, И.Н. Сандригайло. Новые гусеничные
драглайны фирмы «ОМЗ Горное оборудование и технологии» 14

В.Н. Сорокина. Повышение эффективности производства строительных
материалов с помощью весоизмерительной техники «МЕТРА» 16

Ф.Ф. Игошин. Приборы для измерения влажности дерева 18

МАТЕРИАЛЫ

В.П. Герасименя. Теплоизоляционный материал «МЕТТЭМПЛАСТ»:
проблема экологической безопасности производства карбамидных
пенопластов решена 20

М.Ю. Абелев, Р.Р. Бахронов. Применение экструдированного пенополистирола
URSA FOAM при устройстве оснований фундаментов в зимнее время 23

М.Н. Кокоев, В.Т. Федоров. Технические ткани в энергетическом
строительстве 26

ЮБИЛЯРЫ ОТРАСЛИ

В.М. Хрулев. Развитие представлений о композиционных материалах
в строительном материаловедении 28

РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Е.В. Королев, Н.А. Очкина, Ю.М. Баженов, А.П. Прошин, А.И. Очкин.
Структура радиационно-защитных растворов на основе
высокоглиноземистого цемента 32

В.С. Уткин. Значение уровня риска в теории возможностей 35

А.В. Сальников, В.Г. Хозин, Н.Н. Морозова, В.С. Демьянова.
Влияние комплексного модификатора на свойства цементного вяжущего 36

А.А. Борисов. О возможности использования дисперсных техногенных
отходов в мелкозернистых бетонах 38

Л.А. Урханова, Д.М. Пермяков, А.Ж. Чимитов. Силикатные бетоны
на основе активированного вяжущего из некондиционной извести
и эффузивных пород 40

К.С. Иванов, Н.К. Иванов. Неавтоклавные ячеистые бетоны на основе
шлакощелочных вяжущих и диатомита 42

В.Б. Балабанов, Н.П. Коновалов, Н.Н. Самбаров. Изменение свойств
полимербитумных вяжущих при длительном хранении 45

Л.Ю. Огрель, А.В. Ястребинская. Структурообразование и свойства
легированных эпоксидных композитов 48

Л.А. Ерохина, Е.М. Веряскина, О.А. Турубанов. Сравнительный анализ
увлажнения ограждающих конструкций при эксплуатации зданий на Севере 50

П.Н. Железный, И.А. Женжурист, В.Г. Хозин. Керамические
строительные материалы на основе местного сырья и отходов
теплоэнергетики Татарстана 54

П.И. Миронов. Моделирование показателей аэродинамических систем
помольных установок с воздушно-проходным сепаратором 56

VIII Всероссийский конкурс на лучшую строительную организацию, предприятие строительных материалов и стройиндустрии

Административная реформа не помешала проведению Всероссийского конкурса на лучшую строительную организацию, предприятие строительных материалов и стройиндустрии. Его совместно проводят Федеральное агентство по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству, Российский союз строителей и Профсоюз работников строительства и промышленности строительных материалов. Накануне профессионального праздника – Дня строителя подведены итоги VIII конкурса, в котором приняли участие 419 организаций.

Результаты работы предприятий и организаций традиционно оцениваются по двум номинациям – «За достижение высокой эффективности и конкурентоспособности в строительстве и промышленности строительных материалов» – дипломы I, II, III степеней и «За освоение новых эффективных форм организации производства и управления строительством» – специальные дипломы.

Участники конкурса, награжденные дипломами в течение пяти лет подряд, отмечаются специальными вымпелами «Лидер строительного комплекса России», а руководителям этих предприятий и организаций вручаются специальные сертификаты «Лучший руководитель организации (предприятия) строительного комплекса России».

Установлен рейтинг 150 лучших строительных организаций и 100 предприятий строительных материалов и стройиндустрии – лидеров строительного комплекса России.

Почти все победители конкурса среди предприятий и организаций промышленности строительных материалов и стройиндустрии являются постоянными подписчиками отраслевого журнала «Строительные материалы»®, поэтому, пользуясь случаем, редакция и редакционный совет сердечно поздравляют коллективы и руководителей предприятий отрасли с победой в этом престижном конкурсе, а всех строителей и работников промышленности строительных материалов и стройиндустрии – с профессиональным праздником – Днем строителя. Здоровья вам и вашим семьям, удачи и трудовых побед!

Рейтинг предприятий строительных материалов и стройиндустрии – лидеров строительного комплекса России

Диплом I степени

ОАО «Новокузнецкий завод резервуарных металлоконструкций»^{*****}
г. Новокузнецк Кемеровской области
ГУП «211 Комбинат железобетонных изделий»^{*****}
г. Сертолово Ленинградской области
ЗАО «Комбинат строительных материалов № 1»
г. Ростов-на-Дону
ОАО «Завод ЖБИ-2»^{*****}
г. Калининград
ОАО «Самарский резервуарный завод»
г. Самара
ОАО «Ангарскцемент»
г. Ангарск-9 Иркутской области
ОАО «Стройсервис»
г. Брянск
ЗАО «Таркетт»
г. Отрадный Самарской области
ЗАО «Фирма Культбытстрой»
г. Красноярск
ОАО «Тамбовский завод ЖБИ»
г. Тамбов
ОАО «Томская домостроительная компания»
г. Томск
ООО «Самарский стройфарфор»
пос. Стройкерамика Самарской области
ЗАО «Рязанский кирпичный завод»
г. Рязань
АООТ «Ревдинский кирпичный завод»^{*****}
г. Ревда Свердловской области
ОАО «Калининградский карьер»
г. Калининград

Диплом II степени

ООО «Кнауф Гипс Дзержинск»
г. Дзержинск Нижегородской области
ЗАО Тучковское межхозяйственное ПСО «Рузский дом»
пос. Тучково-1 Московской области
ОАО «Гипс»
г. Волгоград
ОАО «Спецстройбетон ЖБИ-17»^{*****}
г. Москва
ЗАО «ПО «Баррикада»
г. Санкт-Петербург
ОАО «Орелстройиндустрия»
г. Орел
ОАО «Кнауф Гипс Новомосковск»
г. Новомосковск Тульской области
ООО «Черкесский керамзитовый завод Тамз-МММ»
Карачаево-Черкесская Республика
ДОО «198 КЖИ ОАО ХК «ГВСУ «Центр»
г. Можайск Московской области
ОАО «Кварцит»
п. Бытошь Брянской области
ЗАО «АЛБЕС»
г. Москва
ОАО «Липецкий комбинат силикатных изделий»
г. Липецк
ЗАО «Самарский гипсовый комбинат»
г. Самара
ЗАО «Рязанский картонно-рубероидный завод»^{*****}
г. Рязань
ОАО «Агропромышленный строительный комбинат «Гулькевичский»
г. Гулькевичи Краснодарского края

Диплом III степени

ООО «Российская камнеобрабатывающая компания»
г. Санкт-Петербург
ОАО «Завод ЖБК № 1»
г. Белгород
ОАО «Стройполимеркерамика»
п. Воротыньск Калужской области
ОАО «Бескудниковский КСМ»
г. Москва
ООО «Завод герметизирующих материалов»
г. Дзержинск Нижегородской области
ОАО «ЛАТО»
п. Комсомольский, Республика Мордовия
ЗАО «Метробетон»
г. Санкт-Петербург
ООО «Завод железобетонных конструкций»
г. Бежецк Тверской области
ЗАО «Ацетиленовая станция ЭКСК»
г. Электросталь Московской области
ГУП г. Москвы «Лосиноостровский завод строительных материалов и конструкций»
ЗАО «ЖБИ-3»
г. Энгельс Саратовской области
ОАО «Завод ЖБИ-2»
г. Воронеж
ОАО «Хабаровский завод «Стекловолокно»
г. Хабаровск
ЗАО НПО «Керамика»
г. Санкт-Петербург
ОАО «Себряковцемент»
г. Михайловка Волгоградской области

Диплом

«За освоение новых эффективных форм организации производства и управления строительством»

ОАО «Домостроительный комбинат»
г. Воронеж
ОАО «Термостепс-МТЛ»
г. Самара
ЗАО «Кировский стройфарфор»
г. Киров Калужской области
ОАО «Себряковский комбинат асбестоцементных изделий»
г. Михайловка Волгоградской области
ЗАО «Борский силикатный завод»
г. Бор Нижегородской области
ОАО «Хабаровский завод ЖБИ-4»
г. Хабаровск
ОАО «Сухооложскцемент»
г. Сухой Лог Свердловской области
ОАО «Пермский завод силикатных панелей»
г. Пермь
ЗАО «Лиссант»
г. Санкт-Петербург
ОАО «КСК "Ржевский"»
г. Ржев Тверской области
ОАО «Волгоградский керамический завод»
г. Волгоград
ОАО «Гранит-Кузнечное»
п. Кузнечное Ленинградской области
ОАО «Керма»
д. Афонино Кстовского р-на Нижегородской области
ОАО «Калужский опытно-экспериментальный завод»
г. Калуга
ООО «Кнауф Гипс»
г. Красногорск Московской области
ОАО «Кубанский Гипс Кнауф»
пос. Псебай-1 Краснодарского края
ЗАО «Губский кирпичный завод»
ст. Губская Краснодарского края
ОАО «Михайловцемент»
п. Октябрьский Рязанской области
ЗАО «Заволжский дерево-обрабатывающий завод»
г. Заволжье Нижегородской области
ОАО Челябинский завод стройиндустрии «КЕММА»
г. Челябинск
ОАО «Большевик»
г. Новосибирск
ОАО «Чебоксарский завод строительных материалов»
г. Чебоксары, Чувашская Республика
ООО «Производственная группа «Колибри»»
г. Томск
ОАО «Завод ЖБК № 1»
г. Нижний Новгород
Казанский домостроительный комбинат филиал ОАО «Татстрой»
г. Казань, Республика Татарстан
ОАО «Владимирский завод ЖБИ»
г. Владимир

ЗАО «Азаровский завод стеновых материалов»
г. Калуга
ЗАО ПТК «Владспецстрой»
г. Владимир
ОАО «Нефрит-керамика»
г. Никольское Ленинградской области
ОАО «Курганский завод электромонтажных изделий»
г. Курган
ПКК «Хабаровский кирпичный завод № 3»
г. Хабаровск
ОАО «Сантехлит»
п. Любохна Брянской области
ЗАО «Боровичский комбинат строительных материалов»
г. Боровичи Новгородской области
ОАО «Кировский ДСК»
г. Киров Калужской области
ЗАО «Минерал Кнауф»
пос. Средний Баскунчак Астраханской области
ООО «Производство керамического кирпича на Закаменной»
г. Пермь
Гирейское ЗАО «Железобетон»
пос. Красносельский-1 Краснодарского края
ООО «КПД-КАЛИНИНГРАД»
г. Калининград
ОАО «Старооскольский завод электромонтажных изделий»
г. Старый Оскол Белгородской области
ОАО «Домостроительный комбинат»
г. Ковров Владимирской области
ОАО «Саратовстройстекло»
г. Саратов
Филиал «Завод ячеистого бетона № 8» ФГУП «УССТ № 8»
г. Ижевск, Удмуртская Республика
ОАО «Самарастройдеталь»
г. Самара
ООО «Диатомитовый комбинат»
г. Ульяновск
ОАО «Мелстром»
с. Петропавловка Белгородской области
ОАО «Железобетон-5»
г. Хабаровск
ЗАО «Железобетон»
г. Ярославль
ОАО «Завод КПД»
г. Изобильный Ставропольского края
ООО «Кнауф маркетинг Краснодар»
г. Краснодар
Кирпичный завод ОАО «Приволжскнефтепровод»
с. Кротовка Самарской области
ЗАО «Ковровский завод силикатного кирпича»
пос. Малыгино Владимирской области
ОАО «Деревообрабатывающий комбинат № 13»
г. Люберцы Московской области
ЗАО «Норский керамический завод»
г. Ярославль
ОАО «Хабаровский завод «Стройконтейнер»»
г. Хабаровск
ОАО «Костромской силикатный завод»
г. Кострома



Галина Анатольевна Савченкова (справа) руководит заводом герметизирующих материалов (г. Дзержинск Нижегородской обл.), награжденным Дипломом III степени

Лучшие руководители организации (предприятия) строительного комплекса России

Крюков Николай Егорович
генеральный директор
ОАО «Новокузнецкий завод резервуарных металлоконструкций»

Дорохин Илья Федорович
генеральный директор
ОАО «Калужский опытно-экспериментальный завод»

Меркурьев Михаил Викторович
начальник
ФГУП «211 КЖБИ Министерства обороны РФ»
дочернее предприятие
ГУП «ГУСС МО РФ»

Фаер Виталий Семенович
генеральный директор
ОАО «Комбинат строительных конструкций «Ржевский»

Бромберг Борис Александрович
генеральный директор
ОАО «Спецстройбетон – ЖБИ № 17»

Шульженко Михаил Васильевич
генеральный директор
ОАО «Волгоградский керамический завод»

Швыряев Александр Михайлович
генеральный директор
ОАО «Завод ЖБИ-2»

Мееревич Константин Николаевич
генеральный директор
ЗАО «Рязанский картонно-рубриоидный завод»

Гомзяков Василий Владимирович
генеральный директор
ОАО «Ревдинский кирпичный завод»

☆☆☆☆ Отмечены предприятия промышленности строительных материалов и строительной индустрии, награжденные дипломами в течение пяти лет и отмеченные специальными вымпелами «Лидер строительного комплекса России».

УДК 666.61

А.Н. ПОЛОЗОВ, канд. техн. наук, директор, В.Ф. БУБНОВ, главный инженер ООО «ПромСтройПроект» (г. Гатчина Ленинградской обл.)

Технологическая линия по производству керамических стеновых материалов мощностью 15 млн шт. кирпича в год

Базовым комплексом для создания технологической линии по производству керамических стеновых материалов мощностью 15 млн шт. кирпича в год послужили проекты кирпичных заводов мощностью 60 и 30 млн шт. кирпича в год.

Строительство кирпичного завода, оснащенного такой линией, осуществлено в г. Нерехта Костромской обл. Технологическая компоновка главного производственного корпуса представлена на рис. 1.

Оборудование линии предназначено для производства керамического кирпича и камня по ГОСТ 530–95 методом пластического формования с сушкой изделий в крупноразмерных туннельных сушилках и обжигом в туннельной печи шириной канала 2,4 м с расположением горелок на своде печи.

Состав линии приема сырья и его первичная переработка построены с учетом фактических результатов испытания сырья и содержит оптимальный набор оборудования. Сырье автотранспортом подается в двухвальцовый глинорыхлитель **СМК 497**, а затем в ленточный питатель шириной 1 м, который равномерно подает глину в камневыведительные вальцы **СМК 342** производительностью до 50 т в час. Эти вальцы превосходят по параметрам серийно выпускаемые вальцы **СМ 1198**. Кроме камневыведения вальцы выполняют и грубый помол глины до размера не более 15 мм. Сырье поступает в бегуны мокрого помола **СМК 326** и затем в шихтозапасник, оснащенный модернизированным многоковшовым экскаватором **ЭМ 251А**. Из конструкции экскаватора исключен противовес, замененный дополнительной подвеской стрелы, что позволило увеличить емкость шихтозапасника. В настоящее время шихтозапасник позволяет иметь запас глины на семь суток. Его емкость в конкретном случае ограничена размерами производственного здания, которое было первоначально построено для других целей.

Перемещение глины между оборудованием осуществляется с помощью ленточных конвейеров, произведенных Орским заводом строительных машин. Особенностью конвейеров является конструкция их приводов, позволяющая упростить стыковку конвейеров с приемными бункерами глиноперерабатывающих машин и снизить просыпи сырья в зонах перегрузки.

Из шихтозапасника сырье поступает в смеситель **СДК 400**, где оно при необходимости доувлажняется. В смесителе происходит также уплотнение сырья за счет шнековой конической головки. Затем сырье поступает в вальцы тонкого помола **СМК 339**. Сочетание

в такой последовательности двух единиц оборудования позволяет обеспечить эксплуатацию вальцов тонкого помола с рабочим зазором 1 мм. При эксплуатации вальцов тонкого помола **СМК 339** на Нерехтском заводе проведена их модернизация с целью повышения надежности и работы. В конструкцию вальцов введено устройство плавного пуска электродвигателей, позволяющее полностью отказаться от дорогостоящих гидромуфт.

Набор технологического оборудования отделений первичной и вторичной переработки сырья обеспечивает мощность завода при односменной формовке 15 млн шт. кирпича в год. Такое положение не допускалось при проектировании кирпичных заводов в 80–90-е годы прошлого века. В настоящее время это является существенным преимуществом, так как работа формовочного отделения в одну смену уменьшает количество рабочих на заводе и значительно снижает удельные затраты электроэнергии на переработку сырья. Известно, что затраты электроэнергии на переработку сырья составляют более 50% всех энергетических затрат современного кирпичного завода. Повышение стоимости технологического оборудования может быть компенсировано ускоренной амортизацией, что допустимо по налоговому законодательству для производств с непрерывным режимом эксплуатации. На участках приема сырья, первичной и вторичной переработки керамической массы заняты два оператора.

После отделений первичной и вторичной переработки сырье поступает в смеситель шнекового вакуумного пресса **СМК 506**. Формование кирпича осуществляется при влажности не более 18% и давлением не менее 15 кгс/см². Пустотность кирпича составляет 30%. Пресс оснащен системой оборотного водоснабжения вакуумного насоса **ВВН 12**. Линия оснащена двумя прессами.

На Нерехтском кирпичном заводе достигнута средняя часовая производительность пресса **СМК 506** более 8 тыс. шт. кирпича, что позволило проводить формовку в одну смену.

Отформованный брус посредством бесприводного автомата резки мерного бруса передается на автомат многострунной резки, где он разрезается на кирпичи. Через систему цепных и роликовых конвейеров сырец поступает на каркасные девятиполочные сдвоенные сушильные вагонетки. Загрузка кирпича на вагонетки производится с помощью выдвигного рольганга. Общий вид автомата-укладки кирпича на сушильные вагонетки представлен на рис. 2.

Емкость каждой сушильной вагонетки составляет 648 шт. кирпича размером 250×120×88 мм или 864 шт. одинарного кирпича.

По завершении загрузки сушильной вагонетки она с помощью системы цепных толкателей, работающих в автоматическом режиме, поступает в туннельную пятиканальную сушилку. Распределение вагонеток по туннелям сушилки осуществляется с помощью передаточной тележки **СМК 476**, работающей также в автоматическом режиме. Сушилка имеет накопительный туннель, обеспечивающий равномерную загрузку сушилок и постоянный режим сушки изделий.

Сушилка оснащена системой рециркуляции теплоносителя и автоматического контроля параметров работы и управления режимами загрузки и выгрузки. Кроме того, сушилка имеет систему равномерного распределения теплоносителя по сечению каналов. Время сушки 70 ч. На участках формовки и загрузки туннельных сушил работает также два оператора.

Разгрузка сушильных вагонеток осуществляется в порядке, обратном процессу укладки кирпича. Высушенный сырец поступает на роликовые и цепные конвейеры, где выполняется комплектование карты садки размером 1×1 м. Формирование пакета садки на печную вагонетку **СМ 499** (рис. 3) осуществляется двухзахватным переносчиком слоев автомата садчика.

Переналадка на выпуск одинарного или модульного кирпича производится в течение 30 мин. Конструкция автомата садки кирпича может быть развита и

для печей шириной канала 3,6 м, что может быть актуально для кирпичных заводов, поставленных в СССР из Болгарии.

На печной вагонетке располагается четыре пакета кирпича 540 шт. На вагонетку вмещается 2160 шт. модульного кирпича или 2880 шт. одинарного кирпича. Загруженные высушенным кирпичом печные вагонетки с помощью системы цепных толкателей типа **СМК 391** поступают на путь накопления кирпича, что обеспечивает возможность работы отделения садки кирпича в две смены. Для загрузки туннельной печи использованы также передаточные тележки **СМК 476**. Использование для сушильных и печных вагонеток единых по конструкции передаточных тележек достигнуто за счет рационального выбора размеров сушильной и печной вагонеток, что позволило сократить номенклатуру оборудования. Участок загрузки печных вагонеток обслуживают в смену два оператора.

Классическая туннельная печь длиной 104 м построена минским АО «Теплострой». Она имеет подовый канал, песочный затвор, вагонетки печные размером 2,4×2,8 м. Ширина канала печи 2,4 м выбрана исходя из условия обеспечения размера садки кирпича 1×1 м. Этим обеспечиваются единые конструктивные решения проектов кирпичных заводов по оборудованию для садки, разгрузки и пакетирования кирпича.

Печь оснащена печным толкателем **СМК 387**, установленным в форкамере печи, с регулируемой скоростью толкания, позволяющим выбирать режим

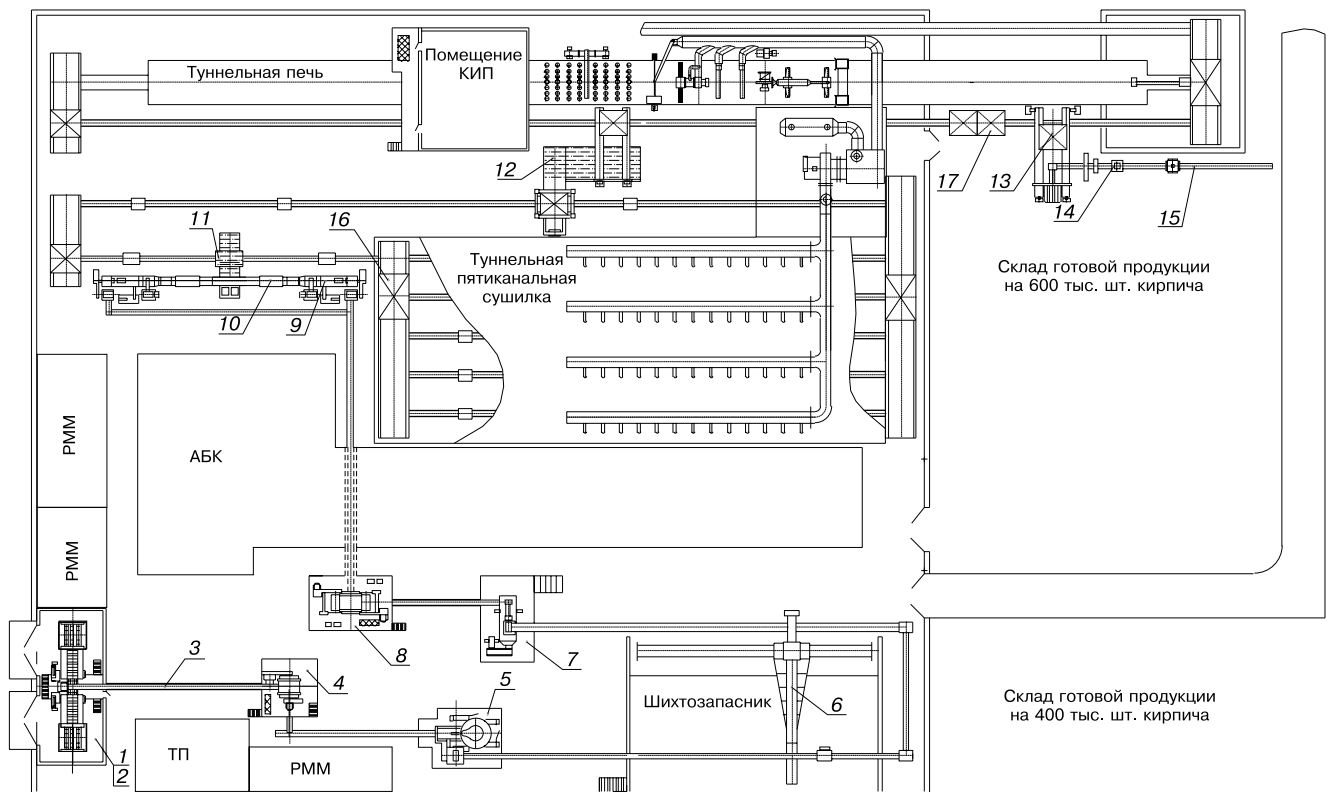


Рис. 1. Компоновка Нерехтского кирпичного завода мощностью 15 млн шт. кирпича в год

1 – глинорыхлитель двухвальный **СМК497**; 2 – питатель пластинчатый **СМК352**; 3 – конвейер подачи массы в вальцы **СМК401**; 4 – вальцы грубого помола **СМК342**; 5 – бегуны мокрого помола **СМК326**; 6 – экскаватор многоковшовый **СМ251А**; 7 – смеситель **СДК400**; 8 – вальцы тонкого помола **СМК339**; 9 – пресс шнековый вакуумный **СМК506**; 10 – автомат одноструйной резки сырца; 11 – автомат укладки кирпича сырца на сушильные вагонетки **ТО235-I**; 12 – автомат разгрузки сушильных вагонеток и садки кирпича на печные вагонетки **ТО235-II**; 13 – автомат разгрузки печных вагонеток; 14 – автомат пакетирования продукции; 15 – конвейер склада готовой продукции; 16 – тележка передаточная **СМК476**; 17 – вагонетка печная **СМК499**

проталкивания с шагом 1,4 или 2,8 м. Свод печи плоский, выполнен из жаропрочного бетона. В нем установлены верхние сводовые горелки, разделенные на двенадцать зон контроля и регулирования. Стены печи выложены в зоне обжига огнеупорным кирпичом соответствующих типоразмеров. Печь и сушилку обслуживает один оператор.

Участок пакетирования кирпича построен по принципу пакетной разгрузки кирпича с печных вагонеток и укладки кирпича без сортировки непосредственно на транспортные поддоны размером 1×1 м. В комплекте оборудования участка пакетирования готовой продукции предусмотрена упаковка кирпича в термоусадочную пленку.

Система автоматического управления технологическим оборудованием и тепловыми агрегатами завода построена по принципу автономных блоков управления отдельными участками, объединенных единой систе-

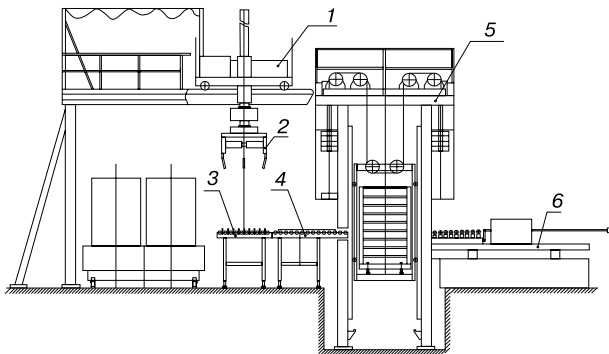


Рис. 2. Автомат-садчик:

1 – тележка; 2 – захват; 3 – конвейер комплектовочный; 4 – ролик-анг; 5 – подъемник; 6 – разгрузчик

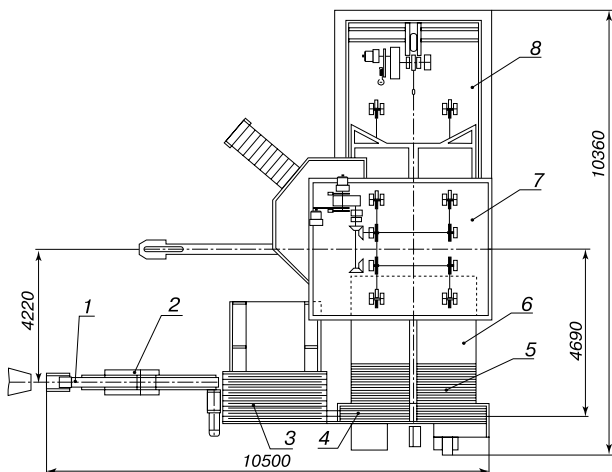


Рис. 3. Автомат-укладчик:

1 – резчик мерного бруса; 2 – конвейер отрыва бруса; 3 – механизм многострунной резки; 4 – конвейер с подъемными роликами; 5 – ролик-анг; 6 – конвейер ленточный; 7 – подъемник; 8 – укладчик

мой контроля и документирования данных работы завода в целом. В качестве базовых средств системы управления использованы программируемые японские контроллеры, а для целей отражения состояния тепловых агрегатов – стандартные персональные компьютеры. Шиты и пульты управления массоподготовительным, формовочным, укладочным, садочным и транспортным оборудованием размещены непосредственно на этих участках, а для печи и сушилки – в центральном операторском пункте на печи обжига. Работа оборудования осуществляется автоматически по программам, реализующим технологические алгоритмы непосредственно контроллерами. Функции операторов участков завода сводятся к наблюдению за состоянием оборудования и системы управления, а на программируемых контроллерах фиксируется состояние входных и выходных сигналов по каждому приводу и сигнализируются аварийные состояния.

Система автоматического управления сушилкой и печью осуществляет автоматическое регулирование температуры в каждой зоне обжига, разрежения перед дымососом и вентилятором рециркуляции, температуры теплоносителя в камере смешения, температуры газов, отбираемых на сушку кирпича, контролирование вентиляторов печи и сушилки. На экране персонального компьютера отражаются заданные и текущие значения температуры и давления в печи и сушилке, заданная и фактическая кривые обжига, все отклонения регулируемых параметров, непрерывно ведется и хранится в течение месяца протокол состояния процесса по каждой зоне и по агрегатам в целом.

Нерехтский кирпичный завод, оснащенный технологической линией мощностью 15 млн шт. кирпича в год, был построен за 1,5 года и запущен в производство в мае 2002 г. В течение года велась опытная эксплуатация завода, которая показала следующее:

- мощность завода достигнута за полгода и превышает проектную на 5 млн шт. кирпича в год;
- марочность кирпича и параметры морозостойкости и теплопроводности соответствуют нормативным требованиям;
- достигнут удельный расход газа на обжиг продукции менее 320 ккал/кг. Это одни из самых лучших показателей в отрасли;
- режим сушки кирпича не требует дополнительных теплогенераторов за счет активного использования теплоносителя. Более того, обеспечение завода теплом на бытовые нужды также осуществляется только за счет отходящего тепла печи. Успешно реализован проект строительства и эксплуатации завода без котельной;
- затраты на производство кирпича обеспечивают высокий уровень рентабельности за счет минимальной численности персонала, увеличения выработки на одного работающего и снижения энергозатрат на переработку сырья и обжиг кирпича.

Опыт эксплуатации Нерехтского кирпичного завода показывает, что созданную технологическую линию можно рекомендовать для строительства кирпичных заводов, располагающихся в малых городах России. Сбалансированная потребность в кирпиче обеспечит полную и соответственно рентабельную загрузку завода. При необходимости мощность завода может быть увеличена до 25 млн шт. кирпича в год с включением в проект печи шириной канала 3,6 м.

С учетом опыта эксплуатации Нерехтского кирпичного завода в 2003 г. совместно с институтом «Сибин-стром» (Иркутск) разработан проект кирпичного завода для строительства в г. Кызыле (Республика Тыва). Отличие нового проекта состоит в том, что предусмотрена работа печи на твердом топливе.

Г.А. МАРТЫНОВ, заместитель начальника отдела автоматики и электропривода,
А.Н. ЕГОРОВ, главный технолог НП ОАО «Автоматстром» (г. Чебоксары, Республика Чувашия)

Автоматизация процесса сушки керамического кирпича в камерных сушилках

Процесс сушки является одним из самых ответственных этапов при производстве керамического кирпича. На этой стадии требуется достаточно высокая точность поддержания термовлажностного режима сушки в сушильной камере. В подавляющем большинстве кирпичных заводов по производству керамического кирпича этот процесс управляется непосредственно оператором. Но опыт показывает, что человеческий фактор вкупе со многими другими делает такое управление малоэффективным, а порой и неэффективным. Также рынок требует сведения к минимуму затрат тепло- и электроэнергии. Эти проблемы достаточно полно и эффективно решаются с помощью современных средств автоматизации производства.

НП ОАО «Автоматстром» (г. Чебоксары) разработана и внедрена в производство система автоматического управления (далее САУ) режимом сушки в камерных сушилках (ООО «Кирпичный завод «Ажемак», с. Толбазы, Аургазинский р-н, Республика Башкортостан).

САУ управляет технологическим процессом в девяти камерных сушилках.

Структура САУ представлена на рис. 1.

Она включает в себя следующие уровни:

- уровень датчиков и исполнительных механизмов;
- уровень устройства ввода-вывода;
- уровень взаимодействия САУ с оператором (интерфейсный уровень).

Уровень датчиков и исполнительных механизмов реализован на отечественных изделиях, что существенно снижает стоимость системы. Состоит из исполнительных механизмов типа МЭО, термометров сопротивления ТСМ, напоромера типа «Сапфир».

Уровень устройства ввода-вывода построен на отечественном контроллере КПС 19-06. На этом уровне происходит опрос датчиков, обмен технологической информацией с интерфейсным уровнем. Тут же реализована логика управления рециркуляционными вентиляторами, ПИД-закон управления заслонками подачи и отбора теплоносителя в сушильных камерах и поддержания давления в центральном подающем канале (ЦПК).

Интерфейсный уровень состоит из IBM PC совместимого персонального компьютера (ПК) и программы управления технологическим процессом. Программа управления интерфейсного уровня реализована в среде программирования Borland Delphi и функционирует под управлением операционной

системы Microsoft Windows 98 и выше. Обеспечивает взаимодействие оператора с САУ.

На этом уровне происходит прием от оператора управляющих команд и их передача на устройства управления, отображение на мнемосхеме на экране монитора ПК необходимой технологической информации, отображение технологического процесса в реальном времени в виде графиков соответствия фактических параметров заданным, архивация (сохранение в памяти ПК и распечатка на бумажный носитель) полученных отчетных данных, сигнализация оператору об аварийных состояниях системы. Тут же реализована возможность настройки и калибровки частей САУ, а также инструмент для формирования типовых графиков задания режимов сушки, их применение для конкретной камеры, времени года и других параметров.

При разработке программы управления интерфейсного уровня особое внимание уделялось созданию интерфейса, интуитивно понятного, простого в использовании и, насколько это возможно, наглядно отображающего ход технологического процесса сушки в камерах. Оператору для контроля и управления сушильными камерами предоставляются окна с элементами анимации: одно – с общей мнемосхемой (рис. 2), девять – с мнемосхемами отдельно для каждой камеры (на рис. 3 приведен пример окна для первой камеры) и окно отображения технологической информации в ЦПК (рис. 4).

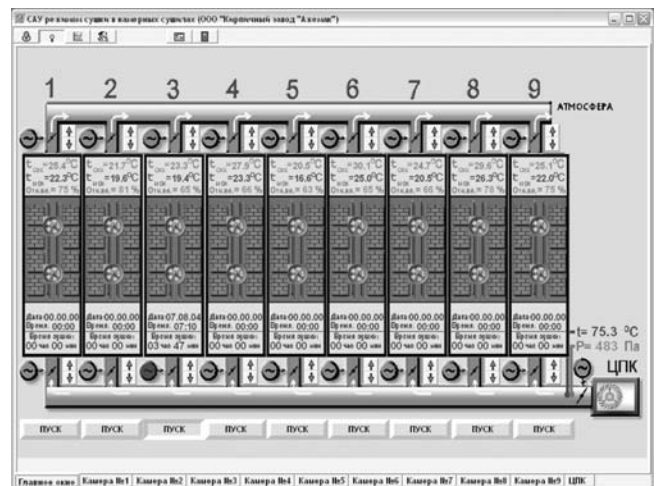


Рис. 2. Окно с общей мнемосхемой

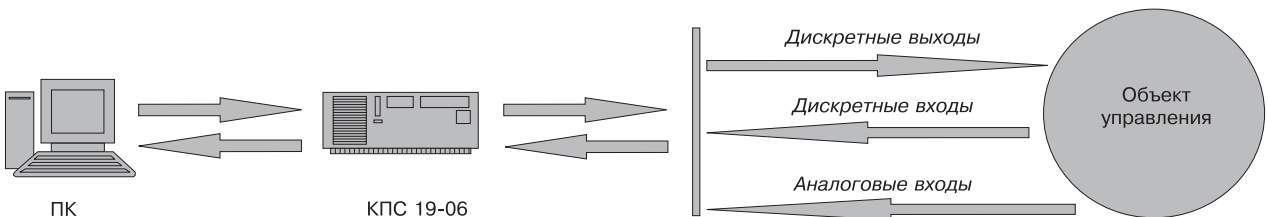


Рис. 1. Структура САУ режимом сушки в камерных сушилках

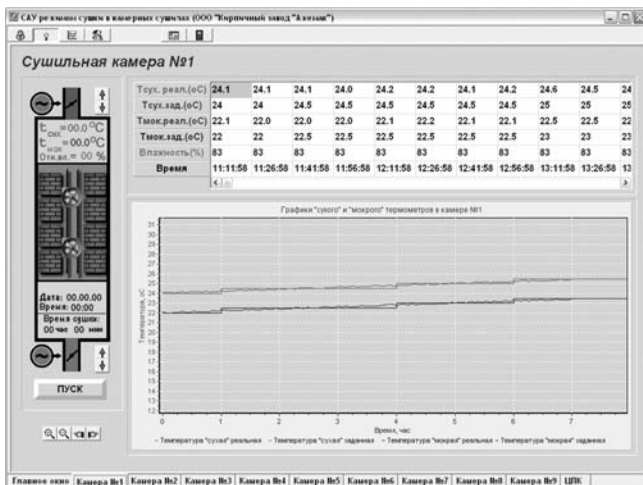


Рис. 3. Окно с мнемосхемой для первой камеры

Кроме температурных и влажностных параметров на мнемосхемах анимируются состояния рециркуляционных вентиляторов и заслонок исполнительных механизмов подачи и отбора теплоносителя в камерах. Этой информации вполне достаточно для анализа и корректировки хода технологического процесса сушки в камерных сушилках.

САУ обеспечивает управление в двух режимах:
 – ручном;
 – автоматическом.

В ручном режиме технологический процесс управляется с пульта ручного управления или с помощью кнопок управления на мнемосхемах и визуальном наблюдении работы по мнемосхемам на мониторе.

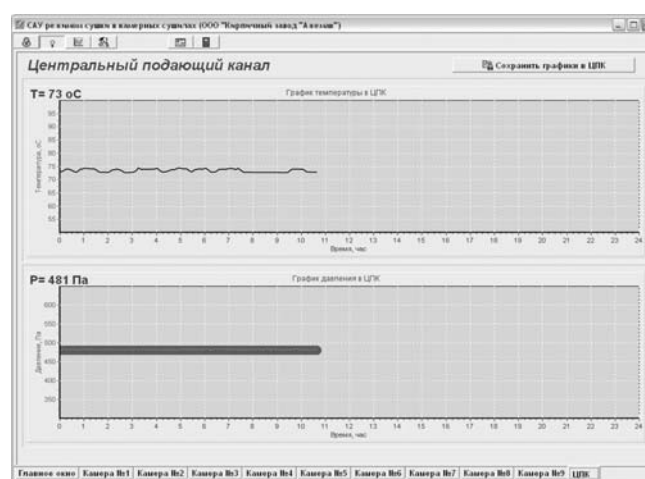


Рис. 4. Окно ЦПК

В автоматическом режиме технологический процесс поддерживается автоматически по ПИД-закону регулирования. При этом возможно оперативное вмешательство оператора или технолога в ход технологического процесса сушки в камере.

В ЦПК также по ПИД-закону регулирования автоматически поддерживается давление, задаваемое технологом предприятия.

Настоящая система автоматического управления в результате достаточно высокой точности поддержания термовлажностного режима в камере в процессе сушки и поддержания давления в ЦПК дает возможность улучшить качество выпускаемой продукции и облегчить труд технолога/оператора.

научно-производственное открытое акционерное общество

АВТОМАТСТРОМ

- А Проектирование, изготовление, поставка технологических линий и заводов керамического кирпича «под ключ»
- А Реконструкция и восстановление ранее построенных заводов, перевод сезонных заводов на круглогодичный режим
- А Изготовление и поставка технологического оборудования: *автоматы многострунной резки, комплектные автоматизированные линии резки, перекладки и транспортировки кирпича, электропередаточные тележки, вальцы, смесители, питатели, прессы* и пр.
- А Изготовление и поставка *систем автоматизированного управления* массозаготовительно-формовочным, сушильным и обжиговым отделениями
- А Исследования сырья для производства строительных материалов, испытание строительных материалов, их сертификация на базе специализированной лаборатории предприятия

Россия, 428018 г. Чебоксары, ул. Афанасьева, 8
 Телефон/факс: (8352) 42-06-32 (приемная), 42-50-53 (отдел маркетинга и сбыта)
 E-mail: automs@chtt.ru
 Internet: www.automs.cbх.ru

Р.Р. ХАСАНОВ, Р.Ш. ХАСАНОВ, кандидаты техн. наук,
Р.Б. ТИНЕЕВ, Р.Р. ИБАТУЛЛИН, инженеры,
Уфимский государственный нефтяной технический университет

Технология модификации серой тонкостенных цементных изделий и ее практическое применение

Тонкостенные цементные материалы (цементно-стружечные плиты (ЦСП), асбестоцемент, цементный фибролит) обладают сходной структурой, которая представляет собой цементный камень с различными пористыми наполнителями (древесной стружкой, волокнами асбеста, древесной шерстью). Сходность структуры, а также сходный эффект модификации, достигаемый при пропитке серой различных тонкостенных цементных изделий, позволяют предложить единый технологический режим для пропитки этих изделий, поскольку выяснено, что серой заполняются поры цементного камня, что и оказывает решающее влияние на свойства.

До настоящего времени модификации серой подвергались массивные строительные изделия, такие как железобетонные блоки, плиты, а также толстостенные деревянные щиты опалубки и подобные изделия из древесины (толщиной не менее 40 мм). Такие изделия нецелесообразно пропитывать на весь объем материала, так как это приводит к неоправданным энергозатратам при пропитке. Малая толщина тонкостенных цементных изделий (менее 36 мм) позволяет добиться их пропитки на всю толщину, модифицируя весь объем материала и обеспечивая максимальный эффект от пропитки.

Суть технологии заключается в пропитке изделий в расплаве серы по методу горячехолодных ванн. Сначала изделия помещаются в горячую ванну, в которой температура расплава серы составляет 155°C , и выдерживаются при этой температуре в течение 60–150 мин. Затем изделия переносятся при сохранении постоянного контакта с расплавом серы в холодную ванну с температурой расплава серы 120°C , где выдерживаются 20–30 мин, а затем извлекаются и охлаждаются на воздухе до температуры окружающей среды. Для достижения необходимых характеристик изделий (максимального предела прочности при изгибе, минимального водопоглощения и т. д.) определяется оптимальное время выдержки изделий в горячей и холодной ваннах.

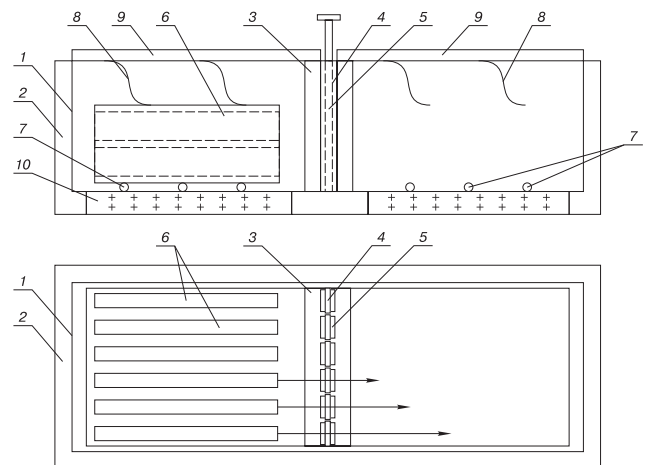
Единый режим пропитки предусматривает универсальную пропиточную установку, пригодную для пропитки всех видов тонкостенных цементных изделий.

Предлагаемый вариант пропиточной установки (см. рисунок) представляет собой двухкамерный корпус 1, покрытый теплоизоляцией 2, разделенный посередине теплоизолированной перегородкой 3 с прямоугольными окнами 4, закрываемыми подъемными шиберами 5, выполненными из малотеплопроводного материала. Пропитываемые изделия 6, загружаемые в камеры, опираются на роликовые катки 7, а при заполнении камер расплавом серы придерживаются от всплытия упругими прижимными щетками 8, крепящимися к нижней стороне крышек 9. Подогрев расплава осуществляется теплонагревателями – ТЭНами 10.

Технология пропитки следующая: в обе камеры пропиточной установки загружают комовую серу, расплавляют, поднимают температуру расплава в первой горячей

камере до $155\text{--}160^{\circ}\text{C}$, а во второй – холодной – до $120\text{--}125^{\circ}\text{C}$. Пакет изделий, отстоящих один от другого на 1,5–2 см, погружают в отсек с горячим расплавом, располагая длинной стороной вдоль ванны. После выдержки в горячей камере в течение расчетного времени поочередно поднимают шибберные затворы, закрывающие окна в теплоизолирующей перегородке, и через эти окна последовательно продвигают изделия из камеры с горячим расплавом в холодную камеру. При перемещении пакета изделий внутри него образуются сквозные горизонтальные полости, позволяющие сохранить горячий расплав в горячей камере при движении изделий в холодную камеру. Таким образом, горячий расплав остается в 1-й камере и не перемешивается с холодным. После перемещения изделий шибберный затвор опускается, полностью закрывая окно в теплоизолирующей перегородке; затем поднимается следующий затвор для перемещения в холодный отсек соседнего пакета изделий. Операция повторяется до тех пор, пока все пропитываемые изделия не разместятся в холодной камере. На подъем шибберного затвора и перемещение одного пакета изделий затрачивается около 4–5 мин, а на процесс перемещения всех изделий (их количество определяется числом запроектированных окон) уходит около 30 мин. За это время тепловой режим в горячей и холодной камерах существенно не меняется. Продолжительность выдержки изделий в холодной камере определяется требуемой степенью поглощения серы. В это время температура расплава в горячей ванне поддерживается на уровне $155\pm 5^{\circ}\text{C}$ и происходит загрузка следующей партии изделий.

Наличие камер объясняется тем, что первоначально изделия 6 пропитываются в расплаве серы при температуре 155°C , а затем выдерживаются в расплаве серы при 120°C , что обеспечивает наибольший эффект от пропитки. Ис-



Двухкамерная пропиточная установка

пользование теплоизолированной перегородки с шиберами позволяет отказаться от применения дорогостоящего насосного оборудования для перекачки расплава при однокамерном варианте пропитки. Кроме того, сохраняется постоянный контакт изделий с расплавом серы, что повышает эффективность пропитки. Такой способ и устройство для пропитки признаны изобретением и защищены патентом РФ № 2165843 [1].

Производственная проверка разработанной технологии модификации тонкостенных цементных изделий осуществлена при пропитке серой щитов опалубки из ЦСП на объектах ОАО «Строительный трест № 3», Республика Башкортостан, г. Уфа. Результаты производственных испытаний позволили разработать конструкцию щита разборно-переставной опалубки, отличающуюся существенной новизной. Данная конструкция признана изобретением и защищена патентом РФ № 2178493 [1, 2].

Полученные положительные результаты позволяют заключить, что модифицирование серой цементно-стружечных плит по предложенной технологии значительно расширяет область применения ЦСП в опалубочных системах за счет существенного улучшения физико-механических и технологических характеристик материала.

Установлено, что при модифицировании ЦСП серой существенно возрастает прочность. При максимальном поглощении (49,2–50%) прочность при изгибе возрастает на 230 и 242%, то есть в 2,3–2,4 раза. Модуль упругости при модифицировании также значительно возрастает. Например, у плит толщиной 16 мм при поглощении серы 41% прирост модуля упругости – 194%. Однако расчетные характеристики, достаточные для эксплуатации опалубки, достигаются уже при 25–30% поглощения серы и дальнейшая пропитка плит не нужна.

По мере роста поглощения серы плитами снижается сцепление опалубки с бетоном. При максимальном поглощении серы (49,2–50%) – на 58–61%, то есть в 2,4–2,6 раза по сравнению с опалубкой из немодифицированных ЦСП. Для модифицированных ЦСП со степенью пропитки серой 25–49% характерен адгезионный отрыв: поверхность бетона после распалубки гладкая без дефектов; поверхность опалубки незагрязненная.

Важным фактором, оказывающим заметное влияние на долговечность и оборачиваемость опалубки из ЦСП, модифицированных серой, является износостойкость рабочей поверхности палубы щита. Установлено, что палуба из ЦСП, модифицированных серой, обладает повышенным сопротивлением истиранию в процессе эксплуатации. Пропитка ЦСП серой на 30% снижает их истираемость в 4,3 раза в сухом состоянии и в 5,4 раза во влажном, приближая ее к истираемости пластмасс.

Применение ЦСП, модифицированных серой, позволяет усовершенствовать систему разборно-переставной опалубки. Благодаря пропитке серой значительно повышается жесткость опалубочной системы, уменьшается расход материалов на подкрепляющие ребра, снижается сцепление опалубки с бетоном.

Список литературы

1. Пат. 2165843. РФ. Способ пропитки деревянных щитов опалубки и устройство для его осуществления / Мальцев М.Г., Хрулев В.М., Хасанов Р.Р., Сокольская Ю.Б. № 99122533/04. Заявлено 26.10.1999. Оubl. 27.04.2001 Бюл. № 12. Приоритет от 26.10.1999. 8 с.
2. *Тинеев Р.Б., Агапчев В.И., Хасанов Р.Ш.* Конструктивные решения и область применения опалубки из цементно-стружечных плит, модифицированных серой // Проблемы строительного комплекса России: Сб. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2002. С. 61.



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

ИПС-МГ4.01 Метод ударного импульса по ГОСТ 22690. Оснащен функциями ввода коэффициента совпадения Kс, типа контролируемого изделия и вычисления класса бетона В.

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

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

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

ИЗМЕРИТЕЛИ АДГЕЗИИ

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

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

ИЗМЕРИТЕЛИ ПАРАМЕТРОВ АРМИРОВАНИЯ

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

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

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

ПРИБОРЫ ДЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

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

ИТП-МГ4.03 «Поток» Обеспечивается определение плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции зданий и теплоизоляцию энергообъектов. Имеет режим самосциса (до 15 суток). Диапазон.....2...500 Вт/м²; -30...+100°С.

ИЗМЕРИТЕЛИ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИИ

Вибротест-МГ4 Измеритель виброскорости, виброускорения, амплитуды и частоты колебаний виброустановок и др. объектов.

Вибротест-МГ4+ Имеет режим самосциса (до 25 часов).

ИЗМЕРИТЕЛИ ВЛАЖНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ

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

МГ4Д Измеритель влажности древесины.

МГ4Б Измеритель влажности бетона, кирпича, древесины.

МГ4У Универсальный измеритель влажности стройматериалов, включая сыпучие.

ТГЦ-МГ4.01 Измеритель влажности и температуры воздуха с режимом самосциса (до 5 суток). Диапазон 0...100%, -20...+85°С.

ТЗЦ-МГ4.01 Термометр цифровой зондовый. Одно- и двухканальный, с режимом самосциса (до 15 суток). Диапазон -30...+250°С.

Анемометр ИПС-МГ4 Измеритель скорости воздушных потоков и их температуры в вентиляционных системах, средней скорости ветра с режимом самосциса (до 24 часов). Диапазон 0,4...30м/с, -20...+100°С.













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

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

Опыт применения гидроударных установок при разработке месторождений нерудного сырья

Институт ВНИПИИИстромсырье занимается вопросами безвзрывной технологии разработки скальных горных пород со второй половины прошлого века [1]. Интерес к безвзрывной технологии обусловлен несколькими причинами.

Причины общего характера:

- значительные потери времени от технологических перерывов во время взрывных работ, превышающие в некоторых случаях продолжительность режимных перерывов;
 - постепенное приближение забоев к зданиям и сооружениям, к линиям коммуникаций и заповедным зонам;
 - ужесточение экологических требований.
- Специфические причины:
- необходимость регулирования грансостава горной массы, предназначенной для переработки на щебень, как при отделении от массива, так и при разрушении негабаритов;
 - необходимость селективной разработки массива, представленного разнотипными горными породами;
 - стремление к снижению или полному исключению взрывного воздействия на массив горных пород при добыче блоков облицовочного камня, что повышает прочность и долговечность облицовочных изделий;
 - возможность эффективной переработки отходов, достигающих при добыче блоков 80–90% разрабатываемой горной массы.

Эти положения объединяются понятием комплексного использования минерального сырья, сформулированным академиком А.Е. Ферсманом: «Первый и основной вопрос — это переход к комплексному использованию сырья, к полному превращению в практические ценности всей горной массы, извлекаемой с таким трудом горняками из недр земли. Борьба с отбросами, утилизация всех отходов, использование мельчайших примесей, комбинирование технологическое, горно-техническое и химическое — таковы те принципы, которые лежат в основе построения советского хозяйства» [2].

С целью расширения возможностей комплексного использования минерального сырья ВНИПИИИстромсырье разработана технология безвзрывных работ с применением оборудования ударного действия, включающая, в частности, комбинированные схемы, в которых могут применяться следующие виды оборудования:

- рыхлительно-бульдозерные агрегаты (РБА) — при разработке массивов горных пород;
- камнерезная техника, производящая горизонтальный пропил, — при отколе монолитов от массива;
- алмазно-канатные пилы (АКП) — при разрушении участков скальной вскрыши, предварительно оконтурированных пилами;
- буровые станки, предварительно создающие строчку шпуров (при увеличенном расстоянии между шпурами), — для направленного раскола крупных отдельных пород.

Способ, основанный на применении механического удара, является эффективным безвзрывным способом разрушения. Для его реализации применяются установки как малой мощности (при энергии единичного удара порядка $A = 10^2 - 10^3$ Дж), так и большой мощности (при $A > 10^3$ Дж). Современные ударные установки являются высокочастотными (количество ударов составляет $10^2 - 10^3$ мин⁻¹).

Исследования ВНИПИИИстромсырье и других организаций способствовали внедрению на карьерах промышленности строительных материалов гидроударных установок.

Следует отметить, что прогресс в области применения ударных установок базируется на значительном усовершенствовании машин ударного действия, использующих в качестве энергоносителя сжатый газ или жидкость. Указанные установки на горных работах имеют ощутимые преимущества по сравнению с машинами со свободным перемещением рабочего органа в направляющей раме, так как у последних величина запасенной энергии определяется высотой падения инструмента. Кроме того, энергоноситель (рабочая жидкость) в гидроударных установках является общим и для них, и для базовых гидрофицированных машин (гидроэкскаваторов).

Особенно эффективно применение ударных установок на массивах плитчатого строения, при удалении скальной вскрыши и при направленном расколе и дроблении крупных отдельностей горных пород (в том числе негабаритов) при коэффициенте крепости 5–20. С учетом энергетических возможностей выпускаемого оборудования максимальный линейный размер разрушаемых отдельностей (по направлению магистральной трещины) может достигать 2–3 м.

В результате совместных исследований МГИ (МГГУ) и ВНИПИИИстромсырье найдено теоретическое решение для большого числа задач, связанных с процессом разрушения пород клиновидными инструментами с малыми углами приострения и большой энергией единичного удара [3]. При этом процессе в породе интенсивно развиваются зоны дробления и трещинообразования в основной плоскости движения рабочего органа. В то время как в зоне скола не выявлено каких-либо существенных особенностей. Угол скола лунки разрушения находится в пределах обычных значений (14–20°).

При аналитических исследованиях принята расчетная схема с прямоугольной системой координат, причем начало координат расположено в точке касания инструмента с породой, ось x направлена по свободной поверхности, а ось y — в глубь породы вдоль направления движения инструмента. Процесс разрушения изучен при условии выполнения граничных требований на свободной поверхности разрушаемой породы и на поверхности лунки разрушения в породе.

Общая энергия деформаций породы складывается из энергии деформаций в зоне дробления L_{dp} и в зоне трещинообразования L_{mp} :

$$L_{dp} = 0,5 W l b_u d h, \quad (1)$$

где W — удельная потенциальная энергия упругих деформаций элементарного объема породы; l — длина контура лунки разрушения в конце рассматриваемого промежутка времени; b_u — длина лезвия инструмента; dh — толщина раздробленного слоя.

$$L_{mp} = \int_0^{\infty} \int_x^{\infty} W b_u dx dy. \quad (2)$$

Выражения для L_{dp} и L_{mp} использованы для определения составляющих силы сопротивления F_{dp} и F_{mp} , связанных соответственно с дроблением и трещинообразованием.

Результаты применения механического разрушения при разработке месторождений скальных пород

Месторождение	Горная порода		Основное оборудование	Технологические операции	Производительность процесса, м ³ /ч
	Наименование	Предел прочности при сжатии, МПа			
Ковровское	Известняк	8–85	Гидроударная установка	Послойная разработка массива. Направленный раскол и дробление отдельностей (отходы добычи и негабариты)	25–35 25–35
Полотнянозаводское	То же	17–162	То же	Предварительное ослабление массива. Дробление негабаритов	44–92*
			РБА	Рыхление массива Штабелирование	40–50 50–250 140–250
Агурское	—»—	75–132	Гидроударная установка	Дробление негабаритов	18–27
Гантиадское	—»—	60–80	То же	Послойная разработка массива	39
Пуштулимское	Мрамор	83	—»—	Направленный раскол и дробление негабаритов	25–35**
Янцевское	Гранит	94–233	—»—	То же	25–35**
Жежелевское	То же	131–156	—»—	—»—	25–35**

* Производительность указана с учетом глубины магистральных трещин. ** Разрушение негабаритов осуществлено в условиях рабочей площадки Московского опытно-экспериментального карьероуправления.

Суммируя эти составляющие, для силы сопротивления породы получим:

$$F \approx \alpha \gamma^2 b_u E h, \quad (3)$$

где α – расчетный коэффициент; γ – угол приострения инструмента (в радианах); E – модуль упругости горной породы, h – глубина внедрения инструмента.

Соответственно энергия, которую необходимо передать породе за один удар, составит:

$$A = \frac{\alpha \gamma^2 b_u E l_{mp}^2}{2} \sqrt{\left(\frac{2\sigma_p}{K_\sigma n^{c-1} \gamma E} \right)^2}, \quad (4)$$

где l_{mp} – длина магистральной трещины; σ_p – напряжение растяжения σ_{xx} , при котором возникает магистральная трещина; K_σ и c – величины, определяемые видом функции $\sigma_{xx} = \varphi(y)$; n – отношение глубины лунки разрушения h_p к глубине внедрения инструмента h .

Для проверки результатов теоретических исследований проведены эксперименты в лабораторных и промышленных условиях. В итоге получены зависимости, позволяющие расчетным путем определять энергетические и геометрические параметры породоразрушающего оборудования. Эти зависимости составили основу инженерной методики выбора параметров рабочих органов машин ударного действия большой мощности.

При работе в условиях карьеров наиболее эффективные результаты получены на горных предприятиях Абхазии, Ковровского, Московского опытно-экспериментального и Полотнянозаводского карьероуправлений. Некоторые результаты, полученные на этих предприятиях с использованием различных гидроударных установок и РБА отечественного и зарубежного производства, приведены в таблице.

Из работ последнего времени отметим следующие.

Разработана и внедрена технологическая схема выемки пластов известняка в зоне сооружения комплекса Москва-Сити. Особенность схемы состоит в том, что гидроударные установки и РБА применены в городских условиях на обширном участке (размер в плане примерно 200×20 м) при мощности слоя до 1,5–2 м.

Создана концепция разработки Кибик-Березовского месторождения мрамора с оконтуриванием скальной вскрыши с помощью АКП. В числе способов разрушения оконтуренных участков рассмотрено применение гидроударных установок.

Результатом дальнейших исследований может стать разработка типового ряда комплектов оборудования для добычи полезных ископаемых в различных горно-геологических условиях для осадочных, метаморфических и изверженных пород. Помимо звена подготовки породы к выемке (гидроударная установка, РБА, буровой станок и АКП) в них войдут также звено выемки и погрузки (краны, погрузчики и экскаваторы) и звено транспорта (погрузчики и автотранспорт).

Освоенные мощности оборудования (энергия единичного удара 10–15 кДж, мощность базовых тракторов 400–500 кВт) нельзя рассматривать как предельные.

Как показывают технико-экономические расчеты, при внедрении безвзрывных технологий, базирующихся на применении дорогостоящей техники, добиться значительного экономического эффекта весьма непросто. Решающее значение здесь приобретают социальный эффект, вопросы охраны окружающей среды, местные ограничительные факторы (близость сооружений, транспортных коммуникаций, линий проводной связи и электропередачи и т. п.).

Список литературы

1. Сычев Ю.И. Четверть века «каменной» тематике (некоторые итоги выполненных работ) // Строит. материалы. 1998. № 10. С. 6–8.
2. Глембоцкая Т.В. А.Е. Ферсман – основоположник комплексного использования минерального сырья (к 100-летию со дня рождения). М.: ИПКОН АН СССР. 1983.
3. Крюков Г.М., Левковский Г.Л. Теоретический расчет процесса внедрения в породу инструментов с клиновидной формой рабочей поверхности при малых углах приострения. Тезисы доклада. Физика горных пород и процессов. Всесоюзная научная конференция вузов СССР с участием научно-исследовательских институтов. 30 января – 1 февраля 1974 г. М.: МГИ. 1974.

Н.В. ДУРНЕВ, Ю.Г. ВОРОНЧИХИН, инженеры, «ОМЗ Горное оборудование и технологии», И.Н. САНДРИГАЙЛО, канд. техн. наук, Уральский государственный горный университет (Екатеринбург)

Новые гусеничные драглайны фирмы «ОМЗ Горное оборудование и технологии»

Отечественный и зарубежный опыт разработки месторождений сырья для производства строительных материалов показывает, что при определенных горно-технических условиях повышения эффективности горных работ можно достичь за счет использования гусеничных экскаваторов – драглайнов.

Применение этих машин для погрузки в средства колесного транспорта позволяет осуществлять нарезку новых горизонтов с большой скоростью, производить качественную зачистку кровли пластов полезного ископаемого, работать с уступами повышенной высоты и увеличенной шириной заходок, а также сокращать протяженность транспортных коммуникаций. Возможность работы с нижним черпанием обеспечивает отработку обводненных горизонтов. Гусеничный ход позволяет производить высоко маневренность и скорость передвижения машины.

Эти преимущества предопределили значительное распространение гусеничных драглайнов на зарубежных карьерах и разрезах, где используются такие машины с вместимостью ковша от 3–5 до 10–15 м³.

В то же время машиностроительные заводы СНГ производят либо небольшие гусеничные экскаваторы-драглайны с ковшем вместимостью до 1,5–2 м³, созданные на базе строительных экскаваторов, либо слишком крупные для большинства карьеров промышленности строительных материалов машины с шагающим ходом, с вместимостью ковша 6 м³ и рабочей массой более 300 т.

Отсутствие гусеничных драглайнов отечественного производства с ковшем вместимостью 3–5 м³ привело к тому, что на ряде горно-добывающих предприятий в драглайны были переоборудованы карьерные механические лопаты.

Для удовлетворения потребности горной промышленности фирмой «ОМЗ Горное оборудование и технологии» создан ряд экскаваторов-драглайнов на базе

серийной машины ЭКГ-5А. Он включает четыре модификации: ЭДГ-3,2.30, ЭДГ-3,2.30А, ЭДГ-4.25, ЭДГ-4,25А, отличающиеся вместимостью ковша, длиной стрелы и удельным давлением на грунт. Основные технические характеристики гусеничных драглайнов, производимых фирмой «ОМЗ ГО и Т», приведены в таблице.

Максимально возможная унификация узлов и деталей с конструкцией экскаватора ЭКГ-5А, выпущенного в количестве более 5000 шт. и хорошо зарекомендовавшего себя на сотнях горных предприятий России и стран ближнего и дальнего зарубежья, позволила обеспечить надежность новых драглайнов, а также существенно облегчить их обслуживание.

Гусеничные драглайны имеют новую стрелу, подъемную лебедку, ковш с упряжью и направляющими блоками, а также систему управления электроприводами. Значительным изменениям подверглись поворотный механизм и тяговая лебедка.

Конструкция новых гусеничных драглайнов максимально унифицирована. К их конструктивным особенностям относятся:

- индивидуальный электропривод основных механизмов от электродвигателей постоянного тока с новой системой управления с использованием двухкоординатных командоконтроллеров, снижающих утомляемость машиниста;
- вентилируемый электропривод хода с неограниченным режимом работы;
- планетарные редукторы поворота;
- стрела решетчатой конструкции длиной 30 м, состоящая из трех секций (двух длиной по 12,5 м и одной длиной 5 м). Возможно уменьшение длины стрелы путем демонтажа средней секции длиной 5 м, тогда длина стрелы составит 25 м;
- качающиеся головной блок и блоки наводки;
- ковш тройной конусности со сменными зубьями с клиновым креплением. Тройная конусность способст-

Параметры	ЭДГ-3,2.30	ЭДГ-3,2.30А	ЭДГ-4.25	ЭДГ-4.25А
Вместимость ковша, м ³	3,2	3,2	4	4
Длина стрелы, м	30	30	25	25
Максимальный радиус черпания, м	28,9	28,9	24,4	24,4
Максимальная глубина черпания, м	15	15	15	15
Максимальная высота выгрузки, м	10,65	10,65	8,65	8,65
Скорость передвижения, км/ч	0,55	0,55	0,55	0,55
Среднее удельное давление на грунт при передвижении, МПа	15,7	13	15,7	13
Ширина гусеничного звена, мм	1100	1400	1100	1400
Расчетная продолжительность цикла при работе в отвал и угле поворота 120°, с	42	42	42	42
Мощность сетевого двигателя, кВт	250	250	250	250
Напряжение питающей сети, кВ	6	6	6	6
Рабочая масса экскаватора, т	186	196	186	196



Гусеничный драглайн ЭДГ-3,2.30 пять лет успешно работает на добыче огнеупорной глины в ОАО «Огнеупоры» (г. Богдановичи)

ует минимизации затрат энергии на копание и лучшее заполнению ковша. Возможны различные варианты исполнения ковша в зависимости от требований заказчиков. Предусмотрены варианты ковшей для разработки скальных пород с глухой задней стенкой и для обводненных пород с задней стенкой в виде набора круглозвенных цепей;

- отдельно расположенная кабина машиниста, обеспечивающая полный обзор забоя, головных блоков и блоков наводки.

Первый гусеничный экскаватор-драглайн ЭДГ-3,2.30А был введен в эксплуатацию на глиняном карьере «Полдней» Богдановичского ОАО «Огнеупоры» в мае 1999 г. Он используется как на вскрышных работах, так и на добыче огнеупорных глин. Коэффициент крепости разрабатываемых пород по шкале М.М. Протодяконова от 0,3 до 2. Погрузка горной массы осуществляется в автосамосвалы КраЗ-256Б, Урал-55571, имеющие вместимость кузова 5–7 м³. Эксплуатационная производительность ЭДГ-3,2.30А составляет 800 м³ в смену, а максимално достигнутая – 1400 м³ в смену, это 78% от производительности драглайна ЭШ-5.45 с ковшом вместимостью 5 м³, также эксплуатирующегося на карьере «Полдней». При этом удельный расход электроэнергии на 1 м³ отгруженной массы у ЭШ-5.45 в 2 раза выше, чем у ЭДГ-3,2.30А.

По результатам опытно-промышленной эксплуатации ОАО «Огнеупоры» приобрело второй гусеничный драглайн ЭДГ-3,2.30А, который введен в эксплуатацию в мае 2001 г. Третья машина с мая 2001 г. работает в ОАО «Ванадий» Качканарского ГОКа на разработке высохшего шламохранилища с одновременным строительством дамбы. Четвертый ЭДГ-3,2.30 эксплуатируется на разрезе «Восточный» Экибастузского бассейна в Казахстане.

Благодаря своим техническим возможностям новые гусеничные драглайны фирмы «ОМЗ ГО и Т» могут найти широкое применение не только в качестве основного выемочно-погрузочного оборудования на карьерах и разрезах, но и при рытье котлованов, на строительстве дамб, шламохранилищ, плотин и т. п.

ИНФОРМАЦИЯ

Ekaterinburg. Build 2004 – кратчайший путь к строительному рынку Уральского региона

В последние годы Екатеринбург стал активно развиваться во всех направлениях, в том числе специалисты отмечают существенный рост строительной отрасли. Администрация области постоянно обновляет и расширяет жилой массив, возводятся объекты социального и промышленного назначения.

На поддержание этих положительных тенденций направлена работа выставочного бизнеса. Однако основное количество проводившихся ранее в Екатеринбурге строительных выставок оставалось внутрорегиональным. Большинство экспозиций представляли уральские компании. Такое положение заметно тормозило развитие выставочной деятельности в целом.

Компания RTE-GROUP, имеющая богатый опыт проведения межрегиональных выставок по всей России, видит одной из важнейших своих целей привлечение на выставку специалистов из всех регионов, заинтересованных в продукции Урала и налаживании деловых контактов. На выставки строительной тематики с каждым годом приезжает все большее количество предприятий из Москвы, Санкт-Петербурга, других крупных городов России, стран СНГ, Финляндии, Турции. Для того чтобы обеспечить всех желающих выставочными площадями, компания RTE-GROUP с 2002 года организует экспозицию «Ekaterinburg Build/Строительство.

Урал» в выставочном центре КОСК «Россия» (общая площадь 2000 м²). В настоящее время это выставочный комплекс в Екатеринбурге, оборудованный всем необходимым для удобства участников выставок.

В планах RTE-GROUP проведение в рамках предстоящей выставки круглого стола на тему «Межрегиональная программа строительства при участии правительства Москвы. Итоги и перспективы развития». Участники круглого стола – представители администраций и крупных инвестиционно-строительных компаний Москвы, Екатеринбурга, Перми, Тюмени и Челябинска, Комплекса архитектуры, строительства, развития и реконструкции города Москвы.

Большое внимание в этом году уделено информационной и рекламной кампании выставки. Реклама выставки идет не только в местных, но и в надрегиональных СМИ.

Выставка «Ekaterinburg Build/Строительство. Урал 2004» состоится в Екатеринбурге с 21 по 24 сентября по адресу ул. Высоцкого, 14, КОСК «Россия».

Оргкомитет выставки RTE-GROUP

126167, Москва,

Ленинградский пр-т, д. 39, стр. 1

Тел./факс: +7 (095) 101-44-07

E-mail: build@rte-expo.ru, www.uralbuild.ru

В.Н. СОРОКИНА, зам. генерального директора по производству
ООО «Новые Строительные Системы» (г. Обнинск Калужской обл.)

Повышение эффективности производства строительных материалов с помощью весоизмерительной техники «МЕТРА»

В условиях современной рыночной конкуренции для предприятий отечественного строительного комплекса залогом успешного развития становится снижение себестоимости продукции и доведение ее качества до уровня мировых стандартов. Эти цели достигаются в первую очередь за счет применения современных технологий, как производственных, так и маркетинговых.

ООО «Новые Строительные Системы» — самый мощный производитель железобетонных изделий, товарного раствора, бетона и асфальтобетона в Калужской области и прилегающей к ней части Московской области. Полная номенклатура выпускаемых изделий в настоящее время составляет более 1000 наименований для жилищного, промышленного, сельскохозяйственного строительства и конструкций инженерных сооружений. В 2000 г. ООО «НСС» вошло в состав строительного департамента Межрегиональной торгово-промышленной ассоциации; с этого времени начался период активной модернизации предприятия, целью которой является создание комплекса по производству строительных материалов, отвечающего современным международным требованиям.

В 2000 г. был организован цех по производству железобетонных изделий для панельного домострое-

ния, производственные мощности которого позволяют обеспечить одновременное строительство четырех 9-этажных домов.

В 2002 г. приобретен, а с 2003 г. работает на полную мощность импортный завод по производству асфальтобетона производительностью 130 т в час, что более чем в два раза превышает старые мощности предприятия. Новый АБЗ значительно эффективнее старого оборудования по экономическим показателям, энергопотреблению, расходу заполнителей, нефтебитума, природного газа. В результате замены оборудования практически отсутствуют вредные выбросы в атмосферу.

Следующим шагом технического перевооружения предприятия стало приобретение нового, также импортного, растворобетонного завода производительностью 125 м³ продукции в час. В настоящее время идет монтаж оборудования.

Запланирована также полная реконструкция деревообрабатывающего завода. Будет приобретено высокоавтоматизированное оборудование для производства объемно-модульных конструкций по технологии SIP.

Высокая эффективность капиталовложений достигается за счет гибкого сочетания зарубежной техники с лучшими отечественными наукоемкими технологиями. Ярким приме-

ром таких технологий является комплексный весовой учет материальных ресурсов, который позволяет минимизировать производственные издержки и затраты. Разработчиком комплексного весового учета материальных ресурсов является обнинское НПП «МЕТРА».

Весоизмерительная техника «МЕТРА» применяется на предприятиях ассоциации сравнительно недавно — с марта 2003 г. На растворобетонном заводе используются вагонные весы типа М8300, с помощью которых осуществляется приемка сырья, поступающего на предприятие железнодорожным транспортом. Эти весы используются для взвешивания вагонов с цементом, щебнем и различными минеральными добавками. На асфальтобетонном заводе задействованы автомобильные весы типа М8200А, на которых производится взвешивание минеральных порошков, нефтебитума, песка и щебня в начале технологического цикла и готовой асфальтобетонной смеси — при отгрузке потребителям.

Несмотря на то что весоизмерительную технику «МЕТРА» ООО «Новые Строительные Системы» начали применять всего полтора года назад, уже можно с уверенностью говорить о реальной выгоде ее применения. Например, до внедрения высокоточной весоизмерительной техники у предприятий корпорации нередко возникали недоразумения при работе с поставщиками. В частности, имели место недопоставки сырья, особенно щебня и цемента, которые негативно сказывались на выпуске конечного продукта, так как заметить недопоставку можно было только в ходе технологического процесса, а оценить ее количественно — лишь приблизительно.

ООО «Новые Строительные Системы» существует с 1956 г., когда экономика во многом была волюнтаристской, а недопоставки сырья были ее негативной, но почти неотъемлемой частью. Накладная, в которой



указывался вес груза, была единственным сопроводительным документом, истинность которого никогда не оспаривалась: какую массу указывал поставщик груза, такую массу вынужден был приходить потребитель. С введением весового учета ООО «Новые Строительные Системы» получили возможность четко контролировать количество сырья уже на входе и в случае необходимости предъявлять поставщикам аргументированные претензии, подкрепленные точными весовыми данными. Большую помощь оказывают весы и при перемещениях сырья и полупродуктов внутри предприятия, при которых раньше также не редки были неучтенные потери.

Положительно сказались применение весоизмерительной техники «МЕТРА» и на снижении производственных издержек. Когда во главу угла взаимоотношений с поставщиками и потребителями был поставлен четкий весовой учет, взаимные претензии сразу прекратились. Особенно это заметно при отпуске асфальтовой смеси потребителям, где погрешность отгрузки до применения электронных весов нередко достигала 5–6%, причем в большую сторону.

Повлиял весовой учет и на качество выпускаемой продукции. Взвешивание материалов на высокоточных весах позволяет соблюдать рецептуру товарного раствора, бетона, асфальтобетона.

Снижение материальных издержек с помощью весового учета привело и к снижению себестоимости продукции. Неучтенных потерь материалов стало меньше, что, естественно, сказалось на величине прибыли. Заметно упростилась и работа бухгалтерии. Поскольку вся весоизмерительная техника «МЕТРА» электронная и объединена в единую компьютерную сеть, бухгалтерия в любой момент времени может получить точную оперативную информацию о расходе материалов: сколько было поставлено, сколько уже использовано в производстве, сколько еще осталось на складе.

С применением автоматического весового учета на предприятии значительно сократилось и количество неквалифицированных рабочих мест. Для обслуживания и дистанционного управления весоизмерительной техникой НПП «МЕТРА» достаточно одного квалифицированного оператора.

ООО «Новые Строительные Системы» связано многолетним партнерством с такими крупнейшими инвесторами, как «Газпром», «Русский продукт», «Зангаз», «Венталл»,

«Рехам» и рядом других промышленных комплексов, ориентированных на международный рынок. С пуском нового БСЗ предприятие будет сертифицировать продукцию по международным стандартам ISO. В свете этого техника НПП «МЕТРА» полностью соответствует всем требованиям и задачам, поскольку ее характеристики отвечают не только ГОСТам, но и международным стандартам качества. Эта техника очень надежна, точна, неприхотлива и удобна в обслуживании, а широкие функциональные возможности позволяют говорить о ее универсальности и использовании для решения обширного круга задач. Например, автомобильные весы нередко применяются даже для внутренних заводских строительных нужд: взвешивания мешков с цементом и битумом, поддонов с кирпичом, бухт с кабелем и прочего груза вне автотранспорта.

Таким образом, внедрение весоизмерительной техники НПП «МЕТРА» позволило ООО «Новые Строительные Системы» минимизировать свои материальные потери, эффективнее использовать производственные мощности, а значит, ощутимо сократить сроки поставки продукции и заметно расширить круг потребителей.



весоизмерительная техника
мирового уровня

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ ВЕСЫ:

- АВТОМОБИЛЬНЫЕ
- ВАГОННЫЕ
- АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ДОЗИРОВАНИЯ



ООО НПП «МЕТРА» 249038, Калужская обл., Обнинск, а/я 8128
Тел.: (08439) 44310, 41003; (095) 7774184
Факс: (08439) 40191
E-mail: info@metra.ru

www.metra.ru

Ф.Ф. ИГОШИН, нач. конструкторского отдела – главный специалист,
ООО «Фирма «ВНИР» (Москва)

Приборы для измерения влажности дерева

Данная статья является попыткой обобщения многолетнего опыта фирмы «ВНИР» по разработке и продаже измерителей влажности для строительных и производственных организаций. При этом учитывались как собственные исследования, так и отзывы и предложения потребителей.

При выполнении строительномонтажных и отделочных работ часто возникает необходимость измерения влажности дерева и пиломатериалов. Для проведения таких измерений наиболее часто применяются влагомеры, основанные на следующих методах: кондуктометрическом (игольчатые) по ГОСТ 29027–91, диэлькометрическом по ГОСТ 21718–84 и термогравиметрическом (методе высушивания). Наиболее точным методом из вышеперечисленных является термогравиметрический, но он применяется значительно реже остальных, так как требует значительных затрат времени и высокой точности взвешивания образцов.

К кондуктометрическим приборам относятся приборы ЭВ-2К, ИВ-1-1, ИВ-60 и др., к диэлькометрическим приборам – ВСКМ-12, ВСМ и т. д. Кондуктометрический метод основан на прямом измерении электрического сопротивления между игольчатыми электродами, которые внедряются в толщу древесины. Преимущества приборов, основанных на этом методе, в простоте конструкции и невысокой стоимости. К сожалению, имеется ряд существенных недостатков, ограничивающих их применение. Во-первых, после измерения влажности на поверхности испытываемого материала остаются следы от иголок. Во-вторых, нельзя проводить измерения влажности материалов, подвергшихся обработке химическими составами (например, для огнеупорности, стойкости к гниению и т. д.), поскольку ис-

пользуемые составы представляют собой или соли, или электролиты, обладающие собственной высокой проводимостью, сильно искажающей показания прибора в сторону увеличения влагосодержания. Кроме того, существенным недостатком приборов, основанных на кондуктометрическом методе, является сильная подверженность электродной системы (иголок) загрязнению, вносящим большую погрешность в измерения, электрическое сопротивление измеряемого материала при низком и среднем влагосодержании составляет от единиц мегаом до сотен гигаом (например, при влажности 8% сопротивление составляет примерно 30 ГОм), что может быть соизмеримо с сопротивлением загрязнений. В силу этого требуется хорошо продуманная и тщательно выполненная электродная система с применением специальных материалов с высокоизоляционными свойствами, с возможностью легкой и эффективной очистки перед каждым измерением. К недостаткам метода можно отнести и то, что сопротивление древесины может зависеть не только от влажности, но и от почвы, на которой росло дерево (например, если в ней был избыток солей, сопротивление будет ниже).

В настоящее время выпускается целый ряд приборов, основанных на кондуктометрическом методе, начиная от самых простых, с индикацией на светодиодах, до микропроцессорных с автоматической коррекцией температуры.

Диэлькометрический метод измерения влагосодержания основан на зависимости диэлектрической проницаемости измеряемого материала от количества воды, в нем содержащейся. Диэлектрическая проницаемость собственно древесины в зависимости от породы находится в преде-

лах от 2 до 6, в то время как диэлектрическая проницаемость воды на порядок больше – 80–84. Таким образом, даже небольшое количество воды существенно меняет суммарную диэлектрическую проницаемость материала. Данный метод имеет ряд преимуществ по сравнению с кондуктометрическим. Во-первых, он является бесконтактным, и поэтому приборы, основанные на диэлькометрическом методе, не оставляют на поверхности измеряемого материала следов. Во-вторых, измеряемая влажность является величиной интегральной, то есть измеряется средняя влажность в объеме материала под датчиком на глубину, соизмеримую с радиусом датчика. Поверхностное загрязнение, изморозь, роса, оказывают на интегральную влажность очень малое влияние. В-третьих, диэлькометрический метод может применяться при измерении влажности не только дерева, но и других материалов, например бетона, песка, цемента и др.

Наиболее широко применяется способ регистрации влагосодержания по величине отклонения частоты резонанса радиочастотного контура, помещенного вплотную к испытываемому материалу. При этом чем выше доля влаги в материале, тем сильнее уменьшается резонансная частота контура, что и регистрируется прибором.

Поясним работу такого прибора на примере влагомера ВСМ производства ООО «Фирма «ВНИР». Внешний вид прибора представлен на рис. 1. Структурная схема прибора приведена на рис. 2.

Измерительный колебательный контур состоит из высокодобротной катушки индуктивности очень жесткой конструкции, с которой соединен пластинчатый электрод конденсатора контура. Другой пластиной



Рис. 1. Влагомер универсальный ВСМ

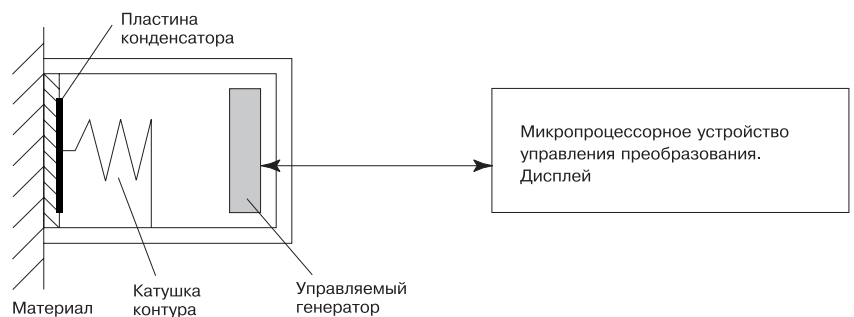


Рис. 2. Структурная схема измерения влажности с помощью влагомера ВСМ

конденсатора является металлический корпус датчика. Торцевая поверхность пластины конденсатора мала, поэтому паразитная емкость тоже мала и практически не вносит дополнительного сдвига резонансной частоты. Максимальной чувствительностью прибор обладает благодаря размещению плоскости пластины параллельно испытываемому материалу с минимальным зазором.

На колебательный контур подается частота с генератора, управляемого синтезатором частот. Эта частота циклически меняется в диапазоне от 5 до 200 МГц с шагом 0,005 МГц. Одновременно для регистрации резонансного сигнала подается на микропроцессорное устройство для преобразования и индикации. Резонансные кривые для материала с разным влагосодержанием приведены на рис. 3. Благодаря микропроцессорной цифроаналоговой обработке сигнала достигается высокая точность и стабильность показаний. Двенадцатиразрядное цифроаналоговое преобразование позволяет точно регистрировать резонансный пик сигнала отклика при максимальных значениях влажности материала, когда из-за шунтирования измерительного контура влагой общая добротность контура резко падает и резонансный пик едва различим. Дальнейшая обработка состоит в пре-

Прибор	Диапазон измерения влажности, %	Предел допускаемой погрешности, %	Примерная стоимость, р
ИВ-1-1	8–30	± 3,5	4000
ВСМ	0–18 (сосна)	± 0,5	20000

образовании сдвига частоты в процентное влагосодержание при помощи полиномиальной зависимости и выводе на цифровой дисплей.

При создании прибора была проведена большая работа по получению разных полиномов для различных пород древесины и других материалов с использованием термогравиметрического метода. Взвешивание материала проводилось на аналитических весах с точностью 0,001%. Полиномы, соответствующие каждому материалу, занесены в память микропроцессора.

Прибор автоматически калибруется при каждом измерении с помощью естественного эталона – окружающего воздуха с диэлектрической проницаемостью 1, которая практически не меняется от температуры, атмосферного давления и газового состава.

Прибор имеет аккумуляторное питание с автоматическим контролем и индикацией состояния аккумуляторной батареи.

Сравнительные характеристики кондуктометрического прибора

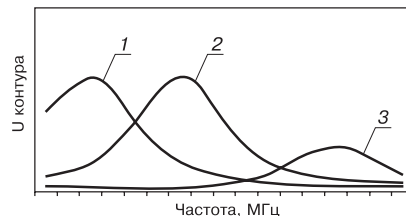


Рис. 3. Кривые резонанса контура: 1 – резонанс при калибровке по воздуху; 2 – материал с низким влагосодержанием; 3 – материал с высоким влагосодержанием

ИВ-1-1 и диэлькометрического ВСМ приведены в таблице.

Кроме материалов, хранящихся в памяти ВСМ, имеется возможность настройки прибора на практически любой материал заказчика.

По всем вопросам, касающимся измерений влажности, можно обратиться в ООО «Фирма «ВНИР». Главный специалист Игошин Федор Федорович, контактный телефон (095) 437-51-10, E-mail: vnir@aha.ru.



ФИРМА «ВНИР»

Внедрение научно-исследовательских разработок

Фирма «ВНИР» создана в 1991 году и является лидером на российском рынке в области поставок оборудования для строительных лабораторий, отделов контроля качества строительных материалов и строительно-монтажных работ.

В настоящее время фирма «ВНИР» – единственная в России компания, с помощью которой строительные лаборатории могут решить все проблемы, связанные с обеспечением жизнедеятельности и метрологического сопровождения.

Фирма «ВНИР» оказывает полный комплекс услуг, в перечень которых входят:

- комплектация строительных и испытательных лабораторий всем необходимым оборудованием и нормативными документами;
- разработка и изготовление новых приборов с учетом рекомендаций потребителей, модернизация оборудования;



УК-15М
Ультразвуковой прибор

- ремонт, поверка, калибровка и аттестация лабораторного оборудования;
- пуско-наладочные работы и ремонт у заказчика;
- качественная (экспертная) оценка существующей и новой лабораторной техники;
- поиск лабораторного оборудования с заданными параметрами;

• прием на реализацию, обмен и покупка лабораторного оборудования;

• приобретение неликвидов (неисправного, неиспользуемого и устаревшего оборудования);

• проектирование зданий и сооружений (гидротехнических), фундаментов, подпорных стен, бетонных и железобетонных конструкций. Обследование технического состояния перечисленных сооружений.

Одним из основных направлений деятельности компании является разработка приборов нового поколения. Последние разработки – приборы АГАМА-2РМ, влагомер ВСМ, ультразвуковой прибор УК-15М.

В компании создана уникальная база данных заказчиков и поставщиков лабораторной техники, а также нормативно-технической документации, аналогов которой нет в России.

В электронной базе содержится более 1500 наименований приборов и оборудования, которые имеются на складах компании. Наличие компьютерной сети и своей программы позволяет фирме «ВНИР» оперативно исполнять любые заказы.

С нами сотрудничают более 15 тыс. предприятий, деятельность которых связана со строительством или испытаниями различных материалов. Среди них организации, строившие Храм Христа Спасителя, деловой центр «Москва-Сити», Московскую кольцевую автомобильную дорогу; иностранные фирмы, занимающиеся строительством при разработке нефтяных и газовых месторождений в Республике Казахстан.

Фирма «ВНИР» активно принимает участие в основных мероприятиях по строительной тематике: специализированных выставках Москвы и других регионов, семинарах и конференциях, где неоднократно отмечалась дипломами.

Персонал фирмы «ВНИР» – это молодой динамичный коллектив во главе с опытным руководством. Высокий профессионализм и компетентность персонала в сочетании с максимальным вниманием к интересам заказчика позволяют качественно и на высоком уровне выполнить самый сложный заказ.



АГАМА-2РМ

ООО Фирма «ВНИР»
119361, г. Москва, ул. Озерная, д. 44, стр. 1.
Тел/факс: (095) 430-04-28, 437-98-00,
437-51-10, 437-22-74.
E-mail: vnir@aha.ru
www.vnir.ru

УДК 678.6.06-405.8

В.П. ГЕРАСИМЕНЯ, д-р техн. наук, заслуженный деятель науки РФ, профессор, председатель совета директоров ЗАО «НТЦ МЕТТЭМ» (Москва)

Теплоизоляционный материал «МЕТТЭМ ПЛАСТ»: проблема экологической безопасности производства карбамидных пенопластов решена

Чем больший авторитет завоевывает пеноизол, тем больше появляется его подделок. Особенно хочется обратить внимание на то, что пеноизол (ТУ 5768-001-18043501-97, и ТУ 2254-001-33000727-2000) до настоящего времени изготавливался только из карбаминоформальдегидной смолы марки ВПС-Г.

За разъяснениями о порядке применения теплоизоляционного материала пеноизол технологии ЗАО «НТЦ МЕТТЭМ» мы обратились в орган управления строительным комплексом РФ, в полномочия которого входит установление законного порядка допуска к применению в строительстве материалов, конструкций, узлов, деталей и технологий. Получен ответ Госстроя РФ исх. № 9-14/307 от 16. 04 03 г., из которого следует, что Госстрой РФ озабочен создавшимся положением и указывает на условия, при которых возможно применение продукции, выпускаемой только ЗАО «НТЦ МЕТТЭМ» без оформления технического свидетельства Госстроя России: пеноизол должен выпускаться в полном соответствии с ТУ 2254-001-33000727-2000 из смолы ВПС-Г; применение должно осуществляться в полном соответствии с «Рекомендациями по применению теплоизоляционного материала пеноизол в наружных ограждениях жилых и общественных зданий», разработанных ОАО «ЦНИИЭП жилища».

Таким образом, Госстрой России подвел итоги современной практики применения пеноизола в строительстве жилья и дал разъяснения с учетом накопленного опыта применения ячеистого вспененного карбаминоформальдегидного пенопласта в качестве теплоизоляции в трехслойных конструкциях.

Реализация федеральных целевых программ «Жилье» и «Свой дом», подпрограмм «Структурная перестройка производственной базы жилищного строительства» и «Энергосбережение в строительстве» в значительной степени зависят от того, сумеет ли отечественная промышленная база обеспечить потребности строительного комплекса в эффективных, долговечных и разнообразных утеплителях, соответствующих мировым стандартам. По данным АО «Теплопроект» установлено, что потребность только жилищного сектора строительства в эффективных утеплителях уже к 2010 г. должна составить 25–30 млн м³ материала.

Создать недорогой эффективный российский утеплитель, который можно было бы производить повсеместно из доступного сырья, — такую задачу поставили перед собой 12 лет назад ученые и специалисты ЗАО «НТЦ МЕТТЭМ». Результатом многолетней работы совместно с рядом научных и производственных учреждений РФ явилось создание технологии, пяти поколений технологического оборудования [1–3], трех марок новой специально разработанной малотоксичной карбаминоформальдегидной смолы для производства четвертого поколения карбамидного пенопласта [4–6], получившего в 1993 г. торговое название пеноизол. Патентное право на изобретения, полезные модели в установленном порядке признано Российской Федерацией и принадлежит ЗАО «НТЦ МЕТТЭМ»; технические условия и технологический регламент производства согласованы с Госстанэпиднадзором и Госстроем РФ.

Объем реализации пеноизола в стране с 1996 г. (начало промышленного применения) вырос в девять раз. Только за последние четыре года мы наблюдаем устойчивый 10%-ный ежегодный прирост его производства и применения.

Пеноизол предназначен для тепловой изоляции зданий и сооружений жилищного и промышленного назначения в качестве среднего слоя строительных конст-

рукций. Возможно применение его в конструкциях вентилируемого фасада.

Изготавливается он на основе карбаминоформальдегидной смолы (КФС) беспрессовым способом, без термической обработки. Первоначальное отверждение происходит первые 15 мин, затем он выдерживается в форме 4–6 ч, режется на необходимые размеры и сушится в естественных условиях в течение 2–3 сут.

Пеноизол, изготовленный по технологии ЗАО «НТЦ МЕТТЭМ», — это имеющая точно установленные отличительные показатели свойств материала модификация карбаминоформальдегидного пенопласта (КФП), исключающая недостатки предыдущих модификаций (МФП1, МФП2, МФП3, МФП4, БТП) и утверждающая его эффективность для теплоизоляции наружных стен и покрытий всех видов зданий и сооружений. При этом пенопласт можно выпускать как на предприятии в виде плит и крошки, так и непосредственно на строительной площадке при заливке технологических полосей конструкций. По сути на сегодня — это один из экономичных высокоэффективных теплоизоляционных материалов. Себестоимость его производства в 2–7 раз ниже известных теплоизоляционных материалов, он прост в изготовлении, технологичен в применении, пожаробезопасен, отличный звукоизолятор.

Пеноизол прошел все необходимые испытания в аккредитованных Госстандартом, Госстроем, Пожарнадзором России испытательных лабораториях и рекомендуется к применению как теплоизоляционный материал в любых видах зданий и сооружений.

Коэффициент теплопроводности составляет 0,03–0,04 Вт/(м·К) при объемной плотности 10–25 кг/м³, прочность при сжатии при 10% линейной деформации — 0,005–0,035 МПа, сорбционное увлажнение — 15–18 мас.%, водопоглощение — 10–12 об. %, паропроницаемость — 0,21–0,24 г/(м·ч·Па).

По расчетам специалистов слой пеноизола толщиной 5 см по теплоизолирующим свойствам эквивалентен кирпичной стене толщиной 1 м.

Пеноизол — это материал, не способный к самостоятельному горению после удаления источника огня и не выделяющий при горении высокотоксичных веществ.

Испытанием его на долговечность по методике, разработанной совместно с НИИстройфизика РААСН и ИХФ РАН, установлено, что эксплуатационный ресурс материала в конструкциях составляет не менее 75 лет.

Высокое качество материала определяется применением специально разработанных для него исходных пенообразующих компонентов и технологического оборудования, позволяющего обеспечить требуемый технологический процесс по технологическому регламенту. Уже достаточно известно и хорошо себя зарекомендовало разработанное ЗАО «НТЦ МЕТТЭМ» технологическое оборудование. Несмотря на кажущуюся простоту оборудования и его возможную повторяемость, оно конструктивно содержит в себе ноу-хау, не учитывая которое невозможно получить пенопласт, удовлетворяющий предъявляемым требованиям к зарегистрированному «НТЦ МЕТТЭМ» пеноизолу по ТУ 5768-001-18043501-93, ТУ 5768-001-18043501-97, ТУ 2254-001-33000727-2000.

В настоящее время разработана новая модель установки с электронным блоком управления качества смешения пенообразующих пеномассы при производстве пенопласта с целью улучшения его физико-механических и экологических свойств, что существенно расширит область применения материала.

За эти годы в центре созданы технологические линии — ПЛ-10 и ПЛ-30, предусматривающие механизацию части трудоемких ручных операций, увеличивающие производительность и одновременно улучшающие качество материала.

Опыт производства пеноизола показал, что технологический процесс с нашим оборудованием обеспечивает стабильное получение дешевого и высокоэффективного отечественного материала с заданными физико-механическими характеристиками.

Основной составляющей для производства пеноизола является КФС марки ВПС-Г (ТУ 2223-057-05015227-2000, ТУ 2223-003-33000727-2002). Указанная малотоксичная КФС была разработана нами впервые в мировой практике специально для производства экологически безопасных КФП.

Проведенные нами исследования и многолетний опыт применения КФС марки ВПС-Г показали, что у КФП, изготовленного из вновь синтезированной смолы, выделение формальдегида в атмосферу уже после первых семи суток в 7–10 раз ниже, чем у материала на основе известных смол, например у крепителя М-3, смолы КФ-МТ, КФМТ-15, КФ-Ж и др., которые вообще не предназначены по своим структурным и функциональным показателям для производства карбамидных пенопластов. Это обусловлено прежде всего малым содержанием свободного формальдегида в исходной пенообразующей композиции, а также значительно меньшим его количеством, образующимся при отверждении смолы марки ВПС-Г.

До настоящего времени технологическая ценность и перспективы использования пеноизола в ограждающих конструкциях ограничивались прежде всего недостаточно полным соответствием гигиенических свойств материала нормативным требованиям Госсанэпиднадзора МЗ РФ.

Дальнейшими исследованиями было установлено, что наблюдаемое превышение содержания формальдегида в материале во времени выше нормы предельно допустимой концентрации (ПДК) связано с продолжительным выделением из него формальдегида за счет ги-

дролитической или термической деструкции химической структуры полиформальдегида в материале по концевым группам.

Показано, что именно из-за структурной микронеровности свободный формальдегид остается в олигомере даже при максимальной конверсии реагентов (частично из-за неучастия в процессе, частично из-за обратимой деструкции при экзотермическом разогреве на этапе синтеза). Вследствие этих причин существующие материалы и изделия с применением КФС продолжают оставаться неудовлетворительными по функционально-потребительским свойствам и экологии.

Согласно технологическому режиму в зависимости от температуры при конденсации получается как линейная структура КФС (при $t > 60^\circ\text{C}$), так и неустойчивая на начальной стадии синтеза смесь моно- и димерных продуктов, образующихся при $t \leq 45^\circ\text{C}$, что приводит в дальнейшем к неустойчивым характеристикам физико-механических свойств пенопласта и повышенному выделению формальдегида при его эксплуатации.

Другой причиной повышенного содержания в пенопласте свободного формальдегида и его накопления в капиллярах пенопласта с последующей эмиссией в атмосферу при изменении температуры окружающей среды и относительной влажности воздуха может являться наличие в исходном формалине полиформальдегида, который сохраняется и увеличивается в реакционной смеси в свободном виде.

Причиной полимеризации свободного формальдегида в процессе синтеза смолы является прежде всего снижение кислотности среды при загрузке карбамида, когда имеет место формирование полиформальдегида на твердых частицах растворяющегося карбамида.

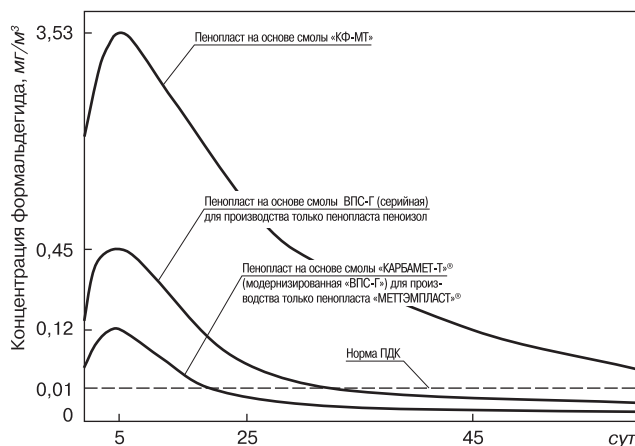
Поэтому выделение формальдегида объясняется прежде всего наличием в материале непрореагировавшего при поликонденсации полиформальдегида, а также его образования вследствие наличия в полимере метилольных групп и метиленаэфирных связей, превращающихся в метиленовые. В процессе сушки пенопласта основная часть свободного формальдегида удаляется из материала вместе с влагой, а полиформальдегид, оставаясь в пенопласте, длительное время продолжает насыщать поры материала свободным формальдегидом, превышение концентрации которого в объеме материала приводит к его эмиссии в атмосферу.

Решая эту проблему на протяжении последних пяти лет, мы установили, что снижение содержания свободного формальдегида в карбамидном пенопласте может быть достигнуто только при комплексном подходе учета кинетического фактора регулирования структурных превращений в олигомере на этапах синтеза (производства) смолы, подготовки ее к применению, производства материалов и изделий. Причем основная роль в производстве экологически безопасного теплоизоляционного материала принадлежит этапу синтеза смолы.

Нами впервые была предпринята попытка снижения токсичности смол таким проведением синтеза, при котором на первой стадии формируется линейный олигомер с оксиметиленовыми мостиками, а на второй происходит стабилизация этих мостиков межмолекулярными водородными связями между ними и метилольными группами соседних олигомеров.

По результатам исследований были разработаны новый способ снижения содержания свободного формальдегида и технологический регламент заводского производства смолы.

В основу разработанной технологии положены метод гомогенизации смолы и рабочих растворов при производстве и изготовлении материалов и изделий с практическим отсутствием в смоле полиоксиметиленов, которые являются источником выделения свободного формальдегида в процессе эксплуатации конечных продуктов.



Сравнительная характеристика эмиссии формальдегида из КФП на основе промышленно выпускаемых смол и «КАРБАМЕТ-Т»®

Осуществление контроля состава компонентов и кинетики их превращения в процессе синтеза позволило нам сформировать линейную структуру смолы при сохранении высокого мольного соотношения карбамида к формальдегиду, обеспечивающего ее устойчивость во времени, низкую эмиссию формальдегида при производстве и изготовлении материалов и изделий.

В настоящее время взамен выпускаемой промышленностью КФС марки ВПС-Г ОАО «Карболит» (г. Орехово-Зуево Московской обл.) освоило технологию синтеза модернизированной смолы по ТУ 2223-100-05015227–2004 под торговой маркой «КАРБАМЕТ-Т»®.

На основе полученных нами научных результатов учеными и специалистами ЗАО «НТЦ МЕТТЭМ» создан новый карбамидный пенопласт «МЕТТЭМПЛАСТ»® с улучшенными экологическими, а также теплофизическими и физико-механическими свойствами.

Исследования показали, что у КФП, изготовленного из вновь синтезированной смолы, выделение свободного формальдегида из материала уже после первых 2–3 сут его изготовления в 5–7 раз ниже, чем у материала, изготовленного на основе смолы марки ВПС-Г.

По санитарно-гигиеническим показателям у теплоизоляционного пенопласта после завершения процесса его полимеризации и сушки снижение выделения свободного формальдегида до норм ПДК = 0,01 мг/м³ воздуха сокращается во времени в 5–6 раз по сравнению с существующим пенопластом пеноизол и составляет 15–25 сут (см. рисунок).

Следует отметить, что при применении новой смолы марки «КАРБАМЕТ-Т»® для получения КФП значительно улучшается экология производственных площадей, что сокращает дополнительные затраты на поддержание санитарных требований к его производству.

С учетом проведенного комплекса работ по созданию экологически безопасного КФП, а также опыта его применения в строительстве за эти годы были разработаны и используются на практике «Альбом типовых ограждающих конструкций для монолитного домостроения», выполненный при участии специалистов Восточно-Европейского Союза экспертов в строительстве; «Каталог строительных ограждающих конструкций с применением пеноизола в

качестве утеплителя», выполненный Самарской государственной архитектурно-строительной академией совместно с компанией «Ритм»; «Рекомендации по применению эффективного теплоизоляционного материала пеноизол в наружных ограждениях жилых и общественных зданий», разработанные ОАО «ЦНИИЭП жилища», Москва.

Учитывая низкую теплопроводность пеноизола, его рекомендуется применять в трехслойных кирпичных стенах, трехслойных железобетонных монолитных стенах, слоистых панелях из сборных сооружений, каркасных легких стенах и покрытиях одно- и двухэтажных зданий, для утепления наружных ограждений всех видов эксплуатируемых гражданских зданий.

Во всех случаях применение пеноизола в конкретных конструкциях должно быть согласовано с местными органами пожарного надзора.

Интерес специалистов к применению пеноизола в строительстве постоянно растет. Уже сегодня в Москве и Московской области построено более 25 жилых домов с применением в качестве эффективного утеплителя КФП пеноизол в полном соответствии с новыми требованиями СНиП 11-3-79 «Строительная теплотехника». ЛенжилНИИпроектом разработаны конструкции для утепления фасадов существующих зданий.


За эти годы тысячи кубометров были поставлены на стройки Самарской, Тюменской и Ульяновской областей, Ставрополя, Оренбурга и др.

Особый интерес вызывает пеноизол при ремонте старых зданий и сооружений с его заливкой во внутреннюю полость стен.

Таким образом, проведенный за эти годы ЗАО «НТЦ МЕТТЭМ» комплекс работ по созданию экологически безопасного карбамидного пенопласта надежно закрепил его применение в качестве материала для тепловой изоляции в виде среднего слоя ограждающих конструкций в жилом и промышленном строительстве на территории Российской Федерации. Понимая всю меру ответственности за будущее внутреннего рынка строительных технологий, ЗАО «НТЦ МЕТТЭМ» обращается к читателям журнала, руководителям строительных комплексов районов и городов России, руководителям строительных предприятий и фирм и приглашает к цивилизованному сотрудничеству на основе порядка и правил, установленных Госстроем РФ.

Список литературы

1. Патент 2036706 РФ. Оpubл. 09.06.95. Бюл. № 16.
2. Патент 2163504 РФ. Оpubл. 27.02.2001. Бюл. № 6.
3. Свидетельство на полезную модель № 17886 РФ. Оpubл. 10.05.2001. Бюл. № 13.
4. Патент 2114870 РФ. Оpubл. 20.07.98. Бюл. № 19.
5. Патент 2115666 РФ. Оpubл. 20.07.98. Бюл. № 20.
6. Патент 2188211 РФ. Оpubл. 27.08.2002. Бюл. № 24.
7. Герасименя В.П., Гумаргалиева К.З., Соловьев А.Г., Соболев Л.А., Мальков И.Н. Новое поколение карбамидных теплоизоляционных пенопластов // Строит. материалы. 1996. № 6. С. 8.
8. Герасименя В.П., Гумаргалиева К.З., Соловьев А.Г., Соболев Л.А., Мальков И.Н. Экологическая безопасность нового поколения карбамидных теплоизоляционных пенопластов // Строит. материалы. 1997. № 4. С. 21.



143900, г. Балашиха Московской обл., ул. Ленина, 27а
Тел./факс (095) 521-08-87; 939-74-33
E-mail: ntc-mettem@rambler.ru
www.ntc-mettem.ru

М.Ю. АБЕЛЕВ, д-р техн. наук, лауреат Государственной премии СССР, заслуженный строитель России, Р.Р. БАХРОНОВ, канд. техн. наук, ГАСИС (Москва)

Применение экструдированного пенополистирола URSA FOAM при устройстве оснований фундаментов в зимнее время

Анализ деформаций сооружений в последние годы показывает, что более 15% случаев нарушения эксплуатационной пригодности обусловлено ошибками, которые были допущены при устройстве оснований и фундаментов в зимнее время. Такие деформации наблюдались как в процессе строительства, когда происходят процессы морозного пучения грунтов основания и как следствие подъем уже построенных частей зданий (иногда до 2 этажей) на 20–30 см, так и в результате устройства фундаментов на уже промороженных грунтах, в которых до устройства фундаментов имелись линзы льда.

На территории России, по данным наблюдений, в зимнее время происходит промерзание грунтов практически во всех районах. Глубина промерзания зависит от местоположения площадки строительства (так, например, на севере в Кемеровской области – 3,5 м, а в районе Ростова-на-Дону – 90 см) и от свойств грунтов, залегающих в основании строящегося сооружения.

Пучинистыми называют грунты, которые при промерзании и переходе в мерзлое состояние обладают свойством увеличиваться в объеме вследствие замерзания в них воды и образования ледяных включений в виде прослоек, линз, поликристаллов и др. При последующем оттаивании в них протекает обратный процесс, сопровождающийся осадкой, разуплотнением и снижением несущей способности. Таким образом, при строительстве зданий и сооружений на пучинистых грунтах необходимо учитывать сезонные знакопеременные деформации основания, проявляющиеся в виде подъема и оседания его поверхности. Пучинистыми могут быть практически все виды глинистых грунтов, а также пылеватые и мелкие пески.

Основными специфическими характеристиками пучинистых грунтов являются:

- абсолютная величина (деформация) морозного пучения h_f , представляющая собой высоту поднятия промерзшего грунта в данной точке;

- интенсивность пучения f_f , характеризующая пучение элементарного слоя промерзающего грунта;
- относительное пучение, или коэффициент пучения \bar{f} , определяемое по формуле

$$\bar{f} = h_f/d_f \quad (1)$$

где d_f – мощность слоя промерзания грунта.

В зависимости от гранулометрического состава, природной влажности, глубины промерзания и уровня расположения подземных вод грунты при промерзании по степени пучинистости подразделяются на сильнопучинистые, среднепучинистые, слабопучинистые и практически непучинистые.

При установлении типа грунта по степени морозной пучинистости консистенция глинистых грунтов должна приниматься по их природной влажности, соответствующей периоду начала промерзания (до миграции влаги в результате действия отрицательной температуры). При наличии в пределах расчетной глубины промерзания глинистых грунтов различной консистенции степень морозной пучинистости этих грунтов в целом принимается по средневзвешенному значению их консистенции.

Крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем, содержащие в своем составе более 30% по массе частиц размером менее 0,1 мм, при положении уровня подземных вод ниже расчетной глубины промерзания от 1 до 2 м относятся к среднепучинистым грунтам, а менее 1 м – к сильнопучинистым.

Установление типа грунта по степени морозной пучинистости производится с учетом расстояния между глубиной промерзания грунта и уровнем подземных вод. Разность между глубиной залегания уровня подземных вод и расчетной глубиной промерзания грунта определяется по формуле

$$z = d_w - d_f \quad (2)$$

где d_w – расстояние от планировочной отметки до глубины залегания уровня подземных вод; d_f – расчетная глубина промерзания.

При проектировании и строительстве на пучинистых грунтах не-

обходимо различать нормативную и расчетную глубину сезонного промерзания грунтов.

Нормативная глубина сезонного промерзания грунтов принимается равной средней из ежегодных максимальных глубин их сезонного промерзания (по данным наблюдений за период не менее 10 лет) под открытой, оголенной от снега поверхностью горизонтальной площадки при уровне подземных вод, расположенных ниже глубины сезонного промерзания грунтов.

Расчетная глубина сезонного промерзания грунтов определяется в зависимости от нормативного значения d_n по формуле

$$d_f = K_h d_n \quad (3)$$

где K_h – коэффициент, учитывающий влияние теплового режима в здании, – принимается равным для неотапливаемых зданий $K_h = 1,1$, а для отапливаемых – в зависимости от конструкции полов, температуры внутри здания.

При устройстве фундаментов в пучинистых грунтах необходимо принимать последствия ошибок при проведении работ. Например, использование пучинистых грунтов для обратной засыпки. При понижении температуры грунта происходит сжатие его с фундаментом и одновременно увеличение в объеме, приводящее к подъему поверхности. За счет этого по вертикальным поверхностям фундамента возникают касательные силы пучения (рис. 1а, б), которые направлены вверх и стремятся поднять фундамент.

Если при производстве работ глубина подошвы фундамента оказалась выше нижней границы глубины промерзания, то кроме касательных сил по поверхности будут действовать направленные вверх нормальные силы морозного пучения (рис. 1б).

Устойчивость заложенного ниже глубины промерзания фундамента при морозном пучении грунтов обеспечивается при условии, если касательные силы по боковой поверхности фундамента в пределах глубины промерзания полностью уравновешиваются нагрузкой от фундамента и силами трения по бо-

ковой поверхности талого грунта ниже глубины промерзания (рис. 1 а).

При заглублении фундамента не на всю глубину промерзания устойчивость его может быть обеспечена только в случае, если нагрузка от фундамента будет превышать суммарное значение касательных и нормальных сил пучения грунта (рис. 1 б). Устойчивость фундаментов при морозном пучении может быть существенно повышена за счет снижения касательных сил по боковой поверхности при применении пластических смазок.

Необходимо отметить, что в зимнее время разработка грунтов является трудоемкой и дорогостоящей работой. Требуется оттаять грунты, разработать их, принять меры по защите непромерзших пучинистых грунтов при дальнейшем промерзании.

Главной причиной морозного пучения грунтов является наличие в них свободной воды, способной переходить в лед. Основные мероприятия по снижению пучения грунтов оснований должны быть направлены на снижение их влажности, а также на недопущение полного водонасыщения грунтов как в зоне их промерзания, так и на 3 м ниже этой зоны.

При составлении проектов строительства и их осуществлении на площадках, расположенных на пучинистых грунтах, следует по возможности сохранять естественные пути водостоков, растительный покров и выполнять все требования по обеспечению быстрого стока поверхностных вод с площадки. Следует также предусматривать надежный отвод подземных, атмосферных и производственных вод путем своевременного выполнения вертикальной планировки застраиваемой территории, устройства ливневой канализационной сети, водоотводных каналов и лотков, дренажа и других

Марка	Средняя плотность, кг/м ³	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм	Нормативный документ на метод контроля
N-III N-III-PZ	35	1250, 2500	600	30, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 140, 160	ГОСТ 17177-94
N-V	40	1250, 2500	600	50, 60, 80, 100, 120, 140, 160	ГОСТ 17177-94
N-W N-W-PZ	35	1250, 2500	600	20	ГОСТ 17177-94

гидромелиоративных сооружений сразу же после окончания работ по нулевому циклу, не дожидаясь полного окончания строительных работ.

К мероприятиям по осушению участка относятся также меры по исключению переувлажнения грунтов на дне отрытых котлованов. Прежде чем рыть котлованы в первую очередь необходимо защитить его от стока атмосферных вод, проникновения воды из соседних водоемов, канав и др. путем устройства берм и канав.

Для снижения неравномерного увлажнения пучинистых грунтов вокруг фундаментов при проектировании и строительстве рекомендуется земляные работы производить с минимальным объемом нарушения грунтов природного сложения при рытье котлованов под фундаменты и траншей подземных инженерных коммуникаций. Обязательно устраивать водонепроницаемые отмостки шириной не менее 1 м вокруг здания с глиняными гидроизолирующими слоями в основании.

На строительных площадках, сложенных глинистыми грунтами и имеющих уклон местности более 2%, при проектировании следует избегать устройства резервуаров для воды, прудов и других источников увлажнения, а также расположения вводов в здание трубопроводов канализации и водоснабжения с нагорной стороны.

Строительные площадки, расположенные на склонах, должны быть ограждены до начала рытья котлованов от поверхностных вод, стекающих со склонов, постоянной нагорной канавкой с уклоном не менее 5%.

В целях уменьшения сил пучения и предупреждения деформаций фундаментов вследствие смерзания пучащихся грунтов с боковой поверхностью фундаментов необходимо:

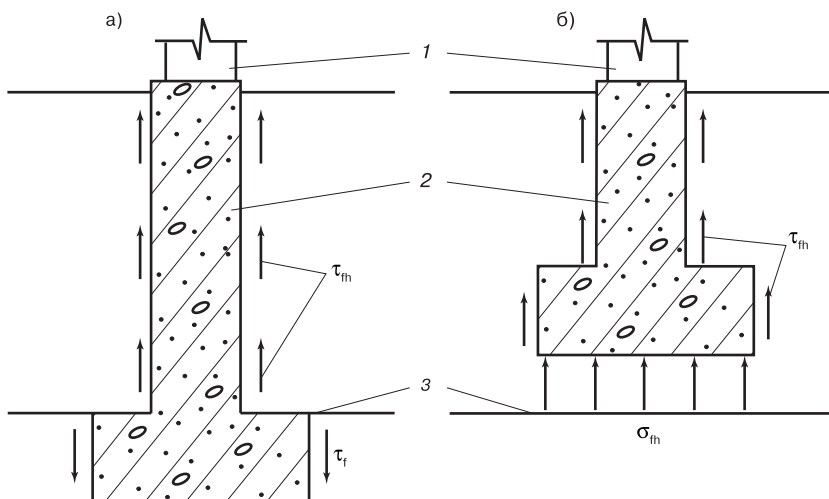
- применять полную или частичную замену пучинистого грунта непучинистым;
- уменьшать площадь смерзания грунта с поверхностью фундаментов;
- заанкеривать фундаменты в слое грунта ниже сезонного промерзания;
- снижать глубину промерзания грунта возле фундаментов теплоизоляционными мероприятиями.

Высокоэффективным методом защиты пучинистых грунтов от промерзания при строительстве гражданских и промышленных зданий в России оказалось применение теплоизоляционных материалов. В этом случае котлованы для устройства подземных сооружений или фундаментов вырываются в теплое время года (сентябрь, октябрь) и грунты котлована защищаются теплоизолирующими материалами.

Ранее для этих целей применялся снег, рыхлый грунт, торф, опилки и др. Однако опыт применения этих теплоизолирующих материалов показал, что во многих случаях они не являются надежными, так как при оттепели или дожде эти материалы перестают выполнять теплоизолирующие функции.

Сейчас в качестве теплоизоляционных материалов для защиты грунтов от промерзания, бетонных и железобетонных конструкций и фундаментов на многих строительных объектах Москвы и Московской области стали успешно применяться теплоизоляционные материалы URSA FOAM.

Экструдированный пенополистирол изготавливается фирмой «URSA International GmbH» (Германия). На российский рынок поставляются плиты экструдированного пенополистирола URSA FOAM марок N-V, N-W-PZ, кото-



Конструкции фундаментов в пучинистых грунтах: а – заглубленные фундаменты ниже глубины промерзания; б – заглубленные фундаменты не на всю глубину промерзания; 1 – стена; 2 – фундамент; 3 – нижняя граница глубины промерзания

рые имеют техническое свидетельство Госстроя России.

Пенообразная структура экструдированного пенополистирола URSA FOAM, обеспечивающая высокие теплоизоляционные характеристики, формируется благодаря особенностям технологического процесса. Плиты получают методом экструзии полистирола с добавлением красителя, повышающей прочность и снижающей горючесть наполнителей. Вспенивающим агентом при производстве URSA FOAM является двуокись углерода. Необходимо отметить, что именно благодаря применению в качестве вспенивателя углекислого газа, а не фреонов, разрушающих озоновый слой, экструдированный пенополистирол URSA FOAM является экологически безопасным материалом.

Плиты имеют мелкоячеистую закрытую пористую структуру. Доля закрытых пор составляет не менее 95%.

Для придания повышенной жесткости и прочности поверхность плит дополнительно термически уплотняется. Боковые и торцевые грани плит образуются за счет механической обработки (резки и фрезеровки), которая обеспечивает оптимальное соединение плит при укладке на объекте.

Каждая марка плит URSA FOAM (N-III, N-V, N-W) имеет свои физико-механические характеристики. Термоуплотненная поверхность плит марок N-III-PZ и N-W-PZ подвергается дополнительной механической

обработке и имеет «вафельную» структуру для улучшения сцепления со штукатурными и клеевыми составами. Плотность и геометрические размеры плит указаны в таблице.

Компания производит 180 различных модификаций продукции URSA FOAM. В Россию пока поставляются марки N-III, N-V-W и N-V толщиной 20–160 мм.

Имея невысокую плотность, URSA FOAM обладает высокими механическими и теплотехническими характеристиками. Для плит URSA FOAM марки N-III прочность при сжатии при 10% деформации составляет 0,3 МПа, а для марки N-V – 0,5 МПа. Объемное водопоглощение любой марки мало – менее 0,3% и поэтому коэффициент теплопроводности меньше, чем у других теплоизоляционных материалов – до 0,032 Вт/(м·°C).

URSA FOAM является биологически стойким материалом, то есть не подвержен воздействию грибков, плесени и не привлекает грызунов. Он не теряет своих свойств под воздействием отрицательной температуры и атмосферных осадков, но не обладает устойчивостью к ультрафиолетовому излучению, поэтому при складировании, транспортировке и эксплуатации требуется защита от солнечного света. При этом материал стоек к воздействию многих агрессивных химических веществ.

Приведенные выше технико-эксплуатационные характеристики

экструдированного пенополистирола были подтверждены результатами исследований, проведенных на объектах строительства и реконструкции ряда жилых и гражданских зданий в различных регионах Российской Федерации.

Пока экструдированный пенополистирол URSA FOAM поставляется в Россию из Германии, но уже сейчас специалисты компании рассматривают возможность строительства завода в России.



**Представительство
в Москве:**

тел. (095) 786-60-27,
e-mail: moscow@uralita.com,
www.ursa.ru

**Официальные
дистрибьюторы в Москве:**

«ТД Урса» тел. (095) 980-75-96

«Теплогарант»
тел. (095) 905-90-00

«ТД Ангар 18»
тел. (095) 487-30-71

«Инвестснабстрой»
тел. (095) 785-75-05

«Строй Микс»
тел. (095) 389-15-00

ПОЛЕЗНЫЕ КНИГИ

Федосов С.В., Базанов С.М.
Сульфатная коррозия бетона.
М.: Издательство АСВ. 2003. 192 с.

Одним из наиболее сложных вопросов в изучении процессов коррозии является коррозия бетона в сульфатных средах. До недавнего времени основным способом защиты бетонов от сульфатной коррозии считалось уменьшение содержания алюминатной фазы в цементах. Однако последние исследования показали недостаточность этого условия для защиты бетона вследствие образования при воздействии сульфатов наряду с этtringитом и таумаситом.

Книга посвящена рассмотрению вопросов, связанных с механизмами коррозионного разрушения при образовании системы этtringит-таумасит, влиянием рецептуры, структурных характеристик бетона на стойкость и способами защиты материала от такого коррозионного воздействия.

Книга предназначена для студентов высших учебных заведений, аспирантов и специалистов в области строительного материаловедения.

Федосов С.В., Акулова М.В.
Плазменная металлизация бетонов.
М.: Издательство АСВ. 2003. 120 с.

В книге описываются научные основы процессов, происходящих при различных способах металлизации бетона, виды оборудования и технологические приемы нанесения металла на изделие. Рассмотрены проблемы теплопереноса на поверхности бетонной подложки, свойства покрытий и бетонной подложки после плазменной металлизации. Даны расчеты экономической эффективности применения металлизации для отделки бетонных конструкций. Изложенный в монографии материал имеет практическую значимость для строительных организаций, занимающихся отделкой бетонных конструкций, научных работников, аспирантов и студентов строительных специальностей.

Исследования проведены в соответствии с базовой программой Ивановской государственной архитектурно-строительной академии, межвузовской программой «Архитектура и строительство», грантом Министерства образования РФ.

Вы можете заказать эти издания по: тел. (0932) 32-85-40, e-mail: rektor@igasa.ru
по адресу: Россия, 153037 Иваново, ул. 8 Марта, д. 20

Технические ткани в энергетическом строительстве

В настоящее время российская энергетика стоит на пороге проведения масштабной технической модернизации тепловых электростанций. Поэтому важно изучение различных вариантов капитального ремонта и реконструкции энергетических объектов. При этом используемые строительные материалы в решающей степени определяют инженерные решения и стоимость реконструкции сооружений. В связи с этим отметим, что журнал «Строительные материалы» еще в 1998 г. первым опубликовал предварительные результаты исследования возможности применения технических тканей в промышленном строительстве [1].

Приглашение для докладов по энерго- и ресурсосберегающим конструкциям и технологиям в энергетическом строительстве было получено авторами от Немецкой службы академического обмена (ДААД). Научное сообщение «Новые адаптирующиеся пневматические конструкции в промышленном строительстве» было сделано на инженерно-строительном факультете университета г. Кайзерслаутерн и на архитектурном факультете Мюнхенского технического университета.

В настоящее время для охлаждения циркуляционной воды на тепловых электростанциях преимущественно используют градирни, так как естественных и искусственных водоемов для обеспечения работы мощных тепловых электростанций недостаточно. Особенно это относится к промышленно развитым странам Западной Европы, Северной Америки и Японии. Кроме того, сброс большого количества отработанного тепла в водоемы наносит ущерб окружающей среде.

Современные наиболее крупные градирни гиперболической формы имеют основание диаметром 100–120 м и высоту 180–200 м. При этом отношение толщины железобетонной оболочки к ее диаметру, особенно в верхней части сооружения, невероятно мало. Часто оно меньше 0,002. Пропорциональный макет такой гиперболической градирни в масштабе 1:100 при высоте 2 м имел бы стенки толщиной всего 1,8–2 мм. Однако эти сооружения успешно противостоят штормовому ветру и подземным толчкам. Достигнуто это в результате многолетней творческой работы специалистов разных стран в области проектирования и строительства градирен. Вместе с тем, выполняя важную задачу по охлаждению оборотной воды, градирни имеют

слишком большую материалоемкость и трудоемкость строительства. Возведение таких градирен обходится дорого из-за большого расхода материала, а также из-за необходимости применения сложного специализированного оборудования – кольцевой самоподъемной опалубки огромных размеров, насосов для подачи бетона на высоту более 100 м и др. Например, градирня высотой 200 м имеет массу около 50 тыс. т. В таком сооружении более 600 т арматурной стали. Добыча сырья, производство цемента и стали, а также транспортировка этих материалов требуют больших затрат труда и энергии. Кроме того, градирни работают в тяжелых условиях. Особенно это относится к градирням из железобетона, работающим выше 43° северной широты. Частый переход температуры воздуха в условиях высокой влажности через точку замерзания воды в условиях промышленной атмосферы, содержащей сернистые газы, ускоряет разрушение бетона и коррозию арматуры. Трудоемкий ремонт градирен каждые 5–6 лет требует больших финансовых и материальных затрат [2].

В 60-е годы прошлого века исследовательская группа Института легких покрытий при Штутгартском университете пришла к выводу, что все многообразные объекты живой природы имеют только одну конструктивную систему. Эта система состоит из тонкой оболочки, в которой находится вязкое или жидкое вещество под давлением. При этом оболочка работает только на растяжение. Именно такие конструкции исключительно рациональны по материалоемкости [3]. Их аналогом в технике являются строительные пневматические конструкции, стабилизируемые благодаря нагнетанию в них воздуха.

В современных пневматических конструкциях используют прочные светостойкие технические ткани. Например, из опыта Германии известно, что стеклотканевая основа, покрытая политетрафторэтиленом (тефлоном), служит не менее 30 лет.

В таблице приводятся параметры некоторых современных технических тканей, используемых в строительной практике за рубежом [4]. Несмотря на относительно высокую стоимость этих материалов, использование их в пневматических конструкциях экономически выгодно вследствие снижения материалоемкости объектов строительства на два порядка. Низкая матери-

Ткань	Тип	Плотность, г/м ²	Прочность ткани при растяжении (N/5 см), основа/уток	Относительное удлинение при разрыве, %, основа/уток	Срок службы, лет	Стойкость к ультрафиолетовому облучению	Класс пожаростойкости
Ткань из волокон сложного полиэфира, покрытая поливинилхлоридом	Тип I	800	3000/3000	15/20	> 20	хорошая	B1
	Тип II	900	4400/3900	15/20			
	Тип III	1050	5750/5100	15/25			
	Тип IV	1300	7450/6400	15/30			
	Тип V	1450	9800/8300	20/30			
Стеклоткань, покрытая фторопластом (политетрафторэтиленом)	Тип III	800	3500/3500	7/10 до 2/17	> 25	очень хорошая	A2
	Тип IV	1150	5800/5800				
	Тип V	1550	7500/6500				
Ткань из волокон фторопласта без покрытия		от 300 до 800	до 3800/3500	40/30	> 25	очень хорошая	негорючая, классификации нет
Сетчатые ткани из стекловолокна с покрытием из поливинилхлорида и др.		от 300 до 800	до 5000/5000	по материалу	> 20	хорошая или очень хорошая	B1

аюемость достигается тем, что в этих сооружениях материал работает только на растяжение. Большая экономия получается также вследствие снижения трудоемкости строительства. Монтаж пневматических сооружений несложен и не требует аренды дорогих грузоподъемных машин. Величина экономии особенно велика при строительстве объектов высотой более 40–50 м.

В связи с этим нами была рассмотрена новая перспективная область применения в строительстве пневматических конструкций. Это энергетическое строительство.

Данные таблицы показывают, что прочность при растяжении некоторых из приведенных типов тканей исключительно высока. Она достигает 150–200 кН (15–20 тс) на 1 м ширины ткани (испытание на растяжение вдоль основы).

Отметим основные причины недостаточного применения пневматических конструкций в строительстве в настоящее время.

- За последние 15–20 лет прочность и долговечность технических тканей сильно возросли. Однако свойства, технические возможности и экономичность применения недостаточно активно доводятся производителями этих материалов до сведения проектировщиков и инженеров-строителей.
- Существует традиционное недоверие к тканям как к строительному материалу. До сих пор многие полагают, что техническая ткань — это только брезент.
- Существующие подходы к проектированию пневматических конструкций не гарантируют их высокой надежности, особенно во время штормовой погоды и сильных снегопадов.
- Не решена удовлетворительно проблема легкой и безопасной теплоизоляции строительных пневматических конструкций.
- Применение строительных пневматических конструкций ограничивается известным традиционным перечнем.

Новая концепция пневматических конструкций для промышленного и гражданского строительства заключается в следующем.

1. Современные технические ткани — надежный материал с высокой удельной прочностью при растяжении и хорошей химической стойкостью, экономически выгодный для строительства многих промышленных и гражданских объектов.
2. Для повышения надежности и технологичности конструкций предлагается комплекс новых инженерных решений, сущность которых патентуется.

В частности, новизной является оснащение составных частей сооружения унифицированными пневматическими устройствами. Эти устройства совместно с датчиками и компьютером выполняют функцию автоматической адаптации сооружения к внешним условиям. Для этого используют датчики давления воздуха внутри конструкции и датчики внешних условий, которые определяют скорость ветра, температуру воздуха, интенсивность осадков и др. В некоторых типах пневматических градирен необходим также учет температуры и расхода охлаждаемой воды, проходящей через градирню. На основе этих данных микропроцессор регулирует подачу и давление воздуха в пневматических элементах конструкции. При стоимости крупной железобетонной градирни от 5 млн USD разумно в новой конструкции градирни заложить затраты на недорогие датчики и микропроцессор общей стоимостью 5 тыс. USD, чтобы сэкономить в новом сооружении. В настоящее время уже существуют необходимые технические и экономические условия для реализации данной концепции.

Таким образом, новые пневматические конструкции основаны на применении современных прочных материалов и доступной надежной электроники [5].

На основе изложенного подхода было разработано пять схем градирен для тепловых электростанций и определены их основные параметры. В качестве прототипа с целью сравнения параметров разных конструкций градирен немецкие коллеги из университета г. Кайзерслаутерн предложили нам взять готовый проект железобетонной градирни для электростанции в Португалии. Ее высота составляет 60 м, диаметр основания 78 м. При относительно малых размерах градирня имеет весьма большую производительность — она охлаждает оборотную воду для мощной турбины на 800 тыс. кВт. Это достигается тем, что градирня имеет 24 встроенных вентилятора с окнами для роторов диаметром по 7 м. Такие градирни с мощной искусственной тягой в последнее время получают все большее распространение. Для сравнения укажем, что железобетонная градирня с естественной тягой равной производительности более материалоемка, так как должна иметь высоту около 150 м при диаметре основания 100–110 м.

Предложенные нами альтернативные проекты градирен основаны на применении пневматических конструкций. Ниже кратко изложен лишь один вариант из пяти как конструктивно и технологически наиболее простой.

В этой градирне пневматической конструкции нижняя часть имеет облегченный фундамент с кольцевой стеной небольшой высоты (10 м) из железобетона. В кольцевую стену встроено 24 вентилятора, как в упомянутом прототипе.

На круговом Т-образном карнизе этой стены уложены друг на друга 12 пневматических элементов, так что общая высота градирни получается 70 м. Пневматические элементы имеют вид торов, выполненных из стеклоткани, покрытой тефлоном (российский аналог — фторопласт). Такая ткань имеет срок службы на открытом воздухе более 25 лет. Сверху конструкция накрыта сетью из светостойких полимерных канатов. Сеть натянута и прикреплена канатами к 48 анкерам на нулевой отметке.

При штормовом ветре со скоростью 42 м/с (150 км/ч) горизонтальная сила от давления ветра, действующая на градирню, равна 6,3 МН (618 тс). Эта нагрузка компенсируется противодавлением в пневматических элементах конструкции и натяжением анкерных канатов. Во время сильной ветровой нагрузки давление внутри пневматических элементов поддерживает автоматика на уровне 10 кПа. При указанном давлении ткань пневматических элементов имеет двукратный запас прочности, так как пневматические элементы рассчитаны на максимальное давление 20 кПа. Во время шторма суммарное натяжение канатов, удерживающее составную оболочку, равно 6,7 МН. В этой конструкции не очень большой градирни 7 тыс. т бетона и стали заменяются технической тканью массой 70 т и полимерными канатами массой 5–6 т. Таким образом, масса сооружения снижена примерно в 90 раз. Хотя удельная стоимость технической ткани и полимерных канатов много выше высококачественного железобетона, но далеко не в 90 раз. Кроме того, достигается большая экономия на упрощении технологии строительства, исключении аренды дорогостоящего оборудования за счет многократного снижения сроков строительства, транспортных расходов, а также за счет значительного уменьшения затрат на ремонт.

Список литературы

1. *Кокоев М.Н.* Технические ткани в строительстве // Строит. материалы. 1998. № 1. С. 24–26.
2. *Engelfried R., Titze B.* Instandsetzung von Naturzugkuehltuermen. IndustrieBAU. 1999. № 5. S. 14–18.
3. *Frei Otto, Bodo Rasch.* Gestalt Finder. Muenchen. 2001. S. 239.
4. *Karsten Moritz.* Materialeinsatz und Konfektionierung von Membranwerkstoffen. Stahlbau 69 (2000). Heft 8. S. 619–626.
5. *Кокоев М.Н., Федоров В.Т.* Градирня из технической ткани // Энергия: техника, экономика, экология. 1998. № 6. С. 56–59.

УДК 678.7

В.М. ХРУЛЕВ, д-р техн. наук, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет

Развитие представлений о композиционных материалах в строительном материаловедении



18 июля 2004 г. исполнилось 75 лет профессору кафедры «Строительные материалы и специальные технологии» Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета, доктору технических наук, заслуженному деятелю науки и техники РСФСР, действительному члену Жилищно-коммунальной академии Российской Федерации **Валентину Михайловичу Хрулеву**.

Окончив с отличием Новосибирский институт военных инженеров транспорта (НИВИТ), он в 1953 г. начал трудовой путь мастером-строителем, в 1956 г. поступил в аспирантуру ЦНИИСК, защитил в 1959 г. кандидатскую, а в 1968 г. докторскую диссертацию по проблеме долговечности клееных строительных конструкций.

В 1971–1999 гг. руководил кафедрой «Полимерные и теплоизоляционные материалы» НГАСУ. В этот период им разработаны теория и методы прогнозирования эксплуатационных свойств клееных конструкций, композиционных материалов и изделий, нашедшие отражение в государственных нормах по строительству.

В.М. Хрулев – автор более 850 публикаций, в том числе 89 книг – монографий, учебников, справочников, нормативных изданий по строительству, 93 изобретений по пионерным технологиям. Эти разработки неоднократно отмечались медалями ВДНХ, грамотами, почетными знаками Минвуза.

Основное направление деятельности – развитие теории и технологии композиционных материалов. По этому направлению сформирована научная школа, создан комплекс учебных дисциплин для подготовки строителей – технологов современной квалификации, подготовлены 33 кандидата и 4 доктора технических наук.

В 2001 г. В.М. Хрулев персонифицирован в энциклопедии «Сибирь в лицах» российской межрегиональной ассоциации «Сибирское соглашение», включен в справочник АУССМ «Кто есть кто в строительном материаловедении» в 2003 г., избран в состав научного совета Российской академии архитектуры и строительных наук в 2004 г.

Редакция и редакционный совет сердечно поздравляют Валентина Михайловича Хрулева с 75-летием и желают крепкого здоровья и дальнейших творческих успехов в подготовке специалистов для строительства.

Создание и использование в современной технике композиционных материалов, разработка и углубление теории их образования существенно повлияли на общие представления о природе прочности и организации структуры многокомпонентных строительных материалов, а также на принципы изготовления комбинированных изделий и конструкций.

Изучение композиционных систем в строительном материаловедении прошло несколько стадий, развиваясь от частных к более общим представлениям. Как известно, композиционными признаются материалы, у которых в результате самоорганизации структуры и проявления особых внутрискруктурных эффектов значительно усиливаются технические свойства по сравнению с отдельно взятыми компонентами.

На начальных этапах за критерий улучшения свойств принимали рост модуля упругости как характе-

ристики, отражающей одновременно прочность и деформируемость структуры. Оценка качества композиционных материалов по природе модуля упругости (принцип аддитивности) оказалась важным прогностическим фактором для выявления ранее недостижимых областей применения новых материалов в строительстве. Особенно наглядно это проявлялось в материалах на полимерных связующих, более склонных к самоорганизации структуры по сравнению с минеральными веществами матрицы.

Объяснить такое поведение полимерной матрицы помогает новое направление в строительном материаловедении – теория оптимальных структур на компьютерной базе, или теория компьютерного материаловедения. Когда рассчитанное количество полимерного связующего матрицы полностью или почти полностью расходует на образование ориентированной (усилен-

ной) матрицы, можно говорить, что получена оптимальная структура композиционного материала. Модуль упругости композиции закономерно (аддитивно) складывается из модулей ориентированной матрицы и наполнителя пропорционально их объемным долям в массе материала.

Определение строительного материала как композиционного только по принципу аддитивности в ряде случаев признается недостаточным по критериальному признаку, так как композит может быть получен либо смешением компонентов, либо пропиткой готовой пористой структуры (каркаса) полимерной или минеральной матрицей с условием, что последняя непрерывно распределяется по всему объему материала. Доказательства в пользу того, что исходная структура, пропитанная матричным веществом (импрегнантом), образует полноценный композиционный материал с эффектами усиления, изложены

в диссертациях Н.А. Машкина и М.Г. Мальцева, выполненных под руководством автора.

Обширная группа композиционных материалов образуется в результате смешения тонкодисперсных наполнителей с вяжущим, затем полученная смесь совмещается с усиливающими компонентами (зернистые, волокнистые, листовые и другие наполнители), технологическими и структурообразующими добавками (пластификаторы, отвердители, порообразователи и др.). В системах, полученных смешением разнодисперсных, разноплотных, разнообъемных компонентов проявляется другой, более мощный, чем аддитивность, эффект — синергизм, обусловленный ориентацией структурных звеньев связующего.

До последнего времени считалось, что синергетика имеет место преимущественно в полимерных системах. Использование в качестве матрицы минеральных веществ, способных к образованию полимероподобных структур, значительно расширяет номенклатуру композиционных материалов. Физико-химические анализы структуры материалов на минеральных вяжущих — клинкерных и бесклинкерных, шлакощелочных, жидкостекольных, серных, магниезальных и других показывают, что в зоне контакта с усиливающими компонентами на микроуровне перечисленные вяжущие проявляют склонность к образованию звеньевых цепочек полимероподобной формы, ориентированных в силовом поле армирующего компонента.

Например, при исследовании мелкозернистых бетонов с добавлением микрокремнезема как модификатора обнаружено, что образуется структура двухуровневого типа, включающая активные частицы, отличающиеся по размерам приблизительно на два порядка. Как известно, такой интервал размеров частиц является одним из условий формирования структуры композиционных материалов.

Физико-химические анализы структур серных бетонов и сероасфальтовых бетонов показали, что на границе с зернами наполнителя из молотых фосфорных шлаков образуются сростки кристаллов линейного типа, состоящие из полимерной серы. Их содержание в объеме матрицы достигает 18–20%, что положительно влияет на прочность и деформационные свойства материалов (диссертация И.Ш. Остаповой).

Количество работ с концептуальными положениями о полимерной форме связи минеральной матрицы с усиливающими компонен-

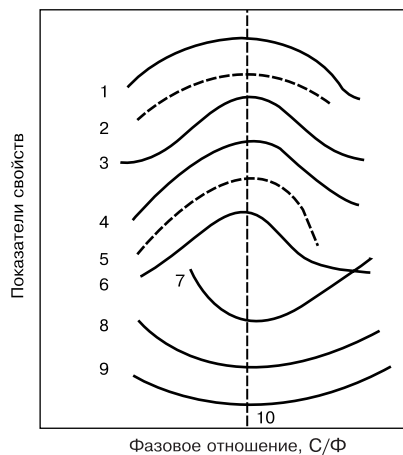


Рис. 1. Зависимость свойств конгломерата от фазового отношения: 1 — плотность; 2 — экономичность; 3 — прочность; 4 — морозостойкость; 5 — когезия; 6 — упругость; 7 — ползучесть; 8 — подвижность смеси; 9 — коэффициент выхода смеси; 10 — ось створа

тами прогрессивно возрастает в последние годы. Общим для них является наблюдение и анализ случаев проявления синергетических эффектов в получаемых композитах. Синергетические эффекты являются более общим признаком формирования прочной структуры и свидетельствуют о переходе к неаддитивности свойств композиционных материалов.

Двойственное проявление эффектов (аддитивности и синергизма) в зависимости от вида исходных структур или природы компонентов, вступающих во взаимодействие, позволило предложить новую систему классификации композиционных материалов по структурным признакам [1, 2]. Классификация представляет семь видов структур. В первую группу попадают материалы, имеющие пористость природного, искусственного или технологического дефектного происхождения, то есть импрегнированной структуры. Улучшение структуры возможно импрегнированием органическими или минеральными растворами и расплавами, вступающими в физико-химическое взаимодействие с веществами матрицы.

Вторую группу представляют конгломераты структуры, образованные перемешиванием заполнителей зернистой формы со связующим с последующим затвердеванием полученной смеси. Конгломератные структуры дают наиболее полное представление о многоуровневых системах.

Существование природных и искусственных конгломератов позволило разработать теорию оптимальных структур, опирающуюся на ряд объективных, экспериментально подтвержденных закономерностей: закон прочности, правило створа (рис. 1) и

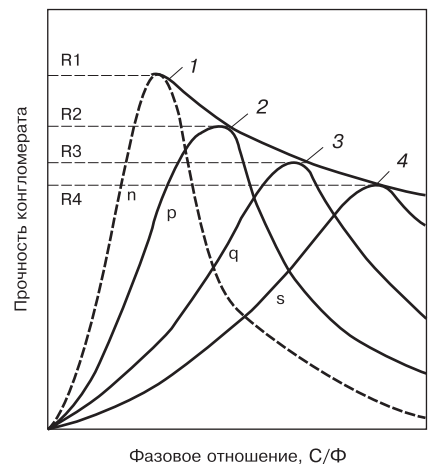


Рис. 2. Зависимость прочности конгломерата от фазового отношения вяжущего вещества и содержания наполнителя (1–4) — возрастающее содержание наполнителя: $p < p < q < s$, где n — расчетный оптимум

закон конгруэнции (рис. 2). Согласно закону прочности

$$R \cdot (C/\Phi)^n = \text{Const},$$

где R — прочность; C/Φ — отношение массы вяжущей части к массе твердой фазы.

Отличительными признаками слоисто-листовой и пленочной структур являются: листовая форма наполнителя, образующего с наполненным связующим второй уровень системы, либо листовая (пленочная) форма матрицы с распределенными в ней элементами первого уровня (дисперсный наполнитель, микроарматура и др.).

Ячеистая структура в качестве наполнителя содержит пузырьки газа (воздуха), матрица — вспененный полимер. Наполнителем волокнистых структур являются волокна — минеральные или органические, скрепленные полимером. Конгломератно-ячеистые структуры сочетают в себе признаки названных выше структур.

Таким образом, в классификацию входят материалы импрегнированной, конгломератной, ячеистой, конгломератно-ячеистой, волокнистой, слоисто-листовой, пленочной структуры. Классификация композиционных материалов по структурным признакам необходима для разработки рациональной технологии.

Список литературы

1. Хрулев В.М., Тентиев Ж.Т., Курдюмова В.М. Состав и структура композиционных материалов. Уч. пособие для строит.-технол. спец. вузов. Бишкек: Полиглот. 1997. 120 с.
2. Хрулев В.М. Технология и свойства композиционных материалов для строительства. Уч. пособие для строит.-технол. спец. вузов. Уфа: ТАУ. 2001. 168 с.

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

Компания «ТехноНИКОЛЬ» завершила модернизацию производства на литовском заводе «ГАРГЖДУ МИДА»

На заводе «ГАРГЖДУ МИДА» в Литве, входящем в компанию «ТехноНИКОЛЬ», завершена модернизация технологической линии по производству гибкой черепицы (шингласа). Инвестиции компании в модернизацию оборудования составили 1,5 млн евро.

Производительность автоматической линии немецкой компании REISER составляет 50 тыс. м² материалов в сутки. В ходе модернизации на предприятии были установлены два парогенератора производительностью 2 т материалов в час, а также блендер для смешивания цветных гранул, позволяющий выпускать гибкую черепицу широкой цветовой гаммы.

Самарский гипсовый комбинат приобретен ассоциацией «Версиво»

Самарская ассоциация «Версиво», в которую входят такие производители строительных материалов, как «Самарский стройфарфор» и «Завод бытовой химии», приобрела в начале 2004 г. одно из старейших гипсовых предприятий отрасли — Самарский гипсовый комбинат, который традиционно производил гипсовое вяжущее различных марок, перегородочные плиты, гипсобетонные блоки.

Руководство «Версиво» рассматривает это приобретение не только как элемент производственной интеграции (специальные марки высокопрочного гипса используются для изготовления форм при производстве санстройфаянса), но и как перспективный актив.

Компания «Ли́ра Керамика» увеличило производственную мощность

Компания «Ли́ра Керамика» запустила вторую линию по производству настенной облицовочной плитки и новую линию по производству объемных декоративных элементов на заводе, расположенном в п. Фряново Щелковского р-на Московской обл.

Новая плиточная линия итальянской фирмы SACMI мощностью 2,5 млн м² в год в настоящее время является новейшим оборудованием данного типа в России.

В Санкт-Петербурге появилась «скорая бетонная помощь»

В июле в Санкт-Петербурге завершено создание ОАО «Объединение 45», консолидировавшего мощности по производству товарного бетона и раствора семи заводов Группы ЛСР, что дает возможность реализовать концепцию, отраженную в названии предприятия, — доставлять бетон с производства на любую городскую стройплощадку не более чем за 45 минут. «Объединение 45» — это своего рода «скорая бетонная помощь» на строительном рынке Санкт-Петербурга.

Все заводы «Объединения 45» связаны централизованной системой диспетчеризации и взаимосвязи со своими клиентами «45'Online». Даже если клиент работает с другим поставщиком, но ему срочно требуется бетон, «Объединение 45» готово поставить продукцию на место укладки в течение 45 минут.

Модернизация производства на заводе «ГАРГЖДУ МИДА» обусловлена стремительным ростом потребительского спроса на гибкую черепицу для скатных кровель в Европе и России. В настоящее время объем европейского рынка этого материала оценивается в 30 млн м², российского — около 3,5 млн м². По прогнозам специалистов компании «ТехноНИКОЛЬ», в ближайшие 4–5 лет ожидается рост российского рынка гибкой черепицы до 10 млн м². Завод «ГАРГЖДУ МИДА» входит в пятерку крупнейших европейских производителей шингласа и занимает около 70% литовского рынка кровельных материалов. Планируется, что в 2004 г. на заводе будет выпущено около 6 млн м² рулонных кровельных материалов и порядка 2 млн м² шингласа.

Информация компании «ТехноНИКОЛЬ»

При переходе предприятия в собственность новых владельцев была сохранена не только производственная направленность, но и трудовой коллектив.

В настоящее время на Самарском гипсовом комбинате ведутся работы по модернизации и расширению выпуска продукции. Планируется к концу 2004 г. увеличить производственные показатели на 50% по сравнению с предыдущим годом. Следующим шагом станет строительство завода по производству сухих строительных смесей на основе гипса.

Развитие предприятий, входящих в ассоциацию «Версиво» показывает, что она в значительной степени ориентирована на строительный рынок, а ее руководителям присущ принцип социальной ответственности.

Соб. информация

Общая мощность завода достигла 8,6 млн м² керамической плитки в год (5 млн м² настенной и 3,6 млн м² напольной плитки). Увеличение мощностей позволит наладить одновременный выпуск нескольких коллекций облицовочной плитки.

С запуском новых линий у компании появится возможность производства популярных форматов плитки: 100x100 мм и 330x440 мм, а на линии однократного обжига будет дополнительно запущен новый формат напольной плитки 440x440 мм.

По материалам компании «Ли́ра Керамика»

Принципиально, что все заводы работают по единой рецептуре, в процессе производства полностью исключено влияние человеческого фактора. Для контроля качества производимого материала на каждом заводе работает сертифицированная лаборатория.

Общая сумма инвестиций ЛСР в это направление превысило 11 млн USD. До конца 2004 г. планируется инвестировать еще 3 млн USD. Производство бетона и растворов Группа ЛСР развивала с 2002 г., поэтому к выходу на строительный рынок ОАО «Объединение 45» ему было обеспечено более 25% рынка этой продукции. Предполагаемый объем рынка товарного бетона в Петербурге в 2004 г. составит 2,5 млн м³, что на 25% больше, чем в 2003 г.

По материалам Группы ЛСР

«Невьянский цементник» отметил 90-летие

В августе старейший цементный завод Урала — «Невьянский цементник» отметил 90-летие. Эту дату предприятие отметило высокими производственными показателями. За семь месяцев текущего года изготовлено 612 тыс. т цемента. Тарированной продукции выпущено 93 тыс. т, или на 44 % больше, чем в январе — июле 2003 г.

В настоящее время «Невьянский цементник» — одно из наиболее динамично развивающихся предприятий цементной промышленности, оснащенное технологической линией с полным циклом производства цемента по сухому способу. Здесь работает единственная в России печь с декарбонизатором и циклонным теплообменником. Проектная мощность завода 1,15 млн т в год. По объемам производства «Невьянский цементник» за-

нимает восемнадцатое место в общероссийском рейтинге и третье — в Уральском регионе.

«Невьянский цементник» выпускает различные марки цемента, строительную известь, шлакоблочные стеновые камни, бентонитовый порошок для машиностроительной и нефтегазовой промышленности, минеральный известняковый наполнитель для дорожно-строительных работ, минеральный порошок-утяжелитель для нефтепромыслов, буттовый камень. Цемент сертифицирован по международному стандарту качества ISO 9000 по версии 1994 г. Завершается работа по получению сертификата по версии 2000 г.

Продукция «Невьянского цементника» поставляется в республики Башкортостан, Татарстан, Удмуртия, Чувашия, Марий Эл, Кемеровскую, Кировскую, Курганскую, Нижегородскую, Пермскую, Тюменскую, Челябинскую области и в Краснодарский край.

По материалам пресс-службы компании «Евроцемент»

23-я дочерняя компания фирмы «Metabo» открыта в России

В июле официально открыта дочерняя компания одного из крупнейших производителей профессионального электроинструмента в мире немецкой фирмы «Metabo» в России — «Метабо Евразия».

Семейная компания «Metabo», созданная в 1924 г., является в Германии предприятием среднего бизнеса. Она имеет три производства в Германии и одно во Франции, на которых занято около 2,6 тыс. человек, а также 23 дочерних дистрибьюторских фирмы. В 2004 г.

фирма ожидает оборот 360 млн евро, из которого 80% — экспортный.

Стратегическим направлением деятельности компании является присутствие на всех важных рынках мира. В настоящее время восточно-европейский рынок оценивается аналитиками компании «Metabo» как весьма перспективный. В Восточной Европе уже действуют дочерние фирмы в Чехии, Польше и Венгрии. Теперь сделан еще шаг на восток.

Новая дочерняя фирма будет заниматься поставками, созданием дилерской сети, сервисом и обучением.

Соб. информация

Состоялась презентация нового маркетингового инструмента — «Инфомобиля КНАУФ»



На выставке «Строительная неделя Московской области», прошедшей 3–6 августа 2004 г. в выставочном комплексе «Крокус ЭКСПО», впервые был представлен новый маркетинговый инструмент — «Инфомобиль КНАУФ», который представляет собой 20-метровый автопоезд, состоящий из американского тягача Freightliner и фургона. Конструкция

фургона с системой выдвигающихся в автоматическом режиме модулей позволяет трансформировать его из транспортного положения в выставочную экспозицию с залом для проведения семинаров, комнатой для переговоров, площадкой для проведения демонстраций применения продукции и промо-акций. За счет трансформации площадь увеличивается с 35 до 62 м². Собственная силовая энергетическая установка обеспечивает автономный режим работы «Инфомобиля КНАУФ»: предусмотрены системы вентиляции и кондиционирования воздуха, электро- и водоснабжения.

В 2002 г. в Германии был изготовлен аналогичный автопоезд KNAUF Road Show. С его помощью продукция фирмы КНАУФ успешно представляется по всей стране.

«Инфомобиль КНАУФ» предполагается использовать в качестве передвижной выставочной экспозиции и учебного класса. Благодаря оснащению новейшими информационными технологиями в «Инфомобиле» можно познакомиться с образцами продукции и макетами комплектных систем КНАУФ, посмотреть учебные фильмы, получить техническую документацию или консультацию специалиста.

На выставке «Строительная неделя Московской области» в «Инфомобиле КНАУФ» была развернута экспозиция фирмы на открытой площадке, которая в силу нетрадиционности формы вызвала дополнительный интерес посетителей.

Соб. информация

УДК 666.971.4.86

Е.В. КОРОЛЕВ, канд. техн. наук, Н.А. ОЧКИНА, канд. техн. наук,
Ю.М. БАЖЕНОВ, академик РААСН, д-р техн. наук,
А.П. ПРОШИН, член-кор. РААСН, д-р техн. наук, А.И. ОЧКИН,
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Структура радиационно-защитных растворов на основе высокоглиноземистого цемента

Плотная структура радиационно-защитных растворов может быть достигнута при оптимальном соотношении между всеми компонентами: вяжущим, наполнителем, водой и добавками. Средняя плотность защитных бетонов и растворов, рекомендуемых для применения в ряде стран, находится в пределах 2000–4500 кг/м³.

Наибольшую среднюю плотность 3030–4350 кг/м³ имеют бетоны и растворы, изготовленные на основе гематита, хромита, чугунного лома и барита. Применение растворов с указанной средней плотностью для оштукатуривания стен помещений, в которых эксплуатируются мощные источники ионизирующих излучений, потребует увеличения толщины слоя раствора, что, безусловно, приведет к необходимости использования дополнительных мер по фиксации штукатурного слоя и повышению стоимости работ. Поэтому повышение средней плотности радиационно-защитных растворов является актуальной научно-технической задачей.

Основными предпосылками получения плотных бетонов и растворов являются правильный выбор гранулометрического состава заполнителя и введение в бетон добавок, позволяющих уменьшить величину В/Ц. Согласно требованиям, изложенным в [1], максимальная крупность зерен наполнителя для защитных штукатурных растворов не должна превышать 1,25 мм, поэтому в данной работе в качестве заполнителя для особо тяжелых растворов на основе высокоглиноземистого цемента были использованы две фракции полиминерального отхода стекольного производства со средней плотностью 5100 кг/м³, соответствующие стандартным ситам: 1,25–0,63 мм и менее 0,14 мм. Соотношение между массами фракций было принято 1,86:1.

Основными рецептурными факторами, оказывающими доминирующее влияние на структуру и свойства строительных материалов, изготавливаемых на минеральных вяжущих веществах, являются степень напол-

нения дисперсной фазой и водоцементное отношение (рис. 1 и 2).

Как видно из рис. 1, зависимость средней плотности особо тяжелых растворов от степени наполнения имеет экстремальный характер. Повышение средней плотности раствора при увеличении степени наполнения наблюдается у подвижных смесей (восходящие ветви на графиках рис. 1). Дальнейшее увеличение количества заполнителя приводит к снижению подвижности и, следовательно, формированию материала с высокой пористостью. Наибольшую среднюю плотность 4045 кг/м³ имеет раствор с В/Ц = 0,5 и степенью наполнения $\vartheta_f = 0,66$ (Ц:Н = 1:8), полученный из смеси с подвижностью (диаметр расплыва конуса) 118–121 мм.

Увеличение В/Ц приводит к снижению средней плотности растворов. При этом максимум плотности смешивается в сторону больших значений степени наполнения (рис. 1). Влияние В/Ц на среднюю плотность растворов снижается при увеличении степени наполнения. Например, изменение В/Ц в пределах от 0,5 до 0,6 приводит к уменьшению средней плотности растворов со степенью наполнения $\vartheta_f = 0,59$ (Ц:Н = 1:6) с 3950 до 3700 кг/м³, а у растворов со степенью наполнения $\vartheta_f = 0,66$ (Ц:Н = 1:8) – с 4045 до 3880 кг/м³ (рис. 2).

Плотность особо тяжелых растворов можно повысить при одновременном улучшении удобоукладываемости растворных смесей и уменьшении расхода воды за счет введения пластифицирующих добавок. Для пластифицирования смесей были использованы следующие добавки: карбамидная смола (КС) – 1%, ЛСТ – 0,15%, сульфосалициловая кислота (ССК) – 0,2%, лимонная кислота (ЛК) – 0,1% и С-3 – 0,5% от массы цемента. Концентрации добавок выбирали по результатам испытаний растворов на прочность. В качестве контрольного был использован раствор с В/Ц = 0,5 и

Таблица 1

Пластификатор	Количество, % от массы цемента	В/Ц	Подвижность раствора, мм	Плотность, кг/м ³
Без пластификатора	–	0,5	118	4045
КС	1	0,5	140	4063
		0,47	117	4089
ЛСТ	0,15	0,5	150	4077
		0,45	118	4094
ССК	0,2	0,5	178	4080
		0,45	118	4098
ЛК	0,1	0,5	185	4101
		0,45	119	4114
С-3	0,5	0,5	159	4112
		0,43	119	4126

Таблица 2

№ состава	Ц:Н	В/Ц	Вид и дозировка добавки, % от массы цемента	Водопоглощение, мас. %						
				Время						
				15 мин	30 мин	1 ч	3 ч	24 ч	7 сут	28 сут
1	1:6	0,5	–	2,75	2,28	2,85	2,86	3,18	3,56	3,79
2	1:8	0,5	–	0,82	1,07	1,33	1,67	1,98	2,17	2,32
3	1:10	0,5	–	0,86	1,2	1,75	2,31	2,57	2,98	3,26
4	1:10	0,6	–	1,41	1,92	2,43	2,56	2,88	3,19	3,39
5	1:8	0,47	КС 1%	0,52	0,68	0,89	0,9	1,04	1,17	1,31
6	1:8	0,45	ССК 0,2%	1,08	1,45	1,71	1,8	1,94	2,12	2,25
7	1:8	0,45	ЛСТ 0,15%	1,06	1,26	1,53	1,61	1,74	1,93	2,11
8	1:8	0,45	ЛК 0,1%	0,6	0,8	0,99	1,23	1,43	1,7	1,74
9	1:8	0,43	С-3 0,5%	0,37	0,47	0,63	0,96	1,42	1,61	1,73

Таблица 3

№ состава	P _o , %				P _o , %	P _к , %	Параметры поровой структуры		D·10 ¹¹ , м ² /с
	a	b	c	d			α	λ	
1	3,86	1,14	0,49	0,517	8,56	6,37	0,2	1,228	2,43
2	2,33	15,34	3,89	0,113	6,88	5,19	0,56	1,282	1,39
3	3,23	34,19	4,28	0,103	7,72	6,08	0,7	1,204	1,64
4	3,31	85,39	5,78	0,088	8,16	7,13	0,75	2,43	1,75
5	1,34	12,83	3,94	0,074	3,85	3,29	0,9	1,074	1,01
6	2,16	88,85	6,76	0,091	4,28	3,71	0,73	2,013	1,33
7	2,13	21,07	4,28	0,075	4,37	3,59	0,68	2,12	1,3
8	1,81	10,76	3,56	0,105	4,19	3,48	0,52	1	1,12
9	1,71	2,26	2	0,303	3,95	3,45	0,4	0,086	1,12

степенью наполнения $\vartheta_f = 0,66$. Значения средней плотности пластифицированных растворов на основе высокоглиноземистого цемента приведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что при одинаковом В/Ц плотность растворов с добавками несколько выше плотности раствора без добавки, что объясняется лучшей удобоукладываемостью модифицированных смесей. У модифицированных растворов, име-

ющих одинаковую подвижность с раствором без добавки, плотность также незначительно возрастает вследствие снижения количества воды затворения. Наиболее эффективными добавками, позволяющими на 1,6–2% увеличить среднюю плотность растворов, являются суперпластификатор С-3, ЛК и КС.

Таким образом, на основании проведенных исследований для практического использования могут

быть рекомендованы растворы на основе высокоглиноземистого цемента со степенью наполнения $\vartheta_f = 0,66$ (Ц:Н = 1:8) и В/Ц = 0,5, имеющие среднюю плотность 4000–4050 кг/м³, а также растворы, модифицированные суперпластификатором С-3, ЛК и КС.

Более информативной характеристикой качества структуры радиационно-защитных материалов, чем средняя плотность, является

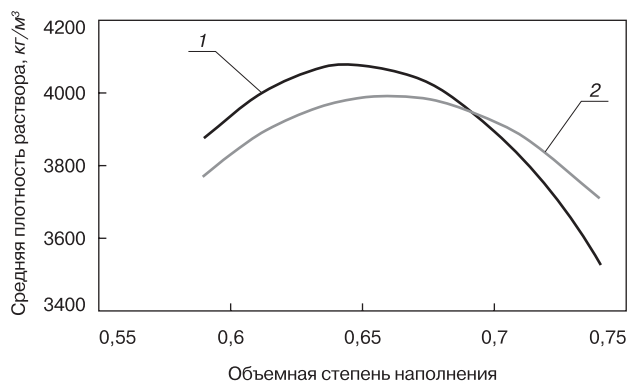


Рис. 1. Зависимость средней плотности особо тяжелых растворов от степени наполнения: 1 – В/Ц = 0,5; 2 – В/Ц = 0,6

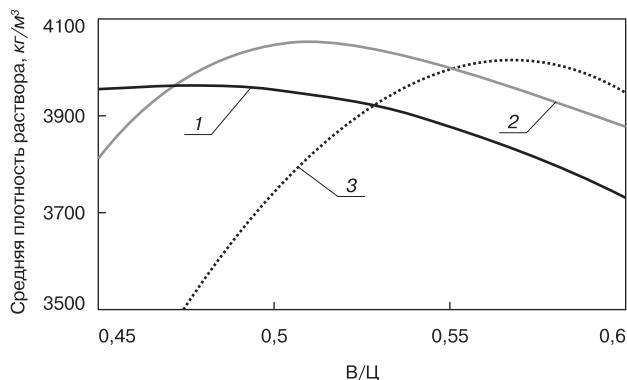


Рис. 2. Зависимость средней плотности растворов от В/Ц: 1 – $\vartheta_f = 0,59$; 2 – $\vartheta_f = 0,66$; 3 – $\vartheta_f = 0,7$

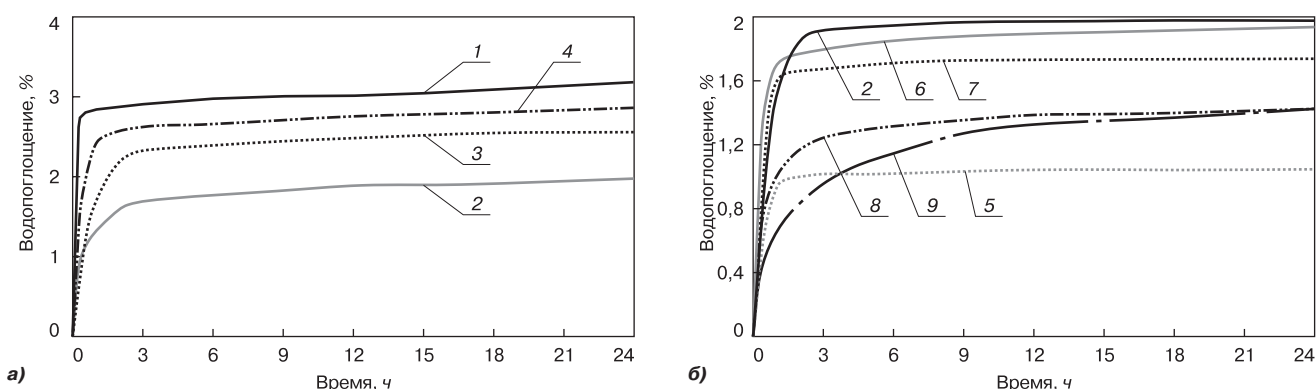


Рис. 3. Кинетика водопоглощения растворов: а – без добавок, б – с добавками. Номера кривых соответствуют номерам составов табл. 2

пористость. Она оказывает существенное влияние на большинство эксплуатационных свойств материала (морозостойкость, проницаемость, коррозионную стойкость, прочность и другие характеристики). Исследование параметров поровой структуры растворов проводили по кинетике водопоглощения. Составы исследуемых растворов и результаты испытаний приведены в табл. 2 и на рис. 3.

Представленные экспериментальные данные показывают, что при постоянном В/Ц увеличение степени наполнения растворов до оптимального значения $\vartheta_f = 0,66$ (Ц:Н = 1:8) приводит к уменьшению водопоглощения. При дальнейшем увеличении степени наполнения до $\vartheta_f = 0,7$ (Ц:Н = 1:10) водопоглощение возрастает. Это объясняется тем, что при наполнении смесей выше оптимального значения их жесткость повышается. При уплотнении таких смесей вследствие заземления воздуха образуются пустоты, увеличивающие водопоглощение. Наибольшее водопоглощение, равное 3,8% (после 28 сут экспозиции в воде), имеет раствор при В/Ц = 0,5 со степенью наполнения $\vartheta_f = 0,59$. Наименьшее, равное 2,32%, – раствор с $\vartheta_f = 0,66$ при В/Ц = 0,5. Увеличение подвижности смесей путем увеличения В/Ц не приводит к снижению водопоглощения, что можно объяснить увеличением капиллярной пористости в растворах. Введение добавок, способствующих снижению В/Ц, при сохранении требуемой удобоукладываемости смесей закономерно приводит к снижению водопоглощения (табл. 2).

Наиболее интенсивное поглощение воды в исследуемых растворах происходит в течение первых 7 ч (рис. 3). В дальнейшем наблюдается замедление темпов водопоглощения.

Математическая обработка экспериментальных данных (рис. 3) показывает, что кинетические зави-

симости водопоглощения описываются функцией вида:

$$W_\tau = a - be^{-c\tau^d}, \quad (1)$$

где τ – время, с; a, b, c, d – эмпирические коэффициенты.

По кинетике водопоглощения рассчитывали общую P_0 и кажущуюся P_k пористость (интегральный объем открытых пор, доступный водопоглощению), а также коэффициент диффузии воды (D) и параметры поровой структуры растворов: λ – показатель среднего размера капиллярных пор; α – показатель однородности размеров капиллярных пор. Результаты проведенных расчетов представлены в табл. 3.

При повышении степени наполнения растворов их пористость уменьшается (табл. 3). Это можно объяснить тем, что увеличение концентрации наполнителя приводит к уменьшению содержания в них цементного камня – основного носителя пористости. При этом показатель среднего размера пор λ также уменьшается. Однако у раствора со степенью наполнения $\vartheta_f = 0,7$ показатели пористости выше, чем у менее наполненных растворов. Ранее указывалось, что такая смесь является жесткой. Поэтому при ее уплотнении возможно заземление дополнительного количества воздуха и образование пустот, снижающих однородность раствора и ухудшающих его свойства.

Модифицирующие добавки уменьшают водоцементное отношение и снижают общую пористость растворов. Влияние добавок на величину средних размеров пор неодинаково. Так, например, добавки ЛСТ и ССК увеличивают содержание более крупных пор, поэтому растворы с указанными добавками характеризуются большей скоростью водопоглощения в начальный период экспозиции. В последующий период скорость водопоглощения снижается из-за наличия в растворах капилля-

ров меньших размеров. КС приводит к уменьшению размеров пор примерно в 1,5 раза и способствует формированию более однородной структуры раствора. Это можно объяснить тем, что введение КС в растворы обеспечивает их достаточно высокую подвижность и хорошую уплотняемость, что позволяет после затвердевания получать материал с плотной структурой и равномерно распределенными микропорами [2]. Растворы с добавкой КС имеют наименьшее водопоглощение. Частичная коагуляция капиллярных, седиментационных и контракционных пор и каналов цементного камня адсорбционными пленками отвержденной смолы приводит к тому, что на начальной стадии проникания воды через раствор разбухание смолы вызывает самозакрывание пор и в растворе оказывается меньшее количество воды. Добавки ЛК и суперпластификатора С-3 также приводят к существенному уменьшению среднего размера капилляров. У растворов с указанными добавками скорость водопоглощения меньше, чем у немодифицированного раствора.

Таким образом, поровая структура особо тяжелых растворов с добавками КС, С-3 и ЛК характеризуется малым содержанием капиллярных пор большого радиуса ($\lambda = 0,086 - 1,282$), что наряду с низким водопоглощением предопределяет высокие физико-механические и эксплуатационные свойства особо тяжелых растворов на основе высокоглиноземистых цементов.

Список литературы

1. Строительные растворы. Справочник. М.: Стройиздат. 1979. 279 с.
2. Linke B., Label P., Lieske H., Werner M. Verfahren zur Herstellung von gefüge-dichten ARSchemortel und Aschebetone. ORGREB – Institut für Kraftwerke. Pat. 244472 08. 04. 87. МКИ С В 18/06.

Значение уровня риска в теории возможностей

Для оценки качества продукции при ограниченной информации о показателе качества используются методы на основе теории возможностей. Исследуемая нечеткая переменная в этом случае характеризуется функцией распределения возможностей (ФРВоз), возможностью R и необходимостью N реализации события.

Одним из параметров ФРВоз является уровень риска $\alpha \in [0, 1]$, которым специалисту приходится задаваться. От принятого значения α зависит характеристика степени реализации показателя качества продукции. В [1] было рассмотрено влияние значения α на показатели качества продукции и приведена его зависимость от числа образцов при испытаниях. Чтобы облегчить специалисту выбор значения α , рассмотрим дополнительные условия для сужения интервала $[0, 1]$. На практике часто используются треугольные, трапециевидные и экспоненциальные ФРВоз [2]. На рис. 1 показан график треугольной ФРВоз $\pi_X(x)$.

Из рис. 1 видно, что ФРВоз (восходящая ветвь) имеет вид

$$\pi_X(x) = ((a-x)\alpha + (x-X_{\min}))/((a-X_{\min})). \quad (1)$$

Для нисходящей ветви

$$\pi_X(x) = ((x-a)\alpha + (X_{\max}-x))/(X_{\max}-a).$$

Значение $\pi_X(x)$ возрастает с ростом α . Однако значение α_{\max} ограничено сверху. Во-первых, показатель качества может, например, принимать только положительные значения. В этом случае значение x ограничено условиями $x \geq 0$ и $\pi_X(x) \geq 0$. Крайний случай соответствует условию $x = 0$ и $\pi_X(0) = 0$. Тогда из (1) $\alpha_{\max} = X_{\min}/a$. Во-вторых, значение x может быть ограничено условием $x \geq x_0$, где x_0 наименьшее, наибольшее для правой ветви ФРВоз $\pi_X(x)$ значение, невыполнение которого приводит к браковке данной продукции. Кроме того, имеется ограничение по степени обеспеченности реализации значения $x = x_0$. Если обеспеченность значения x_0 характеризовать необходимостью (нижнее значение вероятности) реализации события $x = x_0$ равной $N_0 = N(x_0) = 1 - \pi_X(x_0)$, то из (1) найдем $\alpha_{\max} = 1 - N_0(a - X_{\min}) / (a - x_0)$.

Пример. Пусть известны $X_{\max} = 10$, $X_{\min} = 6$, $a = 8$, $x_0 = 5$, $N_0 = 0,9$. Тогда $\alpha_{\max} = 1 - 0,9 \cdot 2 / 3 = 0,4$.

Рассмотрим экспоненциальную ФРВоз вида

$$\pi_X(x_0) = \exp\{-(x-a)/b\}. \quad (2)$$

На рис. 2 представлен график этой функции. Возможность реализации события обозначается R , а необходимость $N(x)$ находится по условию $N = 1 - \pi_X(x)$ [1].

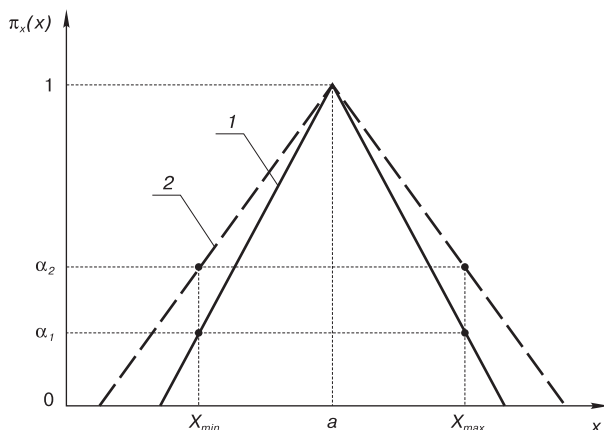


Рис. 1. Вид функции распределения возможностей $\pi_X(x)$: $a = (X_{\max} + X_{\min})/2$, $\alpha \in [0, 1]$

Из рис. 2 видно, что с увеличением α возрастает $\pi_X(x)$ при одном и том же значении x , например при $x = X_{\max}$. Для нахождения значения b задаются $\alpha \in [0, 1]$. Чтобы облегчить выбор α , найдем его наибольшее возможное значение α_{\max} . При характеристике продукции в виде показателя $x > 0$ всегда имеется некоторый порог его значения x_0 , ниже которого он не должен быть. Качество продукции характеризуется значением x и степенью обеспеченности этого значения, которая определяется интервалом $[R, N = 1 - \pi_X(x)]$ (рис. 2). Например, при оценке качества древесины по влажности при $x \leq a$ будем иметь $R = 1$, при оценке прочности $R = 1$ при $x \geq a$. В этих случаях ограничение по x_0 приводит к ограничению $N(x)$ или $\pi_X(x_0) = \alpha_0$.

Найдем наибольшее значение уровня риска α_{\max} , при ограниченных условиях $x \geq x_0$, $\alpha \leq \alpha_{\max}$, используя (2). Чтобы обеспечить значение $\pi_X(x_0) = \alpha_0$ при x_0 , нужно найти значение α_{\max} в параметре $b = (X_{\max} - X_{\min}) / 2 \sqrt{-\ln \alpha_{\max}}$. Подставляя в (2) $\alpha_0 = \pi_X(x_0)$, $x = x_0$, a и b , получим

$$\alpha_{\max} = \exp\{-(X_{\max} - X_{\min})^2 / 4(a - x_0)^2\}. \quad (3)$$

Пример. Пусть $X_{\max} = 10$, $X_{\min} = 6$, $a = 8$, $x_0 = 4$, $\alpha_0 = 1 \cdot 10^{-2}$, $\ln \alpha_0 = -4,6$. Из (2) найдем $\alpha_{\max} = \exp\{-16 \cdot 4,6 / 4 \cdot 16\} = 0,3$.

В этом случае значение α выбирается не из $[0, 1]$, а из $[0; 0,3]$, то есть принятие решения о значении α упрощается и уточняется.

Для окончательного выбора значения $\alpha \leq \alpha_{\max}$ в параметре b учитывается число измерений (испытаний), ответственность конструкции, стоимость, например, последствий разрушения и т. д. Пусть в предыдущем примере принято значение $\alpha = 0,2$, то есть меньше $\alpha_{\max} = 0,3$. Найдем обеспеченность значения $x = 4$. В этом случае имеем $b = (10 - 6) / 2 \sqrt{-\ln 0,2} = 1,6$; $a = 8$, $R = 1$, так как $x = 4 < a = 8$ и $\pi_X(4) = 1,9 \cdot 10^{-3}$, $N(4) = 0,998$.

Возможность и необходимость реализации события $x = 4$ при исходных статистических данных о величине x характеризуется интервалом $[1; 0,998]$.

Список литературы

1. Уткин В.С., Кошелева Ж.В. Об оценке качества строительных материалов в зависимости от числа образцов // Строит. материалы. 2001. № 9. С. 26–27.
2. Уткин В.С., Уткин Л.В. Определение надежности строительных конструкций: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. Вологда: ВоГТУ, 2000. 176 с.

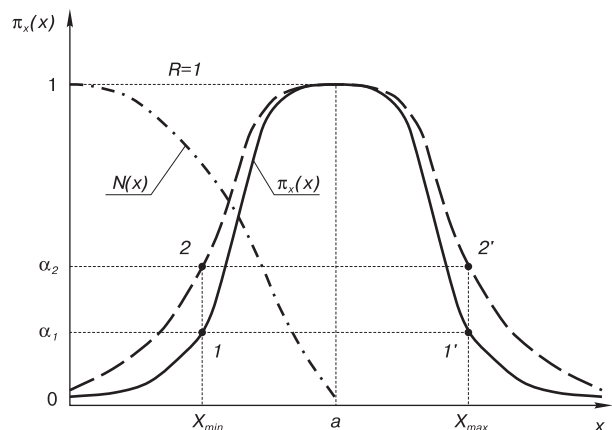


Рис. 2. ФРВоз $\pi_X(x)$, $a = (X_{\max} + X_{\min})/2$, $b = (X_{\max} - X_{\min}) / 2 \sqrt{-\ln \alpha}$

А.В. САЛЬНИКОВ, инженер, В.Г. ХОЗИН, д-р техн. наук, Н.Н. МОРОЗОВА, канд. техн. наук, Казанская государственная архитектурно-строительная академия, В.С. ДЕМЬЯНОВА, д-р техн. наук, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Влияние комплексного модификатора на свойства цементного вяжущего

Развитие теории и технологии вяжущих веществ и бетона определило реальные предпосылки создания новых модификаторов структурно-высококачественного бетона.

Спектр современных добавок очень широк. Известные комплексные модификаторы (КМ) бетона – Лигнопан, ЛМГ, Универсал П-2 и др., применяемые с целью снижения затрат на тепловлажностную обработку (ТВО), имеют свои недостатки. На кафедре ТСМИК Казанской государственной архитектурно-строительной академии разработаны комплексные модификаторы для беспрогревной технологии производства изделий из бетонов на рядовых цементах [1]. Разработанные комплексные модификаторы пластифицирующе-упрочняющего действия позволяют получать через 24 ч нормально-влажностного твердения (температура 20–25°C, влажность 90–100%) отпускную прочность бетона, а также повысить марочную прочность бетона на 30–40%.

Большинство КМ цементных бетонов в своем составе имеет добавки с пластифицирующим эффектом, которые недешевы. С целью снижения стоимости КМ была разработана химическая добавка пластифицирующего действия Арос-Ф, получаемая сульфированием ароматических отходов промышленного органического синтеза, которая по основному эффекту не уступает известному С-3. Свойства цементного теста модифицированного С-3 и Арос-Ф приведены в табл. 1.

В цементных пастах с Арос-Ф эффект пластификации наблюдается в большей степени, чем с С-3, а сроки схватывания их близки при дозировке до 1%. Физико-механические показатели мелкозернистого бетона, пластифицированного добавкой Арос-Ф и С-3, приведены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, прирост прочности бетона с Арос-Ф через 1 сут нормально-влажностного твердения составляет 77% и 31% через 28 сут. Таким образом, Арос-Ф является су-

перпластификатором по основному эффекту действия.

В качестве минеральных носителей химических добавок (пластификаторов) в составе КМ были использованы: кварцевый песок $S_{уд} = 3500 \text{ см}^2/\text{г}$; феррохромовый шлак (ФХШ) $S_{уд} = 3000 \text{ см}^2/\text{г}$; микрокремнезем-аэросил $S_{уд} > 50000 \text{ см}^2/\text{г}$; горбуша от производства газобетона $S_{уд} = 3000\text{--}3500 \text{ см}^2/\text{г}$; отходы производства керамзита $S_{уд} = 3000\text{--}3500 \text{ см}^2/\text{г}$; зола ТЭЦ $S_{уд} = 3000\text{--}3500 \text{ см}^2/\text{г}$.

По измерению пластической прочности на коническом пластометре судили о процессах структурообразования цементных паст с минеральными добавками. Оказалось, что в первый период времени – индукционный цементные пасты, наполненные молотым кварцевым песком и ФХШ, имеют меньшую пластическую прочность. Во второй и третий периоды, совпадающие по времени с началом и концом схватывания, пластическая прочность наполненных цементных паст выше. Введение в цементные пасты микронаполнителей приводит к ускорению формирования кристаллической структуры. Вероятно, это обусловлено взаимодействием кремнезема микронаполнителя с гидроксидом кальция с образованием дополнительного количества гидросиликатов. Коротким индукционным периодом и наибольшей пластической прочностью во все периоды обладает цементная паста, наполненная аэросилом, что объясняется его высокой реакционной способностью вследствие высокой удельной поверхности.

Большое значение при твердении бетона имеет температура. Общеизвестно, что повышение температуры созревания бетона приводит к недобору нормативной прочности при сжатии при последующих с момента изготовления нормально-влажностных условиях твердения. Из анализа литературных данных [2–6] следует, что нормативная прочность при сжатии рядового бетона понижается тем больше, чем выше температура ТВО. Установлено, что минимальное понижение прочности на 15–17% происходит при температуре 35°C, тогда как при 90°C это понижение составляет 45–50%. Опти-

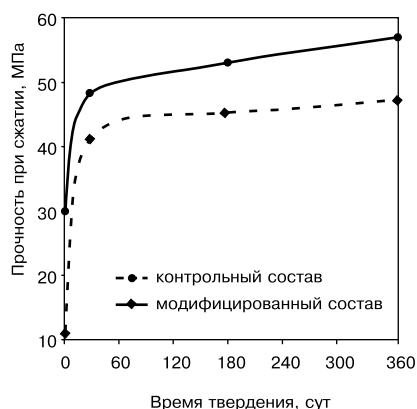
Таблица 1

Вид добавки	Количество добавки, % от массы цемента	Нормальная густота, %	Сроки схватывания, ч-мин	
			начало	конец
–	–	28	2-45	3-15
С-3	0,5	25	2-50	3-40
	0,8	23	2-55	4-00
	1	22	3-40	4-15
	1,25	21,5	4-30	5-30
Арос-Ф	0,5	23	2-55	3-40
	0,8	22	3-05	4-00
	1	21	3-20	4-35
	1,25	19	3-35	5-30

Таблица 2

Вид добавки	Количество добавки, % от массы цемента	Прочность, МПа в возрасте		
		1 сут	28 сут	после ТВО
–	–	13	42	27
С-3	0,5	17	47	43
	0,8	22	51	47
Арос-Ф	0,5	19	49	45
	0,8	23	55	51

Таблица 3



Кинетика набора прочности контрольного образца и с добавкой КМ

малым для получения бездефектной структуры бетона является температурный интервал 25–35°C. Однако с понижением температуры продолжительность прогрева может быть неоправданно большой, хотя теплоэнергетические затраты при этом будут минимальны, особенно в летний период. Поэтому интервал температур 25–35°C и ниже представляет не только практический, но и научный интерес.

Было проведено определение оптимальной температуры твердения модифицированного бетона. Из результатов испытаний было установлено, что оптимальной температурой является интервал 24–26°C.

Особое влияние на физико-механические показатели прочности бетона оказывает температурный режим ТВО. Исследовалось изменение прочности модифицированного бетона, твердеющего в первые сутки при установленной температуре, а последующие 27 в нормальных условиях. В эксперименте температура изменялась от 20 до 80°C с интервалом в 20°C. Результаты представлены в табл. 3.

Известно, что быстрый набор прочности сказывается на конечном результате. Возможно снижение прочности при длительном (более 28 сут) твердении бетона. Наши исследования, приведенные на рисунке, показывают, что при применении КМ такого сброса не наблюдается.

Исследование пластической прочности цементного теста с КМ оптимального состава подтверждает эффективность химических модификаторов. Анализ пластограмм показывает, что индукционный период при твердении вяжущего с КМ короче, чем для немодифицированного портландцементного теста. При этом прочность в этом периоде модифицированного цементного теста выше. Введение КМ в состав вяжущего

Время твердения, сут	Прочность при сжатии, МПа							
	Температура ТВО, °C							
	Контрольный состав				Модифицированный состав			
	20	40	60	80	20	40	60	80
1	8,4	14,3	22,3	17,6	16	26,6	29,3	28,5
3	16	17,6	24	20	29,4	28,8	31,5	31,7
7	22,3	22,7	25,8	24,1	33	32,9	33,2	33,7
14	27,3	31,5	29,1	31,7	36,6	34	37,4	36,1
21	30,8	32,9	30,4	32,9	42,4	36,3	39,1	39,1
28	32,8	33,3	31	33,6	46,4	49,3	41,3	44,6

Таблица 4

Состав бетона	Водопоглощение, %, через							Коэффициент однородности размера пор, α	Показатель среднего размера пор, λ
	5 мин	15 мин	30 мин	60 мин	24 ч	48 ч	16 сут		
без добавки	2,63	3,91	4,85	5,79	6,18	6,57	6,87	0,58	2,9
с КМ	1,42	1,83	2,14	2,45	4,07	5,69	6,03	0,325	0,13

щего сокращает продолжительность коагуляционного периода структурообразования на 1,5–2,5 ч. Период кристаллизационного структурообразования характеризуется интенсивным ростом прочности теста в сравнительно короткий промежуток времени (1–1,5 ч).

Изменение структуры порового пространства цементного камня изучалось на образцах, твердеющих при нормальных условиях в течение 28 сут. Характеристика порового пространства цементного камня показана в табл. 4.

Показатели пористости бетона определялись в соответствии с ГОСТ 12730.4–78 по кинетике водопоглощения. Согласно экспериментальным данным максимально высокая пористость характерна для бетона без добавки. Такой бетон характеризуется повышенным водоцементным отношением В/Ц = 0,44, что способствует формированию более пористой структуры затвердевшего бетона. Показатель среднего размера пор 0,13 для бетона с КМ на порядок ниже размера пор бетона без добавок.

Оценка морозостойкости бетона с КМ показала, что она выше на 1–2 марки, чем у бетонов без КМ.

Экономический эффект от применения КМ в производстве железобетона по заводской технологии может составить около 10–15% за счет исключения расходов на тепло-влажностную обработку и обслуживания тепловых агрегатов.

Таким образом, применение комплексного модификатора поз-

воляет снизить энергозатраты на производство бетонных и железобетонных изделий, сократить производственный цикл и сроки возведения монолитных конструкций сооружений, получить высококачественный бетон на рядовом цементе.

Список литературы

1. Хозин В.Г., Морозова Н.Н., Сальников А.В. Органоминеральная добавка для беспробеговой технологии цементных бетонов // Материалы 1-й Всероссийской конференции по проблемам бетона и железобетона, М.: Ассоциация «Железобетон». 2001. С. 1298–1303.
2. Железобетон в XXI веке: Состояние и перспективы развития бетона и железобетона в России // Госстрой России. НИИЖБ. М.: Готика. 2001. С. 171–177.
3. Бабаев Ш.Т., Башлыков Н.Ф., Юдович Б.Э. Эффективность вяжущих низкой водопотребности // Бетон и железобетон. 1998. № 6. С. 3–6.
4. Рояк С.М., Рояк Г.С. Специальные цементы. М.: Стройиздат. 1993. 416 с.
5. Сычев М.М. Активация твердения цементов // Материалы научно-технического совещания по химии и технологии цемента «Наука—производству». Ч. 1. Химия цемента. Вып. 97. НИИцемент. М., 1988. С. 126–130.
6. Матвиенко В.А., Сычев М.М. Активация твердения цементного теста путем поляризации // Цемент. 1987. № 8. С. 7.

О возможности использования дисперсных техногенных отходов в мелкозернистых бетонах

Современный зарубежный и отечественный опыт производства бетонов не обходится без широкой практики применения тонкодисперсных минеральных добавок — микрокремнезема и зол уноса. Применение этих добавок, по литературным данным, заметно повышает прочностные показатели бетонов. Это особенно заметно в ранние сроки нормального твердения. Но несмотря на все положительные характеристики микрокремнезема, стоимость его соизмерима со стоимостью цемента, а в зависимости от условий поставки может превышать стоимость последнего в несколько раз [1].

Исходя из сказанного выше наиболее целесообразно использовать в качестве микронаполнителей многотоннажные отходы литейной промышленности, переработанные отходы бетона и разного рода пески, широко представленные во всех регионах.

Использование дисперсных наполнителей (ДН) в цементных системах связано с положительным влиянием их на структурообразование, сохранение или повышение прочности наполненных бетонов и на многие другие физико-механические свойства.

Наиболее эффективно использование дисперсных наполнителей, особенно высокодисперсных, в сочетании с суперпластификаторами.

В качестве дисперсных наполнителей для производства мелкозернистых бетонов были использованы Липецкий шлак и отходы бетона на гранитном «Бетонит-Г» и известняковом «Бетонит-И» заполнителях после двух лет твердения. Все материалы были размолоты до удельной поверхности 650–675 м²/кг.

Особый интерес представляет собственная поверхностная физико-химическая и реакционно-химическая (гидравлическая) активность используемых наполнителей.

Для оценки гидравлической активности наполнителя готовились образцы-балочки размером 4×4×16 см из дисперсных наполнителей в смеси с вольским стандартным песком состава 1:2 (ДН:П) с последующим твердением в нормально-влажностных условиях. Введение 1% суперпластификатора С-3 производилось с

водой затворения (способ ВСП). Основным условием при подборе водосодержания и укладке смесей была равная подвижность. Гидравлическая активность наполнителей представлена в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что гидравлическая активность «Бетонит-И» невысокая. Достигнутая прочность в первые сутки не превышает 1,6 МПа при В/Т = 0,28 и 2,4 МПа при В/Т = 0,26. Введение суперпластификатора С-3 позволило сократить В/Т до 0,19, что сразу отразилось на росте прочности 3,2 МПа. Рост прочности продолжался и в дальнейшем.

В то же время ранняя гидравлическая активность молотого бетона на известняке («Бетонит-И») двухлетнего возраста довольно высокая и обеспечивается не полностью прогидратированными зёрнами цемента. В свою очередь, индукционный период смеси на молотом липецком шлаке весьма продолжителен и роста прочности не наблюдается на протяжении трех суток. В период между 3-ми и 7-ми сутками бетон активно начинает набирать прочность, которая на 7-е сутки составила 13 МПа, а на 28-е увеличивается почти в 4 раза и составляет 49 МПа. Снижение В/Т за счет введения 1% С-3 не позволило активизировать рост прочности шлака на ранней стадии твердения.

В результате проведенных исследований установлена более высокая реакционная способность молотого бетона на известняке — «Бетонит-И», обеспечивающая набор прочности в начальные сроки твердения, в то время как для липецкого шлака индукционный период достигает трех суток, после чего резко активизируется набор прочности.

Оценка процессов структурообразования наполненного мелкозернистого бетона (НМЗБ) в присутствии дисперсных наполнителей и изучение кинетики набора прочности его производилась на двух видах цемента — катав-ивановском и вольском. Готовились мелкозернистые бетонные смеси двух серий состава 1:2 (Ц:П) на вольском стандартном песке с распылом на встряхивающем столике в пределах 108–115 мм. Параллельно

Таблица 1

Дисперсный наполнитель	В/Т	Введение С-3	Диаметр распыла, мм, на встряхивающем столике на вибростолу	Прочность МПа в возрасте, сут			
				1	3	7	28
«Бетонит-И»	0,26	–	106/125	$\frac{0,8}{2,4}$	$\frac{-}{3,6}$	$\frac{1,6}{5}$	$\frac{-}{10}$
«Бетонит-И»	0,28	–	115/160	$\frac{-}{1,6}$	$\frac{-}{3,1}$	$\frac{1,2}{4,2}$	$\frac{-}{9}$
«Бетонит-И»	0,19	ВСП, 1%	115/181	$\frac{1,2}{3,2}$	$\frac{-}{4,8}$	$\frac{3,1}{6}$	$\frac{-}{13}$
Липецкий шлак	0,24	–	107/128	–	–	$\frac{3}{13}$	$\frac{-}{49}$
Липецкий шлак	0,19	ВСП, 1%	115/179	–	–	$\frac{1,1}{6}$	$\frac{-}{43}$

Примечание. Над чертой – прочность при изгибе; под чертой – прочность при сжатии.

Таблица 2

Дисперсный наполнитель	Ц/ДН	Введение С-3	В/В	Диаметр расплыва, мм, на встряхивающем столике на вибростоле	Прочность МПа в возрасте, сут			
					1	3	7	28
Цемент катав-ивановский								
Контрольный	–	–	0,35	110/138	$\frac{3,9}{19,9}$	$\frac{-}{22,17}$	$\frac{5,2}{44}$	$\frac{-}{47}$
«Бетонит-И»	87,5/12,5	–	0,31	110/142	$\frac{4,39}{24}$	$\frac{-}{44}$	$\frac{7,9}{49}$	$\frac{-}{58,5}$
«Бетонит-И»	87,5/12,5	ВСП, 1%	0,25	113/168	$\frac{7,37}{28}$	$\frac{-}{47}$	$\frac{8,1}{52}$	$\frac{-}{63}$
«Бетонит-И»	75/25	–	0,3	108/140	$\frac{4,36}{19}$	$\frac{-}{43}$	$\frac{6,5}{48}$	$\frac{-}{54}$
«Бетонит-И»	75/25	ВСП, 1%	0,25	114/171	$\frac{5,7}{26}$	$\frac{-}{46}$	$\frac{8,3}{51}$	$\frac{-}{60}$
«Бетонит-Г»	87,5/12,5	–	0,31	108/142	$\frac{5,17}{23}$	$\frac{-}{44}$	$\frac{6,8}{51}$	$\frac{-}{57}$
«Бетонит-Г»	75/25	–	0,31	109/144	$\frac{4}{20}$	$\frac{-}{39}$	$\frac{6,6}{43}$	$\frac{-}{54}$
Липецкий шлак	87,5/12,5	–	0,32	115/143	$\frac{3,7}{20}$	$\frac{-}{33}$	$\frac{8,7}{50}$	$\frac{-}{58}$
Липецкий шлак	87,5/12,5	ВСП, 1%	0,25	115/174	$\frac{4}{24}$	$\frac{-}{36}$	$\frac{9,8}{59}$	$\frac{-}{63}$
Цемент вольский								
Контрольный	–	–	0,33	110/142	$\frac{2,6}{8,8}$	$\frac{-}{18,5}$	$\frac{5,6}{29}$	$\frac{-}{40,5}$
Контрольный	–	ВСП, 1%	0,3	115/160	$\frac{-}{0,4}$	$\frac{-}{18}$	$\frac{5,7}{26}$	$\frac{-}{37}$
«Бетонит-И»	87,5/12,5	–	0,31	108/139	$\frac{3,3}{14}$	$\frac{-}{32}$	$\frac{6,7}{36}$	$\frac{-}{44}$
«Бетонит-И»	87,5/12,5	ВСП, 1%	0,24	110/165	$\frac{3,7}{15}$	$\frac{-}{35}$	$\frac{7}{41}$	$\frac{-}{48}$
Липецкий шлак	87,5/12,5	–	0,3	110/140	$\frac{2,9}{11}$	$\frac{-}{34}$	$\frac{6,9}{38}$	$\frac{-}{50}$
Липецкий шлак	87,5/12,5	ВСП, 1%	0,24	111/168	$\frac{1,9}{7}$	$\frac{0}{39}$	$\frac{7,9}{45}$	$\frac{-}{55}$

Примечание. Над чертой – прочность при изгибе; под чертой – прочность при сжатии.

фиксировался расплыв конуса на вибростоле после вибрирования в течение 10 с.

Количество дисперсных наполнителей составляло 12,5 и 25% от массы цемента. Пластификация смесей производилась 1% суперпластификатора С-3, который вводился с водой затворения. Проведенными ранее исследованиями [2] установлено, что среднее значение масштабного коэффициента для МЗБ близко к единице. В связи с этим оценка прочности производилась на образцах-балочках 4×4×16 см, которые хранились в воздушно-влажностных условиях и испытывались в возрасте 24 ч, 3,7 и 28 сут (табл. 2.).

Из табл. 2 следует, что наиболее активное действие на кинетику набора прочности НМЗБ на катав-ивановском цементе на ранних сроках твердения оказывает «Бетонит-И». Так прочность непластифицированного и пластифицированного бетона в возрасте 3 сут составила 44 и 47 МПа соответственно, что в среднем на 48–50% выше по отношению к контрольному и на 30% выше по отношению к бетону, наполненному Липецким шлаком. Нормативная же прочность бетона, наполненного липецким шлаком, в возрасте 28 сут не уступает, а в целом ряде случаев даже превышает прочность бетонов на «Бетоните». Аналогичная тенденция, но в значительно большей сте-

пени характерна для НМЗБ, изготовленного на вольском цементе.

Оптимальная степень наполнения мелкозернистых бетонов дисперсными минеральными добавками составляет 12,5%. Увеличение доли ДН до 15% приводит к понижению прочности независимо от вида цемента и дисперсного наполнителя, что во многом согласуется с уже известными литературными данными.

Изучение комплексного влияния вида дисперсного наполнителя в составе с суперпластификатором на кинетику набора прочности мелкозернистого бетона необходимо для разработки и прогнозирования физико-технических свойств конструктивных бетонов. Использование дисперсных наполнителей на основе побочных продуктов и отходов местной промышленности позволяет попутно решать ряд экологических проблем, связанных с утилизацией отходов и использованием вторичных ресурсов.

Список литературы

1. Волков Ю.С. Применение сверхпрочных бетонов в строительстве // Бетон и железобетон. 1994. № 7.
2. Свиридов Н.В., Коваленко М.Г., Чесноков В.М. Механические свойства особо прочного цементного бетона // Бетон и железобетон. 1991. № 2.

Л.А. УРХАНОВА, Д.М. ПЕРМЯКОВ, А.Ж. ЧИМИТОВ, кандидаты техн. наук,
Восточно-Сибирский государственный технологический университет
(г. Улан-Удэ, Республика Бурятия)

Силикатные бетоны на основе активированного вяжущего из некондиционной извести и эффузивных пород

При производстве силикатных строительных материалов к известковому компоненту предъявляются жесткие требования по содержанию количества пережога, так как известно, что при превышении допустимых пределов происходит значительное падение прочности производимых материалов, а также их частичное или полное разрушение [1].

Проведение исследований по разработке способов повышения активности извести со значительным содержанием пережога позволит создать технологию, исключающую подобные недостатки и, кроме того, расширить сырьевую базу, что является одной из актуальных задач в современной промышленности строительных материалов.

В наших работах исследовалась возможность использования некондиционного сырья – извести с содержанием пережога до 30% для получения известково-алюмосиликатных вяжущих веществ и бетонов на их основе с применением гидромеханохимической активации.

В исследованиях использовали негашеную кальциевую известь в качестве эталонной и известь, допол-

нительно обожженную в лабораторной муфельной печи при температуре 1200°C. Основные характеристики извести приведены в табл. 1.

В качестве алюмосиликатного компонента вяжущих использовались природные и техногенные сырьевые материалы Забайкалья: перлит Мухор-Талинского месторождения, зола-унос Улан-Удэнской ТЭЦ-1, химический состав которых представлен в табл. 2.

Вяжущие активировали до различной степени дисперсности в сухом виде и в жидкой фазе (в воде) в различных активаторах – планетарной мельнице и стержневой вибромельнице.

Выбор активатора основан на анализе характера приложения разрушающей нагрузки, при которой возможна наиболее полная нейтрализация вредного действия пережога и максимальная активизация алюмосиликатного составляющего вяжущих при низких энергетических затратах. Анализ удельных энергозатрат на рост и изменение дисперсности и прочности известково-кремнеземистых вяжущих показал, что из всех исследуемых активаторов наиболее эффективными и малоэнерго-

емкими являются планетарная мельница и стержневая вибромельница, которые относятся к высокоэнергонапряженным измельчительным агрегатам. Кроме того, в этих измельчителях при получении тонкодисперсных композиционных материалов возможна передача материалу максимального количества энергии, а величина ускорения частиц достигает нескольких десятков g [2].

Нами были разработаны и оптимизированы составы активированных вяжущих и силикатных бетонов на основе некондиционной извести и алюмосиликатных пород; установлены зависимости свойств силикатных бетонов от способов и режимов механохимической активации, от соотношения исходных компонентов бетона, а также от технологических характеристик; разработана технология получения автоклавных и безавтоклавных силикатных бетонов на основе активированных вяжущих и проведены опытно-промышленные испытания на производственной базе ассоциации «Дарханинвестстрой» (Республика Бурятия).

Как показали результаты исследований, механохимическая активация вяжущих на основе некондиционной извести и перлита в присутствии воды в различных активаторах приводит к деструкции уплотненной структуры пережженной извести, разрушению зерен пережога и уменьшению их размеров, в результате чего образуется новая поверхность, являющаяся активной. Водовяжущее отношение при активации в жидкой фазе составило 0,46 для виброистирателя и 0,47 для планетарной мельницы.

Известно, что в точках контакта измельчаемых материалов возникают очаги локального разогрева, в которых температура превышает 1000°C. Повышение температуры ведет к ослаблению связи в молекулах, дальнейшему разупорядочению структуры и уменьшению ассоциированных молекул. Благодаря этому молекулы воды приобретают способность к проникновению в те вещества, которые ранее при обычной температуре являлись для них непроницаемыми [3]. Таким образом,

Таблица 1

Основные параметры	Показатели пережженной извести	Показатели обычной извести
Содержание основных оксидов CaO и MgO, %	68	78
Скорость гашения, мин	26	3–5
Температура гашения, °C	76	86
Содержание непогашенных частиц, %	30	5

Таблица 2

Алюмосиликатные материалы	Содержание оксидов, мас. %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	K ₂ O (Na ₂ O)	SO ₃	п.п.п.
Перлит-стекло (Мухор-Талинское месторождение)	71,74	12,6	1,17	1,46	0,72	0,35	6,5	–	6,16
Зола-унос	61,88	20,11	4,16	2	4,6	2,26	0,59 (0,41)	0,59	5,42

вода в процессе гидромеханоактивации приобретает свойства, близкие к хорошо смачивающим жидкостям, способным проникать в самые тонкие капилляры, соизмеримые с величиной молекулярных слоев. Очевидно, в результате этого на микроуровне происходят процессы, аналогичные процессам при гашении пережженной извести в автоклаве.

Механизм гидратации гидромеханоактивированного вяжущего на основе некондиционной извести и алюмосиликатных пород несколько отличается от механизма гидратации вяжущих того же состава, активированного по сухому способу. Проведение механоактивации в жидкой фазе позволяет резко интенсифицировать начало процесса гидратации СаО вследствие комплексного механического и жидкофазного воздействия на вяжущее. Это характеризуется интенсивным выделением Са(ОН)₂ наряду с резким повышением температуры в системе, которая дает термический толчок и увеличивает скорость прохождения реакций.

Определенная оптическим методом степень гидратации известково-перлитового вяжущего, гидромеханоактивированного на стержневой вибротельнице в течение 8 мин, составляет 0,6. Столь высокая степень гидратации обусловлена чрезвычайной неустойчивостью образующихся на эффузивных породах поверхностных активных центров, стремящихся согласно теории короткоживущих центров к нейтрализации за счет взаимодействия с ионами Са²⁺, ОН⁻ и другими ионами водного раствора.

В результате адсорбции воды на активной свежесформированной поверхности алюмосиликатных пород и последующего образования гидратированного кремнезема, содержащего группы Si(ОН)₄, создаются условия для образования гидросиликатов и гидроалюминатов кальция, о чем свидетельствуют результаты рентгенофазового анализа гидратных композиций при d/n = 1,84; 2,07; 2,25; 2,42; 3,07 Å: происходит образование низкоосновных гидросиликатов кальция типа тоберморит. Интенсивность пиков известково-перлитового вяжущего, гидромеханоактивированного на виброистирателе, при d/n = 2,87; 3,26; 3,92 Å, относимых к двухосновному гидросиликату С₂SH(A), ниже, чем при активации данного вяжущего в сухих условиях.

На основе активированных известково-алюмосиликатных вяжущих с использованием некондиционной извести были получены и исследованы легкие и тяжелые силикатные бетоны автоклавного и безавтоклавного твердения. Твердые бетоны производили по раз-

Свойства	Обычный силикатный бетон	Бетон на активированном комплексном вяжущем	Бетон на активированном комплексном вяжущем
Известь	Стандартная	Стандартная	Пережог
Предел прочности при сжатии в возрасте 10 сут после ТВО, МПа	17,5	25,2	20
Предел прочности при изгибе в возрасте 10 сут после ТВО, МПа	3,5–3,6	4,9–5,1	4,5–4,9
Средняя плотность, кг/м ³	1900–1950	2050–2100	2050–2100
Водопоглощение, мас. %	14–15	12	14
Водостойкость, К _{разм}	0,7–0,75	0,77–0,82	0,77–0,82
Морозостойкость, циклы	25	50	50
Теплопроводность, Вт/(м·°С)	0,92	0,92	0,92

личным режимам тепловлажностной обработки: пропаривание по режиму 2+τ+2 ч при t = 95°C, где τ – время изотермической выдержки, равное 6, 8, 10, 12 ч, и автоклавирование по режиму 2+8+2 ч при давлениях 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 МПа.

Основные физико-технические свойства тяжелого силикатного бетона на основе активированного и неактивированного вяжущего при ТВО по режиму t = 95°C; 2+8+2 ч приведены в табл. 3.

Для подтверждения выдвинутой гипотезы о возможности применения через некоторый промежуток времени извести со значительным содержанием пережога были проведены исследования долговечности силикатных бетонов на основе активированных известково-алюмосиликатных вяжущих с использованием ускоренного метода.

Исследуемые образцы подвергали тепловлажностной обработке: пропариванию при t = 95°C, 2+8+2 ч, и автоклавированию при P = 0,4 МПа, 2+8+2 ч в течение 5 циклов, то есть 60 ч.

При продолжительном воздействии ТВО наблюдается незначительное снижение прочности образцов как на основе активированного вяжущего с использованием некондиционной извести, так и на основе активированного вяжущего с использованием стандартной извести. Это можно объяснить переходом гелевидной фазы слабозакристаллизованной массы переменного состава в крупнокристаллические новообразования в виде низкоосновных гидросиликатов кальция типа CSH(I). Двухводный гипс, входящий в состав вяжущего в количестве 4 мас. %, при продолжительном гидротермальном воздействии переходит в ангидрит.

Очевидно, возникающий ангидрит нарушает контакты и препятствует образованию сплошного слоя гидросиликата. Различия в снижении прочности бетонов на основе вяжущих, активированных с водой и без нее, доказывают, что проведение гидромеханической активации способствует глубокому гашению пережога и значительному устранению его негативного влияния.

Таким образом, разработка технологии производства эффективных силикатных бетонов и изделий с использованием гидромеханоактивации вяжущих на основе некондиционной извести и алюмосиликатных материалов позволяет расширить сырьевую базу местных строительных материалов, снизить энергоемкость производства и уменьшить их себестоимость. Применение данной технологии не требует больших капитальных затрат и свободно вписывается в традиционную технологическую схему производства бетонов непосредственно на месте его получения.

Список литературы

1. *Бойтон Р. С.* Химия и технология извести. М.: Высшая школа, 1972. 239 с.
2. *Сулименко Л. М., Шалуенко Н. И., Урханова Л. А.* Механохимическая активация вяжущих композиций // Известия вузов, серия Строительство, 11, 1995. С. 95–98.
3. *Урханова Л. А., Пермяков Д. М., Чимитов А. Ж. и др.* Применение механохимической активации в процессах твердофазного синтеза тонкодисперсных порошкообразных материалов // Строит. материалы. 2003. № 11. С. 14.
4. *Бутт Ю. М.* Справочник по химии цемента. Л.: Стройиздат. 1980. 220 с.

К.С. ИВАНОВ, инженер, Н.К. ИВАНОВ, канд. техн. наук,
Тюменская государственная архитектурно-строительная академия

Неавтоклавные ячеистые бетоны на основе шлакощелочных вяжущих и диатомита

Потребность российского рынка в ячеистом бетоне постоянно растет. Крупнейший в Сибири завод по производству автоклавного газосиликата, расположенный в Новосибирске, поставляет продукцию во все регионы страны – от Приморья, Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономных округов до Московской области.

До настоящего времени значительная часть ячеистых бетонов производится на порландцементном и известковом вяжущем, а в качестве кремнеземистого компонента используются пески с высоким содержа-

нием кварца, измельченные до удельной поверхности 3000–4000 см²/кг. Для создания достаточно прочной структуры бетона требуется жесткий автоклавный режим твердения. Все попытки получения безавтоклавных ячеистых бетонов на основе этих составляющих приводят к снижению их прочности почти в два раза.

Задача получения неавтоклавного бетона ячеистой структуры с одновременным повышением его физико-механических характеристик может быть решена за счет использования высокопрочных быстротвердеющих вя-

Таблица 1

Материал	ппп	SiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	CO ₂
Камышловский диатомит*	7,86	75,12	0,46	0,35	3,23	0,27	8,86	0,43	0,02	0,11	1,2	0,74	1,2	0,1
Шлак Челябинского металлургического комбината**	–	38,35	38,89	7,69	0,55	–	10,57	0,83	0,29	–	0,73	0,56	2	–
Шлак Нижнетагильского металлургического комбината**	–	32,52	39,15	6,07	1,02	–	14,24	4,78	0,24	–	0,64	0,36	–	–

*Из 75,12% SiO₂ в составе камышловского диатомита 39,71% приходится на аморфный кремнезем. **Доменные гранулированные шлаки Челябинского и Нижнетагильского металлургических комбинатов содержат соответственно 88 и 92% стеклообразной фазы. Отпускная влажность челябинского шлака составляет 7,45%.

Таблица 2

Р/Ш*	Расход алюминиевой пудры, кг/м ³	Режимы тепловлажностной обработки при 95°C, ч	Плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа, в возрасте 7 сут после ТВО	Водопоглощение в течение 1 сут, мас. %	Количество несвязанной щелочи (от введенной с раствором метасиликата), %
Челябинский шлак						
0,42	0,625	1,5+5+1,5 1,5+13+1,5 1+2+2**	690	5 5,8 4,5	43 43 –	– 16,6 –
0,42	0,646	1,5+5+1,5 1,5+13+1,5 1+2+2**	660	4,1 5,4 –	– – –	– 15 –
0,42	0,67	1,5+5+1,5 1,5+13+1,5 1+2+2**	600	3,2 3,6 2,3	– – –	– – –
0,42	0,7	1,5+5+1,5 1,5+13+1,5 1+2+2**	550	1,6 2,5 –	52 54 –	– – –
Нижнетагильский шлак						
0,41	0,625	1,5+5+1,5 1,5+13+1,5 1+2+2**	690	– 7,1 –	– 39 –	– 12 –
0,41	0,646	1,5+5+1,5 1,5+13+1,5 1+2+2**	660	5,6 6,3 3,4	44 46 61	11 12 15
0,41	0,67	1,5+5+1,5 1,5+13+1,5 1+2+2**	600	4,2 4,5 3,2	55 46 63	11 11 14
0,41	0,7	1,5+5+1,5 1,5+13+1,5 1+2+2**	550	2,3 3,6 2,3	54 56 70	12 11 15

*Р/Ш – отношение содержания раствора метасиликата к шлаку, по массе (растворошлаковое отношение); **приведен режим автоклавной обработки при избыточном давлении 1,2 атм и температуре 110°C.

Таблица 3

Расход алюминиевой пудры, кг/м ³	Режимы тепловлажностной обработки при 95°С, ч	Плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа в возрасте 7 сут	Конечная влажность, %, после ТВО	Водопоглощение, мас. %	Количество несвязанной щелочи, % (от введенной с раствором метасиликата)
0,42	1,5+0+1,5	970	9,2	–	15	6,6
	1,5+5+1,5		18,2	10,6	16	6,9
	1,5+13+1,5		23,6	11,2	14	6,3
	1,5+21+1,5		23,5	13,2	14	5,2
0,56	1,5+0+1,5	830	5,9	–	18	8,3
	1,5+5+1,5		9,2	10,6	17	7,6
	1,5+13+1,5		12,7	9,8	16	6,8
	1,5+21+1,5		13,2	8,9	16	6,7
0,62	1,5+0+1,5	720	3,8	–	22	9,8
	1,5+5+1,5		6,5	8,8	24	9,2
	1,5+13+1,5		7,5	10,1	24	6,8
	1,5+21+1,5		7,5	8,8	22	5,7
0,68	1,5+0+1,5	620	2,5	–	30	10,5
	1,5+5+1,5		4,3	12,2	38	10
	1,5+13+1,5		5,2	11,4	33	8,0
	1,5+21+1,5		5,3	12,9	42	8,1
0,73	1,5+0+1,5	500	1,8	–	57	10,9
	1,5+5+1,5		3,8	11,8	52	10,1
	1,5+13+1,5		4,2	11,4	48	6,8
	1,5+21+1,5		4,5	10,8	51	6,3

Примечание. Использовался челябинский шлак с удельной поверхностью 3000 см²/г.

жущих, к которым относятся шлакощелочные вяжущие [1]. Для их получения используются отходы промышленности (шлаки цветной и черной металлургии), себестоимость которых на 30–45% ниже себестоимости портландцемента [2].

Однако использование этих перспективных вяжущих в производстве ячеистых бетонов крайне ограничено. В НИИЖБ выполнен ряд научных исследований по разработке автоклавных шлакощелочных ячеистых бетонов на основе отходов цветной металлургии [3]. В работе [4] приводятся данные о неавтоклавном шлакощелочном пенобетоне плотностью 400–1200 кг/м³ и прочностью при сжатии 4–32 МПа. При этом в литературе не было найдено сведений о получении неавтоклавных шлакощелочных газобетонов. В лаборатории кафедры строительных материалов Тюменской государственной архитектурно-строительной академии проведены исследования по использованию шлакощелочного вяжущего для изготовления ячеистого бетона, а также по изучению влияния добавок опаловой породы (диатомита) на свойства получаемого материала. Введение добавок опаловых пород обусловлено тем, что в составе шлакощелочных вяжущих они выполняют функцию дополнительного вяжущего, способного связывать избыток щелочи в труднорастворимые щелочные гидралоумосиликаты. Введение добавки трепела в количестве 5% позволило увеличить активность вяжущего почти в два раза [5]. Кроме того, опаловые породы являются дешевым местным сырьем, запасы которого практически не ограничены.

Химический состав исследованных материалов приведен в табл. 1.

Шлаки измельчались до удельной поверхности 3000 см²/г. Диатомит использовался в виде прокаленного при 400°С порошка с удельной поверхностью около 14000 см²/г.

Отдозированные сухие компоненты затворяли раствором метасиликата натрия плотностью 1224 кг/м³ до получения смеси с распылом 22–26 см по Суттарду. В эту смесь вводили суспензию алюминиевой пудры марки ПАК-3 с последующим перемешиванием в течение 30–50 с. Время всучивания для всех составов составляло 12–14 мин. После выдержки в естественных услови-

ях в течение 1,5–2 ч бетон-сырец извлекался из форм и подвергался пропариванию при 95°С.

Сразу после пропаривания у образцов определялась остаточная влажность по массе. Далее образцы высушивались до постоянной массы, после чего определяли их плотность и прочность при сжатии.

На первом этапе были получены образцы газобетона плотностью 550–690 кг/м³ на челябинском и нижнетагильском шлаках (табл. 2) без добавки диатомита. При других равных условиях образцы на нижнетагильском шлаке обладают более высокой прочностью, превышающей прочность образцов на челябинском шлаке в среднем на 23%. У образцов плотностью 550 кг/м³ эта разница достигает 30%. Удовлетворительной прочностью обладают лишь образцы плотностью 690 кг/м³.

По-видимому, такая разница в прочности объясняется различным химическим составом шлаков. Нижнетагильский шлак содержит больше Al₂O₃ и стеклообразной фазы, а также имеет более высокий модуль активности M_a = 0,44 против M_a = 0,28 челябинского шлака. Кроме того, образцы на нижнетагильском шлаке содержат меньше несвязанной щелочи. Так, у бетона на нижнетагильском шлаке, пропаренного по режиму 1,5+13+1,3 ч, при плотности 690 кг/м³ содержание несвязанной щелочи на 28% ниже, чем у аналогичных образцов на челябинском шлаке. Результаты эксперимента позволяют предположить, что более полное связывание щелочи алюмосиликатным стеклом нижнетагильского шлака позволяет получить в составе новообразований бетона больше щелочных гидралоумосиликатов, упрочняющих структуру материала.

На втором этапе работы изучалось влияние добавки дегидратированного диатомита, содержания алюминиевой пудры и длительной тепловлажностной обработки на свойства газобетона (табл. 3). Исследования проводили на массе состава, мас. %: шлак – 56,4; прокаленный диатомит – 8,9; раствор метасиликата – 34,7. Продолжительность изотермической выдержки при температуре 95°С от 0 до 21 ч. Увеличение времени изотермической выдержки при 95°С с 0 до 21 ч позволяет повысить прочность бетона почти в 2,5 раза, при этом содержание несвязанной щелочи у образцов плотностью 500 кг/м³ сокращается в 1,7 раза.

Приведенные результаты свидетельствуют о высоких прочностных характеристиках полученного материала, превосходящих в некоторых случаях показатели автоклавного ячеистого бетона. Для сравнения приведены показатели прочности автоклавного газосиликата, выпускаемого новосибирским заводом «СИБИТ» по технологии немецкой фирмы «НЕВЕЛ». Так, при плотности 700 кг/м^3 его прочность составляет 5 МПа, при 600 кг/м^3 – 3,5 МПа и при 500 кг/м^3 – также 3,5 МПа.

Применение же шлакощелочного вяжущего на нижнетагильском шлаке позволяет получать газобетон плотностью 690 кг/м^3 и прочностью 7,1 МПа, пропаренный по режиму 1,5+13+1,5 ч при 95°C . Также на этом шлаке получен газобетон плотностью 600 кг/м^3 и прочностью 4,2 МПа при продолжительности пропаривания 8 ч (табл. 2).

На челябинском шлаке с добавкой прокаленного молотого диатомита в количестве 8,9 мас. % получены образцы плотностью 500 кг/м^3 и прочностью при сжатии 3,8 МПа при продолжительности цикла пропаривания 8 ч, и 4,2 МПа – при 16-часовом цикле пропаривания.

Из результатов работы следует, что на основе шлакощелочного вяжущего с использованием слабокислых шлаков Урала и дегидратированного диатомита можно получать газобетон, не требующий автоклавной обработки, равный по прочности автоклавным ячеистым бетонам ведущих фирм. Для его изготовления используются отходы промышленности и местное сырье –

опаловые породы, что снижает себестоимость бетона и решает экологические проблемы.

Все это позволяет считать рациональными и перспективными тенденции, направленные на развитие производства шлакощелочных ячеистых бетонов на основе техногенных отходов и местного сырья.

Список литературы

1. Глуховский В.Д. Шлакощелочные цементы, бетоны и конструкции // Шлакощелочные цементы, бетоны и конструкции: Тез. докл. II Всесоюзной науч.-практ. конф. Киев: КИСИ. 1984. С. 5.
2. Кошкарёв В.Н., Яковина А.П., Томенев А.Н. Эффективность шлакощелочных вяжущих и бетонов // Шлакощелочные цементы, бетоны и констр.: Тез. докл. II Всесоюзной науч.-практ. конф. Киев: КИСИ. 1984. С. 321.
3. Багров Б.О. Производство теплоизоляционного материала из отходов цветной металлургии. М.: Металлургия. 1985. 98 с.
4. Румына Г.В., Гоц В.И., Омельчук В.П., Числицкая Е.В. Особенности формирования структуры безавтоклавных ячеистых бетонов на шлакощелочном вяжущем // Цемент. 1991. № 11–12. С. 49–53.
7. Пьячев В.А., Пьячева Г.Е. Шлакощелочные цементы с добавкой трепела / Шлакощелочные цементы, бетоны и конструкции: Тез. докл. Всесоюз. науч. конф. Киев: 1979.

Содержание журнала

«Строительные материалы:
бизнес»

№3-2004 г.



Подписной индекс

87723

по объединенному каталогу
«Пресса России»

С.М. МЕДВЕДЕВ, эксперт (Москва)

Цементная промышленность России: успехи и проблемы

Итоги работы Комплекса архитектуры, строительства, развития и реконструкции Москвы за первое полугодие 2004 года

А.М. СТЕПАНОВ, канд. техн. наук, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Создание систем менеджмента качества в строительном комплексе

Ю.В. АНТИПИН, генеральный директор ООО «Орешкинский комбинат нерудных строительных материалов» (Московская обл.),
В.П. ЖУКОВ, исполнительный директор ОАО «МКК-Неруд» (Москва)

Внедрение системы менеджмента качества на Орешкинском комбинате нерудных строительных материалов

Л.М. СУЛИМЕНКО, д-р техн. наук, О.П. БАРИНОВА, канд. техн. наук,
А.А. НИКИТУШКИН, ст. научн. сотрудник, О.В. ПАВЛЮЧЕНКОВА, инженер (РХТУ им. Д.И. Менделеева)

Возможности использования петрографического анализа в системах менеджмента качества на предприятиях строительных материалов

Б.А. ЕВСЕЕВ, Г.А. ПИКУС, кандидаты технических наук, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск)

Взаимосвязь энергоёмкости производства фибры с эффективностью работы в сталефибробетоне

В.Б. БАЛАБАНОВ, инженер, Н.П. КОНОВАЛОВ, д-р техн. наук,
Н.Н. САМБАРОВ, канд. техн. наук, Иркутский государственный технический университет

Изменение свойств полимербитумных вяжущих при длительном хранении

Асфальтобетонные покрытия автомобильных дорог первой дорожно-климатической зоны через три-четыре года эксплуатации значительно разрушаются из-за снижения физико-механических свойств вяжущего.

Для асфальтобетона как термопластичного материала различают два вида потери прочности: в упругой стадии, приводящей к разрушению покрытия, и в пластичной стадии, приводящей к возникновению внутренних деформаций. Особенностью разрушения асфальтобетона является резко выраженная зависимость прочности от времени действия нагрузки, ее величины и от температуры. Это проявляется при увеличении интенсивности потока грузовых автомобилей, превышении нагрузки на ось транспортного средства. Узкий температурный интервал работоспособности асфальтобетона не отвечает требованиям климатических условий. Постепенное снижение работоспособности асфальтобетона обусловлено усталостными процессами. Статическая усталость характеризуется числом циклов, которые выдерживает асфальтобетон до разрушения [1].

Основными дефектами после непродолжительной эксплуатации покрытия являются поперечные и продольные трещины, а также пластические деформации: сдвиги, наплывы, гребенка и колейность. Несмотря на соответствующие ГОСТ 9128–97 образующие покрытие асфальтобетонные смеси, пластические деформации можно наблюдать на подъемах и спусках, имеющих продольные уклоны более 60–70‰, на участках разгона и торможения в пределах остановочных площадок.

Одним из приоритетных и приемлемых направлений повышения долговечности, сдвигустойчивости и деформативности покрытий является применение полимербитумных вяжущих (ПБВ) на основе блоксополимеров типа СБС. ПБВ – сложная трехкомпонентная смесь, которая состоит из битума, пластификатора и модификатора.

Битумы для приготовления ПБВ должны отвечать требованиям ГОСТ 22245–90. Рекомендуется использовать битумы марок БНД, которые в отличие от марок БН имеют более низкую температуру хрупкости.

Применение пластификаторов и продуктов, снижающих вязкость композиции, позволяет ускорить процесс приготовления ПБВ, существенно снизить стоимость, уменьшить энергозатраты на его изготовление, обеспечить требуемую температуру хрупкости (вплоть до –60°C) при минимальном количестве модификатора (полимера). Использование пластифицированного ПБВ дает возможность увеличивать производительность асфальтобетонных заводов при приготовлении полимерасфальтобетонной смеси, снизить содержание вяжущего в ней, повысить ее удобоукладываемость и уплотняемость [2].

Для ПБВ применяют углеводородные растворители различных классов опасности: пожароопасные растворители – бензин и газовый конденсат; токсичные – ксилол и сольвент, снижающие вязкость композиции; тяжелые малотоксичные пластифицирующие – дизельное топливо, битумное сырье. Использование этих агентов небезопасно, поскольку они имеют низкую температуру вспышки (около 60°C) и повышенную токсичность. Нефтяной гудрон менее опасен, но его использование в качестве пластифицирующего компонента не удовлетворяет требуемому повышению физико-механических свойств

ПБВ, в частности он не снижает температуру хрупкости. Наиболее безопасным пластификатором (температура вспышки выше 200°C), способным регулировать температуру хрупкости ПБВ, являются индустриальные масла различных марок.

Широкое применение получили полимеры класса термоэластопластов (блоксополимеры бутадиена и стирола типа СБС). Химическая промышленность выпускает широкую гамму полимеров СБС, таких как Финапрен 411, Финапрен 502, Европрен Сол Т-161, Калпрен 411, Кратон Д 1101, Кратон Д 1184, Кратон Д 1186, ДСТ-30-01, ДСТ-30Р-01. В России для производства ПБВ в основном используется отечественный термоэластопласт ДСТ-30-01 (производитель ОАО «Воронежсинтезкаучук»), который считается более эффективным и недорогим полимером по сравнению с зарубежными аналогами. ДСТ-30-01 выпускается в виде крошки размером 1,5–3 мм.

Температура приготовления ПБВ на протяжении всего технологического цикла не должна превышать 140–160°C, так как при более высокой температуре битум интенсивно стареет. Кроме того, высокие температуры приводят к деградации полимера, начинающейся при 180–190°C.

Существует несколько способов приготовления ПБВ:

- введение полимера в битум в смеси с маслом;
 - введение пластифицированного маслом полимера непосредственно в битум;
 - перемешивание компонентов в коллоидной мельнице.
- Полученное таким образом ПБВ может быть использовано в разных климатических зонах, поскольку оно имеет высокую температуру размягчения, низкие температуры хрупкости и стеклования, а также высокую прочность и эластичность.

Актуальным и малоизученным остается вопрос по динамике изменения физико-механических свойств ПБВ после длительного хранения при высокой рабочей температуре. Для оценки этого влияния были приготовлены по первому способу составы ПБВ всех классифицированных по ОСТ 218.010–98 марок.

В качестве исходного сырья для приготовления ПБВ были использованы:

- битум марки БНД 90/130 производства НПЗ НК «ЮКОС» (показатели физико-механических свойств приведены в табл. 1);
- дивинилстирольный термоэластопласт ДСТ-30-01 в количестве 3,5% для всех составов;
- индустриальное масло И-40А.

Используемый в составе ПБВ полимер должен образовывать пространственную структурную сетку, способствующую получению вяжущего с требуемыми эксплуатационными показателями. Оптимальное содержание полимера 3,5% было выбрано на основании ранее проведенных исследований. В качестве пластифицирующей добавки для ПБВ использовали индустриальное масло И-40А.

В табл. 2 приведены физико-механические свойства составов на основе ПБВ с различным содержанием пластификатора.

Для изучения влияния высокой температуры на свойства ПБВ были выбраны образцы, характеристики которых приведены в табл. 1 и табл. 2.

Таблица 1

Наименование показателей	Результаты испытаний									Метод испытания
	ПБВ 300	ПБВ 300	ПБВ 200	ПБВ 200	ПБВ 130	ПБВ 130	ПБВ 90	ПБВ 90	исходный битум	
	№ 8	№ 7	№ 6	№ 5	№ 4	№ 3	№ 2	№ 1	БНД 90/130	
Глубина проникновения иглы 0,1 мм (ОСТ 218.010–98), не менее при 25°C при 0°C	414 (300) 287 (90)	342 (300) 240 (90)	287 (200) 212 (70)	216 (200) 144 (70)	166 (130) 108 (50)	154 (130) 85 (50)	106 (90) 68 (40)	93 (90) 47 (40)	99 (91–130) 38 (28)	ГОСТ 11501–78
Температура размягчения по кольцу и шару, °C (ОСТ 218.010–98), не ниже	60 (45)	69,2 (45)	60,6 (47)	63,2 (47)	60,6 (49)	66,1 (49)	67,2 (51)	65,8 (51)	47 (43)	ГОСТ 11506–73
Растяжимость, см (ОСТ 218.010–98), не менее при 25°C при 0°C	42 (30) 56 (25)	37 (30) 58 (25)	41 (30) 46 (25)	55 (30) 53 (25)	56 (30) 52 (20)	54 (30) 62 (20)	52 (30) 35 (15)	68 (30) 33 (15)	82 (65) 8,5 (4,0)	ГОСТ 11505–75
Температура хрупкости, °C (ОСТ 218.010–98), не выше	ниже –50 (–40)	–43,4 (–40)	–36,1 (–35)	–43,8 (–35)	–37,1 (–30)	–29,9 (–30)	–27 (–25)	–24,8 (–25)	–19,2 (–17)	ГОСТ 11507–78
Эластичность, % (ОСТ 218.010–98), не менее при 25°C при 0°C	98 (85) 92 (75)	99 (85) 91 (75)	98 (85) 89 (75)	95 (85) 85 (75)	94 (85) 84 (75)	91 (85) 81 (75)	90 (85) 76 (75)	87 (85) 68 (75)	– –	П.7.2.2 ОСТ 218.010–98
Изменение температуры размягчения после прогрева, °C (ОСТ 218.010–98), не более	2 (7)	3 (7)	2 (7)	2 (7)	1 (6)	2 (6)	1 (6)	1 (6)	3 (5)	ГОСТ 18180–72, ГОСТ 11506–73 с доп. п. 3.3 ОСТ 218.010–98
Температура вспышки, °C (ОСТ 218.018–98), не ниже	237 (220)	234 (220)	243 (220)	248 (220)	245 (220)	249 (220)	247 (220)	249 (220)	259 (230)	ГОСТ 4333–87
Сцепление с мрамором или песком	Выдерживает по контрольному образцу № 2									ГОСТ 11508–74
Однородность	Однородно									п. 7.2.1 ОСТ 218.010–98

Таблица 2

Наименование показателей	Марка и номер состава ПБВ					
	ПБВ 300	ПБВ 200	ПБВ 130	ПБВ 90	ПБВ 60	ПБВ 40
	№ 7	№ 5	№ 4	№ 2	№ 1б	№ 1а
Глубина проникновения иглы, 0,1 мм (ОСТ 218.010–98), не менее при 25°C при 0°C	342 (300) 240 (90)	216 (200) 144 (70)	166 (130) 108 (50)	106 (90) 68 (40)	80 (60) 45 (32)	53 (40) 35 (25)
Температура размягчения по кольцу и шару, °C (ОСТ 218.010–98), не ниже	69,2 (45)	63,2 (47)	60,6 (49)	67,2 (51)	65,5 (54)	68,5 (56)
Растяжимость, см (ОСТ 218.010–98), не менее при 25°C при 0°C	37 (30) 58 (25)	55 (30) 53 (25)	56 (30) 52 (20)	52 (30) 35 (15)	63,5 (25) 36,3 (11)	48,2 (15) 23,5 (8)
Температура хрупкости, °C (ОСТ 218.010–98), не выше	–43,4 (–40)	–36,1 (–35)	–37,1 (–30)	–27 (–25)	–21,3 (–20)	–17,2 (–15)
Эластичность, % (ОСТ 218.010–98), не менее при 25°C при 0°C	99 (85) 91 (75)	95 (85) 85 (75)	94 (85) 84 (75)	90 (85) 76 (75)	92,9 (80) 70,5 (70)	88,7 (80) 76,5 (70)
Изменение температуры размягчения после прогрева, °C (ОСТ 218.010–98), не более	3 (7)	2 (7)	1 (6)	1 (6)	0 (5)	0 (5)
Температура вспышки, °C (ОСТ 218.018–98), не ниже	234 (220)	248 (220)	245 (220)	247 (220)	274 (230)	263 (230)
Сцепление с мрамором или песком	Выдерживает по контрольному образцу № 2				Выдерживает по контрольному образцу № 3	
Однородность	Однородно					
Температурный интервал работоспособности, °C	112,6	99,3	97,7	94,2	86,8	85,7
Отношение интервал работоспособности / растяжимость при 25°C	3,04	1,8	1,74	1,81	1,37	1,78

В процессе хранения битума рабочая температура должна быть не более 160°C, а максимально допустимое время согласно СНиП 3.06.03–85 составляет 5 ч. Для полимербитумных вяжущих в соответствии с п. 8.2. ОСТ 218.010–98 оно составляет не более одной рабочей смены, то есть 8 ч, после чего производится повторный контроль качества. На основании полученных результатов дается заключение о применении ПБВ для приготовления асфальтобетонных смесей.

По результатам лабораторных исследований выбрано критическое время хранения – 24 ч. Пробы ПБВ всех марок, указанных в табл. 2, были взяты в количестве 300 г, их прогревали в металлических емкостях в течение 24 ч при температуре 160±3°C. Результаты испытаний показали, что в наибольшей степени по сравнению с исходными значениями изменились следующие показатели:

- глубина проникновения иглы при 25°C снизилась на 1,9–10,8%;
- глубина проникновения иглы при 0°C снизилась на 5,7–29,4%;
- растяжимость при 25°C снизилась на 11,1–54,3%;
- растяжимость при 0°C снизилась на 44,1–67,3%;
- эластичность при 25°C снизилась на 1–10,6%;
- эластичность при 0°C снизилась на 3,4–27,6%;
- однородность нарушается, наблюдается расслоение;
- температурный интервал работоспособности увеличился на 3,5–5,3%.

Полученные в результате исследований данные позволяют сделать вывод, что наиболее устойчивыми к длительному воздействию высокой температуры являются образцы № 5 и № 7 с содержанием пластификатора более 20%. Физико-механические показатели этих марок ПБВ имеют меньшие отклонения от первоначальных значений, что, по всей вероятности, связано с

высоким содержанием пластификатора. Образцы № 4, № 2 с содержанием пластификатора менее 20%, а также на основе ПБВ 60 и ПБВ 40 непластифицированные, имеют существенное снижение всех показателей, предусмотренных техническими условиями. Кроме того, в ходе экспериментальных исследований было установлено, что часть вяжущих расслоилась, вследствие чего нарушилась однородность материала и снизились его физико-механические показатели.

На основании полученных результатов можно дать следующие рекомендации:

- хранить ПБВ при температуре не более 160°C;
- при хранении ПБВ более одной рабочей смены (8 ч) осуществлять периодическое перемешивание во избежание расслоения;
- при длительном хранении снижать рабочую температуру до значений, соответствующих пластичному состоянию ПБВ;
- после длительного хранения необходимо проводить контроль качества ПБВ;
- содержание пластификатора в ПБВ должно быть в пределах 20–30%.

Список литературы

1. Рыбьев И.А. Асфальтовые бетоны. М.: Высшая школа. 1969.
2. Гохман Л.М., Гурарий Е.М., Давыдова А.Р., Давыдова К.И. Полимерно-битумные вяжущие материалы на основе СБС для дорожного строительства. Автомобильные дороги: Обзорн. информ. // Информ-автор. Вып. 4. М., 2002. 112 с.
3. ОСТ 218.010–98 «Вяжущие полимерно-битумные дорожные на основе блок-сополимеров типа СБС. Технические условия».

	<h2>Ведущие региональные выставки</h2>	
	<p>28 сентября - 1 октября 2004</p> <h1>15-я Международная выставка</h1> <h1>СТРОИТЕЛЬСТВО</h1> <p>Осень</p>	
	<h2>Самара, выставочный комплекс им. П.Алабина</h2>	
	<p>Организаторы:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> RTE - Moscow Тел.: +7 (095) 101-4407 Факс: +7 (095) 105-7504 E-mail: build@rte-expo.ru http://www.rte-expo.ru </div> <div style="text-align: center;"> ВЦ "ЭКСПОДОМ" Тел.: +7 (8462) 704 100 Факс: +7 (8462) 704 172 E-mail: build@expodom.ru http://www.expodom.ru </div> </div> <p>Поддержка:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> ГОССТРОЙ РОССИИ </div> <div style="text-align: center;"> Департамент по капитальному строительству Администрации Самарской области </div> <div style="text-align: center;"> Департамент строительства и архитектуры Администрации г. Самары </div> </div>	<p>Генеральный информационный спонсор:</p> <p>Красивые дома <small>Проект и реализация, строительство, дизайн</small></p> <p>Информационные спонсоры:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ XXI ВЕК </div> <div style="text-align: center;"> Стройка ГРУППА ГАЗЕТ </div> </div> <p>СТРОЙМАРКЕТ <small>СТРОИТЕЛЬНЫЙ СПРАВОЧНИК</small></p>

Л.Ю. ОГРЕЛЬ, канд. хим. наук, А.В. ЯСТРЕБИНСКАЯ, инженер, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Структурообразование и свойства легированных эпоксидных композитов

Эпоксидные олигомеры относятся к классу терморезистивных полимеров. При полимеризации эпоксидных олигомеров, то есть при отверждении материала происходит пространственная, трехмерная «сшивка» молекул. Эти материалы не могут подвергаться вторичной термической переработке.

Введение в эпоксидные олигомеры отвердителей, например полиаминов, в различных количествах позволяет регулировать сроки твердения и управлять процессом полимеризации. Это дает возможность использовать их для различных ремонтных работ, проводимых в короткие сроки.

Для снижения хрупкости композитов, повышения прочности и модуля упругости в эпоксидные смолы помимо наполнителей вводят различные добавки и армирующие компоненты. Их содержание может составлять от 30 до 80%. Наиболее часто используют мел, асбест, цемент, песок, минеральную муку, стекловолокно или стеклоткань и др. Отвержденные полимеркомпозиты можно подвергать различным видам механической обработки: резке, сверлению, распиловке. Они выдерживают практически все низкие эксплуатационные температуры, а эксплуатацию при высоких температурах необходимо рассматривать в каждом конкретном случае.

В настоящее время получила признание и продолжает развитие полиструктурная теория В.И. Соломатова [1–4]. Сущность теории состоит в представлении композиционного материала как сложного полиструктурного соединения, в единой мак-

роструктуре которого выделены взаимозависимые отдельные подструктуры, «прорастающие» одна в другую («структура в структуре» или «композит в композите»). В этой теории впервые определены основные структурообразующие факторы для каждого структурного уровня и получены зависимости свойств композитов от этих факторов.

Принципиально новым является отказ от известных представлений об оптимальных структурах наполненных полимеркомпозитов как средах с равномерно распределенным дисперсным наполнителем, частицы которого покрыты тонкими ориентированными пленками, и обращение к выявлению микро-неоднородных, но закономерных образований. Полиструктурная теория позволяет объяснить нелинейный характер упрочнения материалов с учетом его значительной неоднородности.

Цель работы – изучение процессов структурирования сложных многокомпонентных систем на основе реактопластов с легирующими добавками. Были исследованы закономерности структурообразования в эпоксидных композитах в присутствии малых количеств химически инертных по отношению к основному компоненту добавок, повышающих подвижность системы в неотвержденном состоянии. По аналогии с металлами такие добавки были названы доктором техн. наук, профессором М.С. Акутиным легирующими. В работе были использованы жидкие органосилоксаны и органические силаны, которые вводили в количествах 0,5–1,5%.

Частицы измельченного минерального наполнителя или стеклянной микросферы в исследованных авторами модельных системах (эпоксидных олигомерах) стремятся к агрегированию вследствие уменьшения поверхностной энергии, то есть объединяются в кластеры различных размеров. В присутствии микроколичеств легирующих жидких кремнийсодержащих добавок процесс кластерообразования протекает с большей интенсивностью.

На рис. 1 представлена микрофотография эпоксидного композита с микросферическим стеклянным наполнителем. Отчетливо видны элементы самоорганизованной структуры – кластеры.

Кластерообразование обусловлено стремлением наполненных систем к термодинамическому равновесию, то есть к уменьшению общей поверхностной энергии. В эпоксидных смолах при твердении возникают зародыши твердой фазы – элементарные структурные ячейки. Силы, действующие на эти ячейки, стремятся придать им сферическую (глобулярную) форму. Объединение ячеек в кластеры создает структуры более высоких уровней, которые, в свою очередь, входят в состав более крупных структурных образований. Введение жидких химических инертных добавок, например полиметилсилоксана (ПМС-5000) в количестве 1 и 5 мас. %, повышает подвижность системы на всех структурных уровнях: увеличивается фрагментарная подвижность звеньев олигомерной цепи, что облегчает перемещение элементарных структурных единиц друг к другу, при



Рис. 1. Линейный кластер из стеклосфер в эпоксидной матрице (×200)

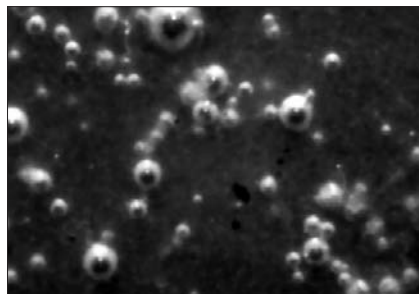


Рис. 2. Линейно-циклический кластер из стеклосфер в эпоксидной матрице, модифицированной ПМС-5000, 1 мас. % (×200)

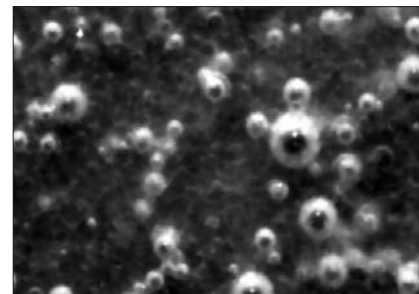


Рис. 3. Линейно-циклический кластер из стеклосфер в эпоксидной матрице, модифицированной ПМС-5000, 5 мас. % (×200)

Таблица 1

Состав полимербетона	Содержание компонента, мас. доля
Эпоксидиановая смола	30–40
Полиэтиленполиамин	3–4
Октаметилтетрациклосилоксан	0,4–0,6
Тетраэтоксисилан	2–4
Кварцевый песок	22–38
Отходы обогащения железистых кварцитов	22–29,4
Аэросил	2–2,6

Таблица 2

Состав	Предел прочности при изгибе, МПа	Удельная ударная вязкость, кДж/м ²	Предел прочности при сжатии, МПа	Плотность, г/см ³
Полимербетон «Эпоклар»	45	1,7	120	1,66
Эпоксидное связующее для конструкционного стеклопластика: без легирующих кремнийорганических добавок с октаметилтетрацикло- силоксаном (1 мас.%) с полиметилсилоксаном (1 мас.%)	63	2,8	169,7	1,13
	110,2	10,56	163,6	1,16
	66,1	3,14	169,9	1,14

этом уменьшается поверхностное натяжение на границах раздела фаз, снижается вязкость системы в целом. Введение дополнительного компонента в систему повышает ее энтропию и придает ей дополнительную степень свободы. Роль кластерообразования возрастает при агрегировании наполнителей, когда происходит взаимопроникновение и сращивание кластеров связующего и наполнителя с одновременным неравномерным упорядочением структуры (рис. 2, 3).

Принято считать, что прочность полимеркомпозитов определяется в основном прочностью полимерной матрицы [5]. Эпоксидные смолы представляют собой сетчатые пространственно-сшитые двухфазные системы, состоящие из глобул и межкристаллитной аморфной фазы. Таким образом, сама полимерная матрица представляет собой двухфазный молекулярный композит. Сетчатые полимеры при изгибе и растяжении разрушаются со сравнительно малыми пластическими деформациями. При сжатии и сдвиге пластические деформации растут. Сдвиг происходит при довольно малых напряжениях и обусловлен разрывом относительно слабых ван-дер-ваальсовых и водородных связей между отдельными структурными образованиями в системе. Наполнение, как правило, приводит к снижению предела прочности при изгибе и растяжении и одновременно к повышению модуля упругости и увеличению предела текучести, прочности при сжатии и при сдвиге.

На прочность полимеркомпозитов значительное влияние оказывает дисперсность наполнителя. В некоторых случаях дисперсность имеет даже большее значение, чем химическая природа наполнителя или модификация его поверхности [5]. Когда прочность композиционного материала снижается под влиянием наполнителя, это снижение удается уменьшить или даже полностью компенсировать, повышая дисперсность. Также установлено [4, 5], что наполнитель снижает прочность, когда размеры его частиц соизмеримы с размерами кристаллитов матрицы. Таким образом, слишком высокая дисперсность наполнителя нежелательна. Кроме того, она способствует агрегации частиц наполнителя еще до взаимодействия с матрицей, то есть его «сухому» капсулированию, что также приводит к снижению механической прочности. Таким образом, существует оптимальная дисперсности при одном и том же содержании наполнителя, при этом экстремум прочности бу-

дет находиться в области малых размеров частиц.

Введение небольших количеств легирующих добавок, по-видимому, влияет на переход структуры из квазигазовой в квазижидкостную форму. Он осуществляется на более ранних этапах формирования саморегулирующейся полиморфной структуры, протекает интенсивнее и с меньшей дефектностью.

Учитывая все вышеизложенное, авторами был спроектирован полимербетон «Эпоклар», состав которого представлен в табл. 1.

Данный полимербетон предназначен для изготовления строительных изделий малых архитектурных форм, литевых матриц (мастер-моделей) и других изделий. Были также получены легированные эпоксидные связующие для конструкционных стеклопластиков. Основные свойства указанных материалов представлены в табл. 2.

Полученная полимербетонная смесь обладает повышенными физико-механическими характеристиками по сравнению с аналогичными составами. Так, прочность при изгибе увеличилась на 35%, прочность при сжатии — на 30%, а удельная ударная вязкость в среднем более чем в два раза. Анализируя физико-механические характеристики разработанных мало- и высоконапол-

ненных эпоксидных связующих, можно говорить о значительном увеличении предела прочности при изгибе и удельной ударной вязкости при добавлении химически инертных легирующих добавок (ПМС-5000 и ОМЦТС в количествах до 1 мас. %) по сравнению со связующими без соответствующих добавок.

Список литературы

1. Соломатов В.И. Технология полимербетонов и армополимербетонных изделий. М.: Стройиздат. 1984. 141 с.
2. Соломатов В.И., Бобрышев А.Н., Прошин А.П. Кластеры в структуре и технологии композиционных строительных материалов // Изв. вузов. Стр-во и архитектура. 1983. № 4. С. 56–61.
3. Соломатов В.И. Развитие полиструктурной теории композиционных строительных материалов // Изв. вузов. Стр-во и архитектура. 1985. № 8. С. 58–64.
4. Соломатов В.И., Бобрышев А.Н., Химмлер К.Г. Полимерные композиционные материалы в строительстве / Под ред. В.И. Соломатова. М.: Стройиздат. 1988. 312 с.
5. Михайлов К.В., Патуроев В.В., Крайс Р. Полимербетоны и конструкции на их основе / Под ред. В.В. Патуроева. М.: Стройиздат. 1989. 304 с.

Л.А. ЕРОХИНА, канд. техн. наук, Е.М. ВЕРЯСКИНА, ст. преподаватель, О.А. ТУРУБАНОВ, студент, Ухтинский государственный технический университет (Республика Коми)

Сравнительный анализ увлажнения ограждающих конструкций при эксплуатации зданий на Севере

С повышением требований к теплоспротивлению стен появилось много вариантов ограждающих конструкций с утеплителем, имеющих по сравнению с однослойными структурами такой существенный недостаток, как появление конденсата внутри стены, и требующих больших затрат на изготовление. Там, где климатические условия позволяют, по-прежнему производят однослойные ограждения, несколько понизив плотность, например, ячеистого бетона с 1000 до 700 кг/м³, а конструктивно-теплоизоляционного автоклавного бетона — до 400 кг/м³. У таких бетонов, по данным Минского НИИСМ, величина эксплуатационной влажности соответствует 5–7 мас. %. Термическое сопротивление стены толщиной 400 мм из ячеистого бетона плотностью 500 кг/м³ составляет 2,5 м²·К/Вт, плотностью 400 кг/м³ — 3,1 м²·К/Вт, что соответствует нормативным требованиям для климатической зоны Минска.

Для климатической зоны Республики Коми термическое сопротивление теплопередаче стены должно быть в пределах 2,95–3,5 м²·К/Вт. Чтобы достичь этого показателя, требуются ограждающие конструкции слоистой структуры. Однако их внутренние слои в холодное время года накапливают влагу и потому интенсивнее пропускают холод. Длительная холодная зима и сырое прохладное лето не способствуют активному движению воздуха и высушиванию пористой структуры ограждающих конструкций.

Для изучения поведения различных структур в реальных условиях северного климата студенты кафедры ПГС Ухтинского государственного технического университета летом 2001 г. изготовили 4 опытных стеновых блока разной структуры размером 500×520 мм при толщине 370 мм, равной толщине кирпичной стены строящегося подсоб-

ного помещения. Блоки были вмонтированы в кирпичную кладку стены из керамического пустотелого кирпича плотностью 1600 кг/м³ на обычном цементно-песчаном растворе. Блоки располагались на высоте 1 м от уровня земли по два блока один над другим. Внутри помещения по кирпичной стене был уложен слой минераловатной теплоизоляции толщиной 1 см, а на него — гипсокартон, оклеенный обоями.

При изготовлении блоков в каждом из них со стороны помещения было оставлено отверстие диаметром 70–80 мм и глубиной 240–250 мм. Для сравнения в стене на такой же глубине и расстоянии 500 мм от блоков оставлено отверстие диаметром в полкирпича. Эти отверстия по глубине были разделены на три части и закрыты последовательно тремя пробками из пенополистирола толщиной 80 мм каждая. Получилось по три отсека в каждом отверстии, где систематически измеряли температуру и влажность среды.

Опытные блоки были выполнены из керамзитогазобетона плотностью 770 кг/м³. Первый блок — с тремя слоями утеплителя из перфорированного пенополистирола толщиной 15 мм, расположенными через 80 мм друг от друга в слое керамзитогазобетона. Третий блок выполнен так же, но с двумя слоями утеплителя той же толщины, расположенными через 20 мм от наружной поверхности. Второй блок — однослойный, из газобетона с наполнителем (гранулы пенополистирола) плотностью 500 кг/м³ имел снаружи слой (50 мм) с добавкой базальтового волокна. Четвертый блок состоял из слоя керамзитогазобетона толщиной 100 мм, слоя утеплителя из пенополистирола толщиной 150 мм, воздушной прослойки в 10 мм и наружной облицовки в один кирпич.

Таблица 1

Дата замера	I блок			II блок			III блок			IV блок			V блок (стена)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
20.11.2002 $t_{\text{н}} = -15^{\circ}\text{C}$ $t_{\text{в}} = 14,5^{\circ}\text{C}$ $W_{\text{в}} = 29\%$	$t_{\text{н}} = 8^{\circ}\text{C}$			$t_{\text{н}} = 8,4^{\circ}\text{C}$			$t_{\text{н}} = 12^{\circ}\text{C}$			$t_{\text{н}} = 10,8^{\circ}\text{C}$			$t_{\text{н}} = 3,9^{\circ}\text{C}$		
	1,4 [°] C	-2,6 [°] C	-5 [°] C	-0,1 [°] C	-4,6 [°] C	-6,5 [°] C	3 [°] C	-1,6 [°] C	-4,6 [°] C	3,8 [°] C	-4,3 [°] C	-8,8 [°] C	-3,8 [°] C	-7,1 [°] C	-9,5 [°] C
	W = 70%			W = 73,5%			W = 78%			W = 40%			W = 63,5% На поверхности гипсокартона $t = 17,5^{\circ}\text{C}$		
	Появился иней														
03.01.2003 $t_{\text{н}} = -35^{\circ}\text{C}$ $t_{\text{в}} = 22,9^{\circ}\text{C}$ $W_{\text{в}} = 6,5\%$ Работал электронагреватель	$t_{\text{н}} = 12,8^{\circ}\text{C}$			$t_{\text{н}} = 11,5^{\circ}\text{C}$			$t_{\text{н}} = 18,5^{\circ}\text{C}$			$t_{\text{н}} = 16^{\circ}\text{C}$			$t_{\text{н}} = 9,5^{\circ}\text{C}$		
	0,7 [°] C	-6,7 [°] C	-	-4,5 [°] C	-10,1 [°] C	-	1,1 [°] C	-5,3 [°] C	-	4 [°] C	-8 [°] C	-	-8,9 [°] C	-13,5 [°] C	-
19.02.2003 $t_{\text{н}} = -9^{\circ}\text{C}$ $t_{\text{в}} = 17^{\circ}\text{C}$ $W_{\text{в}} = 22\%$	8,1 [°] C	5 [°] C	1,2 [°] C	6,5 [°] C	2,2 [°] C	1 [°] C	9,4 [°] C	5,5 [°] C	1,3 [°] C	11,6 [°] C	5,2 [°] C	0,1 [°] C	5,5 [°] C	0 [°] C	-1,3 [°] C
	W = 88%			W = 80%			W = 87%			W = 40%			W = 77%		

Примечание. $t_{\text{н}}$ — температура наружного воздуха; $t_{\text{в}}$ — температура на глубине 8 см в соответствующем блоке.

Блок	Отсек	2002 г.			2003 г.									
		октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь
I	1	7	10	11,9	15,3	15	11,9	8,9	8,5	6,5	5,7	7,46	7,46	937
	2	10,5	14	21,2	18,7	15,8	17	10,9	11,9	8	8	11,1	11,1	11,25
	3	13,9	15	18,3	22	22,4	23	15,8	13,9	8	7,8	10,1	10,1	13,15
II	1	5	7	13,3	16,4	10	11,8	7,8	7,7	7,5	7,7	8	8	9,46
	2	11,5	15	18,8	20,6	20,7	17,7	13,1	11,5	8,5	8	8,8	8	11,36
	3	16	17,5	20	22	21,3	22,9	15,7	13	12,6	5,6	10,1	10,1	16
III	1	4	9,3	10,5	11,8	10,6	5,2	6,3	5,1	5,6	5,1	7,5	7,5	11,1
	2	5,7	15	20,6	20,6	22,4	19,6	14	11,6	11	9	10	10	14,7
	3	13	16	20,5	19,6	20,5	17,5	15	13,9	9,5	9	9,6	9,6	13,6
IV	1	2,2	5,4	7,1	9,6	8,8	7,8	6,3	3,9	4,6	4,1	3,9	3,9	7,2
	2	7,3	8,9	10,3	10,4	11,8	9,6	6,9	6,8	6,8	6,2	6,2	6,2	7,7
	3	13	16	20,5	19,6	18,7	20,5	8,6	7,7	7	2,6	1,6	7,6	8,03
V	1	7,5	7,5	13	13,8	12,5	11,1	11,1	10,8	9,7	5,2	4,3	4,3	10,2
	2	10,6	11	13,8	13	13,4	14,8	10	11,5	10	5,18	6,9	6,9	9,6
	3	13	18	20,8	17,4	15,5	16,2	17,2	13,4	10,1	4	6,8	6,8	11,4

Наблюдения начали после введения помещения в эксплуатацию в феврале 2002 г.

Температуру измеряли термодатчиком, калиброванным по термометру. Влажность в помещении и в отверстиях блоков измеряли датчиком влажности НА-701.

Как только подключили электрообогреватель, влажность в помещении снизилась с 64 до 42%, температура повысилась до 17°C при -10°C снаружи. Влажность в отверстиях стены составила: в первом блоке - 92%, втором - 95,5%, третьем - 91%, четвертом - 76%, в кирпичной стене - 85%. Температура на поверхности кирпичной стены, не изолированной утеплителем и гипсокартоном, была 7,6°C, на поверхности бетонных блоков - 12°C. Температуру внутри стены измеряли последовательно: открывали пробку первого отсека, быстро помещали датчик и закрывали пробку. После того как температура достигала постоянной величины, ее фиксировали. Аналогичные замеры проводили во втором и третьем отсеках. Был получен срез по глубине стены с понижением температуры в направлении к наружной поверхности. Результаты измерений приведены в табл. 1.

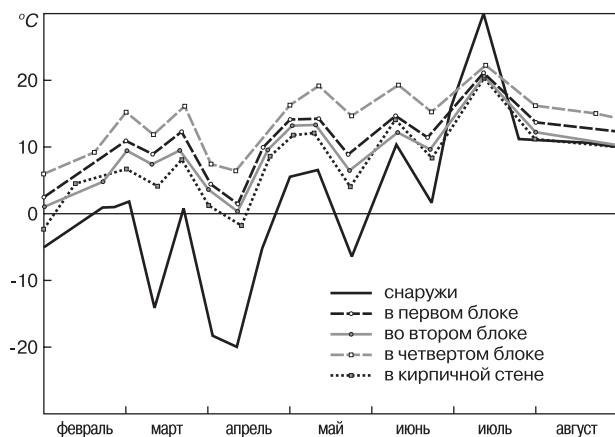


Рис. 1. Влияние изменений наружной температуры на колебания температуры в стене на глубине 8 см со стороны помещения

Безусловно, для климата Республики Коми толщина стены 370 мм недостаточна. Даже в четвертом блоке с утеплителем толщиной 150 мм и воздушной прослойкой при -15°C на глубине 150–160 мм отмечалась отрицательная температура, а кирпичная стена промерзала насквозь. При низкой отрицательной температуре наружного воздуха положительная температура в помещении сохранялась только благодаря дополнительному теплу от электронагревателя. Температура в блоках повторяла волну холода наружного воздуха в зависимости от их теплозащитных свойств (рис. 1).

Влажность внутри помещения снижалась до 20–25%. Внутри блоков также было зафиксировано понижение влажности, особенно заметное в четвертом блоке - до 40%, в бетонных блоках влажность оставалась высокой - 70–78%. В кирпичной кладке этот показатель составил 63–75%, но так как температура в кирпичной стене ниже, чем в бетоне, там, на глубине 240 мм, раньше, чем в других структурах, появлялся иней. Была поставлена задача определить влажность структур послойно в каждом отсеке, чтобы судить о ее массопереносе.

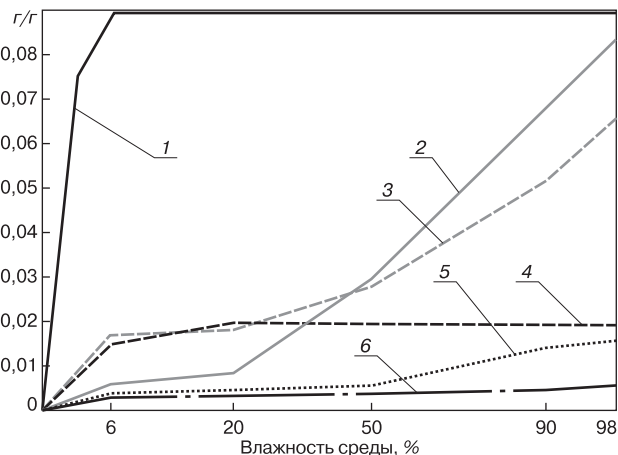


Рис. 2. Количество сорбционной влаги в зависимости от влажности окружающей среды: 1 - пенополистирол; 2 - полистиролгазобетон; 3 - керамзитогазобетон; 4 - базальтовое волокно; 5 - тяжелый бетон; 6 - кирпич

Для определения сорбционной способности используемых стеновых материалов их высушивали до постоянной массы при температуре 105°C, после чего помещали во влажную среду (рис. 2).

Результаты эксперимента показали, что кирпич мало сорбирует влагу (<1%) в силу своей крупнокапиллярной структуры, керамзитогазобетон — до 8%, пенополистирол — до 9% (в газобетоне второго блока заполнитель из пенополистирола — до 9%), тяжелый бетон — до 1,5–2%, минеральное волокно — до 2%, а древесина — до 38–43%. Если взять небольшие деревянные кубики (в данном случае из сухой древесины березы) и поместить их в каждый отсек отверстия в блоках, то можно в любой период времени просчитать количество послойно сорбируемой влаги, которое изменяется в зависимости от влажности и температуры среды. Замеры сорбции древесины показывают, что при влажности среды 50% ее влажность составит около 10%, при влажности среды более 80% влажность древесины удваивается, при максимальной влажности среды (98%) она максимальна в гигроскопической области и доходит до 38–43%. Все эти цифры хорошо согласуются с известной диаграммой Чулицкого, согласно которой можно определить по влажности древесины влажность воздуха, содержащегося в поровом пространстве стены.

Если физическая адсорбция на сухом материале происходит быстро, то проникновение молекул воды в глубь капилляров идет гораздо медленнее [2]. В процессе эксперимента древесину и газобетон высушивали при температуре 60–70°C до постоянной массы и оставляли в отверстиях стены на 5–7 дней. В данном случае начальная влажность образцов была меньше гигроскопической, поэтому давление пара над их поверхностью является функцией влажности и температуры материала.

С помощью этой методики определили повышение влажности воздуха в поровом пространстве стены с первого до третьего отсека в глубину каждой структуры в зависимости от температуры. По экспериментально полученным величинам адсорбции определяли влажность в стене на глубине 8–16 см и 24 см в каждом блоке.

Было установлено, что влажность газобетона колеблется в зависимости от температуры от 2,5% в первом отсеке до 5,5% в третьем отсеке. В третьем отсеке второго блока из полистиролгазобетона влагосодержание доходило до 7,2%. Полученные данные можно использовать при расчетах в соответствии с [1].

Температура наружного воздуха в конце ноября опустилась до –25°C. В отапливаемом помещении влажность составила 15–20%, а в стене по мере приближения к наружной поверхности (второй и третий отсеки) повысилась. Наиболее низкой она оказалась в четвертом блоке с воздушной прослойкой, где происходило проветривание и подсушивание материала через капилляры облицовочного кирпича. Температура в этом блоке была наиболее высокой. В кирпичной кладке, несмотря на низкие сорбционные свойства кирпича, быстрее других распространяется волна холода, так как воздух в его капиллярах содержит влагу. Это видно и при сравнении с деревянными образцами, масса которых растет. При снижении температуры они покрываются пленкой влаги с образованием инея, древесина плесневет, теряя теплоизоляционные свойства.

Влажность воздуха в первом отсеке кирпичной кладки в отопительный период в ноябре составила 25%, в декабре поднялась до 65%. Во втором отсеке на глубине 150–160 мм она поднялась с 50% в ноябре до 60% в декабре. В третьем отсеке на глубине 240–250 мм влажность составила 78%. Второй блок имел ту же тенденцию — повышение влажности от первого до третьего отсека к декабрю. Влагосодержание в третьем отсеке каждого блока росло быстрее по мере понижения температуры наружного воздуха, и только в теплое время года шло подсушивание ограждающей конструкции как изнутри помещения,

так и снаружи. Блоки из керамзитогазобетона с двумя и тремя слоями утеплителя имели близкие значения теплопроводности, высокое влагосодержание, высушались труднее, чем кирпич, и в третьем отсеке у них также появлялся иней. По колебаниям температуры и влажности установили, что имеет значение расположение теплоизолирующих слоев в структуре. Так, в третьем блоке два слоя теплоизоляции, расположенные близко к наружной поверхности, более эффективны, чем три слоя, расположенные как в первом блоке. Ниже других оказалась влажность воздуха и самого материала в четвертом блоке, где имелась воздушная прослойка, то есть теплозащитные свойства были наилучшими. Несмотря на отсутствие гидроизоляции, в нем в течение зимы иней не образовывался.

Влагосодержание древесины в разных блоках колебалось в зависимости от глубины расположения в стене, а также от влажности и температуры воздуха: от 5 до 7% в четвертом блоке, до 23% в газобетоне (первый, второй, третий блоки) и 20% в кирпичной кладке. Максимальная гигроскопическая влажность древесины наблюдалась к январю в третьем отсеке всех структур. В табл. 2 показано изменение влажности древесины (мас. %) в отсеках различных блоков.

С повышением температуры наружного воздуха и уменьшением количества адсорбированного пара влажность воздуха в структуре материалов стала снижаться.

В абсолютно сухом состоянии материала теплообмен не осложнен массообменом, теплопроводность зависит только от его плотности и теплопроводности, но в реальных условиях все материалы содержат определенный процент влаги. Влагосодержание воздуха в порах зависит от аккумуляруемой или сорбционной влажности твердого тела стены. Теплообмен во влажных телах всегда сопровождается теплообменом, увеличивающим теплопроводность материала, которая является функцией энергии и температуры. Кроме того, в пористой структуре стен идет конвективный теплообмен, который при наличии конденсирующегося в ней водяного пара значителен и колеблется от 4500 до 22000 Вт/(м²·°C) [3].

При постоянном давлении с изменением температуры агрегатное состояние жидкости в поровом пространстве также изменяется. При этом значения теплопроводности соответствуют не истинным значениям теплопроводности твердого тела, а эквивалентным [3]. Интенсивный рост теплопроводности в капиллярно-пористых телах связан с началом капиллярной конденсации влаги в порах и продолжается до максимальной влагоемкости. Этот процесс был зафиксирован с помощью мониторинга на экспериментальном стенде. Перенос массы вещества определяется разностью потенциалов массопереноса. Градиент температуры порождает градиент химического потенциала. Химический потенциал переноса массы вещества по абсолютной величине тождествен энергии связи влаги [2]. В термодинамике выведена формула, определяющая химический потенциал в гигроскопической области: $\mu = RT \ln \phi$ (1), где R — газовая постоянная; ϕ — влажность. Химический потенциал воды в капилляре при 0°C зависит от величины поверхностного натяжения, радиуса капилляра и влагосодержания. При изучении сорбции авторами наблюдалось аномальное поведение влаги в пенополистироле, где основная масса пор имеет радиус 10^{-7} м, при котором величина поверхностного натяжения увеличивается [2].

Наблюдения, проводившиеся в течение года, позволили с помощью механизма сорбции определить влажность воздуха послойно в поровом пространстве в зависимости от изменения температуры в разных структурах стены. Проведенные расчеты изменения влажности в соответствии с экспериментально полученными значениями адсорбции показывают рост влагосодержания в структуре стены по месяцам. Наиболее высокие его показатели зафиксированы у наружной поверхности во всех структурах с наименьшим количеством влаги в

кирпичной стене (крупнокапиллярная структура) и в блоке с воздушной прослойкой (подсушивание). Влагонакопление в образцах из керамзитогазобетона, размещенных в отсеках, происходит с такой же закономерностью: увеличение количества влаги в направлении к внешней поверхности, но на порядок меньше по сравнению с древесиной. В самом влажном втором блоке адсорбция керамзитогазобетона составила 3,4% без учета монослоя, который по принятой методике не удаляется. С ростом температуры или с понижением влажности уменьшается химический потенциал массопереноса, уменьшается массоемкость материала, происходит подсушивание в первую очередь внешних слоев стены.

По аналогии с теплопроводностью в термодинамике выведен коэффициент массопроводности, который растет по мере увеличения температуры и влажности. Так, при влажности 70% и температуре 0°C он составляет 34×10^{-15} кг·моль/м·Дж·с, при 20°C увеличивается почти в 4 раза, учитывая поправку на конвективный перенос влаги, равную 1,019 для водяного пара. Количество массы вещества, перенесенной в глубь стены, а затем наружу, можно рассчитать по формуле, выведенной Л.М. Никитиной [2]:

$$\Delta M = C_m \cdot m_c (\mu_2 - \mu_1),$$

где ΔM – количество перенесенной массы вещества в граммах; C_m – удельная массоемкость, моль/Дж; m_c – масса сухого материала стены, кг; $(\mu_2 - \mu_1)$ – изменение химического потенциала.

Так, для газобетона средняя изотермическая массоемкость в пределах изменения химического потенциала от μ_1 до μ_2 при изменении температуры от 0 до 20°C составила $0,148 \cdot 10^7$ моль/Дж. Масса 1 м² сухой стены из керамзитогазобетона равна 78,85 кг. Изменения химического потенциала при изменении температуры от 0 до 20°C для газобетона и кирпича одинаковы и составили $0,605 \cdot 10^{-5}$ Дж/моль. Тогда для газобетона:

$$M = 0,148 \cdot 10^7 \cdot 78,85 (8,863 - 8,258) \cdot 10^{-5} = 7,43 \cdot 10^{-2} \text{ кг.}$$

Для кирпича:

$$M = 0,0309 \cdot 10^7 \cdot 327,36 \cdot 0,605 \cdot 10^{-5} = 6,12 \cdot 10^{-2} \text{ кг.}$$

В пересчете на проценты эта величина составила: для газобетона – 8,43%, для кирпича – 1,82%, для воздуха, заполняющего поровое пространство стены, – 18,3%.

При расчете теплопроводности стены из легких бетонов, как правило, берется влажность 5–7%. Зимой, например для климата Республики Коми, влагоемкость может составлять в гигроскопической области максимум и доходить до 8–9% (второй блок) при влажности воздуха 85–92%.

В структуре при постоянной температуре перенос массы осуществляется от мест с большим удельным

влагосодержанием к местам с меньшим. В слоистой структуре перенос массы может осуществляться и в обратном направлении, так как движущей силой является градиент химического потенциала материала [2].

При падении температуры от 10 до 0°C содержание влаги в воздухе 1 м² стены снижается на 1,24 г. Эта влага осажается на поверхности пор. При падении температуры до –5°C выпадает еще 1,61 г влаги. Поэтому контакт между частицами твердого тела и эквивалентная теплопроводность увеличиваются. Теплопроводность кирпича почти в два раза выше теплопроводности керамзитогазобетона, особенно со слоями утеплителя из ППС. Поровое пространство кирпича содержит влажный воздух, увеличивающий массоперенос. Максимальное влагосодержание в кирпичной стене также отмечено в третьем отсеке, оно несколько ниже влагосодержания в газобетоне, так как с увеличением плотности и соответственно с сокращением удельной поверхности материала массоемкость уменьшается. Но если кирпичную стену оштукатурить, что часто используется, то ее высыхание замедлится, так как раствор имеет большее влагосодержание и большую удельную поверхность. В любое время года температура внутренней поверхности кирпичной стены в помещении была самой низкой, то же, но в меньшей степени относится к поверхности второго блока, а наивысшая температура зафиксирована на поверхности блока с воздушной прослойкой.

Таким образом, расположение утеплителя ближе к наружной, холодной поверхности более эффективно, чем его равномерное распределение по толщине стены (первый – третий блоки). Особенно эффективно наличие воздушной прослойки.

В кирпичной стене при незначительном влагосодержании влажность воздуха в капиллярах велика, особенно зимой (70–90%); активно осуществляется массоперенос, эквивалентная теплопроводность больше, чем в других структурах, конденсат появляется раньше, коэффициент теплопроводности возрастает с 0,42 до 3 Вт/(м·°C), тогда как в структуре с воздушной прослойкой всего с 0,19 до 0,4 Вт/(м·°C) при максимальном увлажнении.


Список литературы

1. Ячеистый бетон автоклавного твердения – перспективный строительный материал // Строит. материалы. 2002. № 8. С. 32–34.
2. Никитина Л.М. Термодинамические параметры и коэффициенты массопереноса во влажных материалах. М.: Энергия. 1968. С. 9, 24, 34, 36, 66, 68.
3. Лариков Н.Н. Теплотехника. М.: Стройиздат. 1985. С. 228, 256.



Ведущий производитель синтетических смол и пластмасс
Открытое акционерное общество
«КАРБОЛИТ»

предлагает

- карбамидоформальдегидные и фенолоформальдегидные связующие для производства теплоизоляционных материалов, огнеупоров, ДСП, ДВП, МДФ, фанеры, абразивного инструмента;
-  – добавку к бетонным смесям «СЕМПЛАСТ», улучшающую технологические и эксплуатационные свойства бетонных смесей;
- жидкую новолачную смолу РСФ-010, применяемую для пропитки стеклосеток в производстве армированных абразивных кругов;
- пульвербакелит СФП-012 К – мелкодисперсный порошок, применяемый в производстве огнеупоров.

Обеспечиваем консультационную и технологическую поддержку.

142603 г. Орехово-Зуево, Московская обл., ул. Дзержинского, 34.

Код города Орехово-Зуево из Москвы – (24), из других городов России – (0964)

Отдел сбыта: (0964) 13-96-00, 13-95-71

Технический отдел: (0964) 13-94-14, 13-96-30

Факс: (0964) 12-21-54, 12-63-66

Телетайп 346846 «Утес»

E-mail: karbolit@t50.ru, http://www.karbolit.ru

Керамические строительные материалы на основе местного сырья и отходов теплоэнергетики Татарстана

О возможности применения зол и шлаков ТЭС в различных отраслях промышленности известно давно. В настоящее время, когда традиционные сырьевые материалы стали дефицитны и часто дороги, к зольным отходам снова появляется интерес [1, 2].

Минерально-сырьевая база керамической промышленности Республики Татарстан бедна запасами качественного глинистого сырья. Эта проблема стоит остро и для Казанского региона. Растущие темпы гражданского строительства нуждаются в качественном керамическом рядовом и лицевом кирпиче.

За долгие годы в республике накоплены значительные объемы отходов различных производств, в том числе золы ТЭС. Их использование — важная экологическая и экономическая задача.

В настоящей работе была изучена возможность применения зольных отходов Казанской ТЭС-2 в производстве строительной керамики из суглинков Казанского региона. Для исследования были выбраны перспективные с точки зрения местонахождения суглинки Новониколаевского, Калининского и Кошачковского месторождений. Суглинок Новониколаевского месторождения лежит вблизи отвалов зольных отходов ТЭС-2 (объем залегания суглинка 1,25 млн м³, объем

зольных отходов — 780 тыс. т). Химический состав используемых сырьевых компонентов представлен в табл. 1. Гранулометрический состав Новониколаевского суглинка представлен следующими фракциями: <0,005 мм — 20–30%, 0,005–0,05 мм — 60–70%, 0,05–1 мм — 10–20%. Зола представляет собой порошок серого цвета, гранулометрический состав которого представлен в табл. 2.

Минеральный состав золы формируется из связанных оксидов Si, Al, Ti, Fe, Ca, Mg, S, микроэлементов Sr, Mn, Cd, Ba, Zr, Pb и представлен на 70% стеклофазой и 15% аморфизированным глинистым веществом, кварцем, карбонатами Ca, Mg, гематитом, муллитом. Содержание углерода в пределах 8–10% [3, 4]. Характеристика глинистого сырья представлена в табл. 3.

Было проведено сравнение прочностных характеристик образцов-цилиндров, изготовленных по полусухой технологии из суглинков Новониколаевского, Калининского и Кошачковского месторождений. Оптимальный гранулометрический состав пресс-порошков следующий: фракция 3–1 мм — 45–55%, фракция <1 мм — 55–45%. Влажность пресс-порошков — 8–9%. Плотность образцов, отформованных при давлении прессования 22–27 МПа, составляла 2–2,2 г/см³. Образцы сушились и обжигались в муфельной пе-

чи при скорости поднятия температуры 40–50°С/ч. Выдержка при максимальной температуре — 1 ч.

Было установлено, что максимальная прочность при сжатии для кошаковской и калининской глин достигается в интервале температур 900–1000°С с дальнейшим ее снижением при повышении температуры. Та же прочность для образцов из новониколаевской глины достигается в зоне 1000–1100°С. Таким образом, производство кирпича из новониколаевского суглинка потребует повышенных энергозатрат. В связи с этим были проведены исследования возможности повышения прочности керамического черепка из новониколаевского суглинка в интервале температур 900–1000°С. Был проведен подбор шихты на основе нковониколаевского суглинка и золы ТЭС.

Образцы прессовали и обжигали по вышеописанной технологии. Медленный подъем температуры от 700°С до максимальной обеспечивает полное выгорание углерода и равномерный по объему обжиг.

В процессе обжига золокерамический материал дополнительно разогревается за счет внутреннего тепловыделения при выгорании частиц кокса, окиси углерода, содержащихся в порах стеклофазы. Температура образцов может превышать температуру среды на 80–100°С, что

Таблица 1

Сырье	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O+K ₂ O	п.п.п.
Суглинок калининский	67–72	12,6–14,5		4,6–7,5	1,4–2,9	1,8–2,2	следы	1,98	4,5
Суглинок кошаковский	68–72	10,9–12,1	0,72	3,6–3,8	2,28	1,8	0,04	3,4–3,6	3,8–4,6
Суглинок новониколаевский	73–74	10–11	0,54	4,17	2,49	1,59	0,06	1,89	3,87
Зола ТЭС-2 (Казань)	48–52	19–24	0,6–0,7	4–6	3–6	2–4	0,2–0,7	1,3–2,3	8–19

Таблица 2

Фракция, мм	1	0,5	0,315	0,2	0,1	0,063	0,05	< 0,05
Содержание, %	1,7	2,5	3,4	6,7	28,7	12,8	23,9	13,3

Суглинок	Содержание тонкой фракции <0,001 мм, %	Содержание Al_2O_3 в пересчете на простое вещество, %	Содержание гигроскопической воды, %	Число пластичности	Чувствительность к сушке (по Чижскому), с	Спекаемость	Огнеупорность, °С	$R_{сж}$, МПа	$R_{из}$, МПа
Калининский	40	14,45	3	12–20	98–110 высокочувствительный	Неспекающийся	1288	26–40	18–26
Кощаковский	20,16	12,92	2,95	10–12	125 среднечувствительный	Неспекающийся	1295	13–23	13–20
Новониколаевский	24,2	10,51	2,46	8–12	152 среднечувствительный	Неспекающийся	1350	40–56	3–7

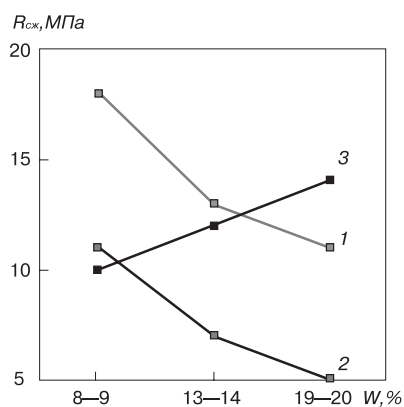


Рис. 1. Зависимость прочности при сжатии образцов от влажности шихты: 1 – суглинок новониколаевский (100%), $T_{обж} = 1000^\circ\text{C}$; 2 – шихта: суглинок новониколаевский (80%) + зола (20%), $T_{обж} = 950^\circ\text{C}$; 3 – шихта: суглинок новониколаевский (80%) + зола (20%), $T_{обж} = 1000^\circ\text{C}$

оказывает существенное влияние на формирование прочной структуры керамического черепка [1, 5].

Зологлиняная шихта на основе новониколаевского суглинка представляет собой высокодисперсную композицию (содержание фракции <1 мм для состава с 20% золы – более 70%), которая при увлажнении водой представляет собой малопластичную массу. На рис. 1 показана зависимость прочности при сжатии образцов из 100% новониколаевского суглинка и шихты с 20% золы ТЭС от влажности шихты.

Из рис. 1 видно, что при температуре обжига 1000°C для новониколаевского суглинка наибольшая прочность достигается при полусухом прессовании. Это может быть объяснено высоким содержанием в суглинке высокодисперсного кварца (фракция 0,005–0,05 мм – 60–70%). Введение в суглинок мелкодисперсной золы ТЭС и увеличение влажности формовочной смеси повышает пластические свойства массы, способствует равномерному уплотнению сырья при прессовании. Это обусловило увеличение

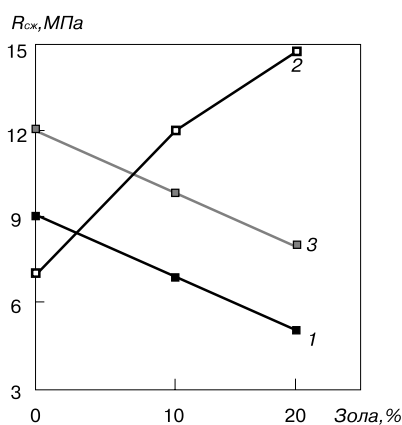


Рис. 2. Зависимость прочности при сжатии образцов от количества добавки золы (влажность шихты 20%): 1 – $T_{обж} = 950^\circ\text{C}$; 2 – $T_{обж} = 1000^\circ\text{C}$; 3 – $T_{обж} = 1050^\circ\text{C}$

прочности образцов при 1000°C в диапазоне влажности пластического формования. Для этого диапазона влажности были испытаны составы с различным содержанием золы (рис. 2).

Структурообразование в глинах и керамических материалах, представляющих собой полиминерально-коллоидные и композиционные системы, описывается в рамках физико-химической механики дисперсных структур [1, 2, 5, 6]. Технологические свойства глин и формируемого из них сырья определяются взаимопревращениями коагуляционных и конденсационных структур, а свойства керамики – образующимися при обжиге кристаллизационными образованиями [1, 5]. В нашем случае предполагается различие в механизме формирования оптимальной коагуляционно-кристаллизационной структуры сырья при переходе от пластичного формования к полусухому и закреплённой при обжиге. Кроме того, формирование кристаллизационной структуры при обжиге способствует повышенное содержание кварца в

глине. Удовлетворительная прочность материала достигается при температуре около 1000°C .

Проведенные исследования показали хорошие перспективы использования новониколаевского суглинка и золы ТЭС для получения строительной керамики. Современные технологии производства строительной керамики могут обеспечить высокое качество изделий из отходов и местного низкосортного сырья.

Список литературы

1. Сайбулатов С.Ж. Ресурсосберегающая технология керамического кирпича на основе зол ТЭС. М.: Стройиздат. 1990. 248 с.
2. Семин М.А., Джумагулов С.Д. Золы и шлаки ТЭС – ценное минеральное сырье для силикатной отрасли // Стекло и керамика. 2003. № 8. С. 22–23.
3. Исследование сырья Подгоренского кирпичного завода на пригодность для производства кирпича методом полусухого прессования с пластической переработкой массы / Отчет о научно-исследовательской работе. ВНИИстром им. П.П. Будникова. 1985. 87 с.
4. Разработать способы повышения качества изделий полусухого прессования путем обработки пресс-порошка различными химически активными веществами / Отчет о научно-исследовательской работе. ВНИИстром им. П.П. Будникова. 1984. 38 с.
5. Желжурист И.А. Об особенностях формирования керамического черепка из пресс-порошков пылеватого суглинка // Строит. материалы. 2000. № 6. С. 26–28.
6. Стороженко Г.И., Завадский В.Ф. Технология производства и сравнительный анализ пресс-порошков для строительной керамики и механоактивированного сырья // Строит. материалы. 1998. № 12. С. 6.

Моделирование показателей аэродинамических систем помольных установок с воздушно-проходным сепаратором

Потребность в моделировании на основании теории подобия применительно к аэродинамическим системам помольных установок вентилируемого типа обуславливает разработку упрощенных моделей прикладного характера по расходу технологического воздуха (газа)*, его давлению (разрежению), величине необходимой мощности двигателя эксгаустера.

При многообразии технологических схем помольных установок вентилируемого типа отмечается известная схожесть их аэродинамических систем. Существует две принципиальные аэродинамические схемы помольных установок: традиционная – двухступенчатая и новая – одноступенчатая системы очистки воздуха от измельченного материала.

К числу новых вентилируемых помольных установок для тонкого измельчения цемента можно отнести установки, построенные по различным технологическим схемам с измельчителями разного типа, но содержащие высокоэффективные выносные воздушно-проходные динамические сепараторы [1].

Рассмотрим упрощенные аэродинамические системы на базе вентилируемых мельниц с выносными воздушно-проходными динамическими сепараторами: двухступенчатую (рис. а) и одноступенчатую (рис. б).

Двухступенчатая схема характерна для известных действующих вентилируемых сырьевых помольных установок, недостатками которых является наличие двух ступеней, каждая из которых вентилируется са-

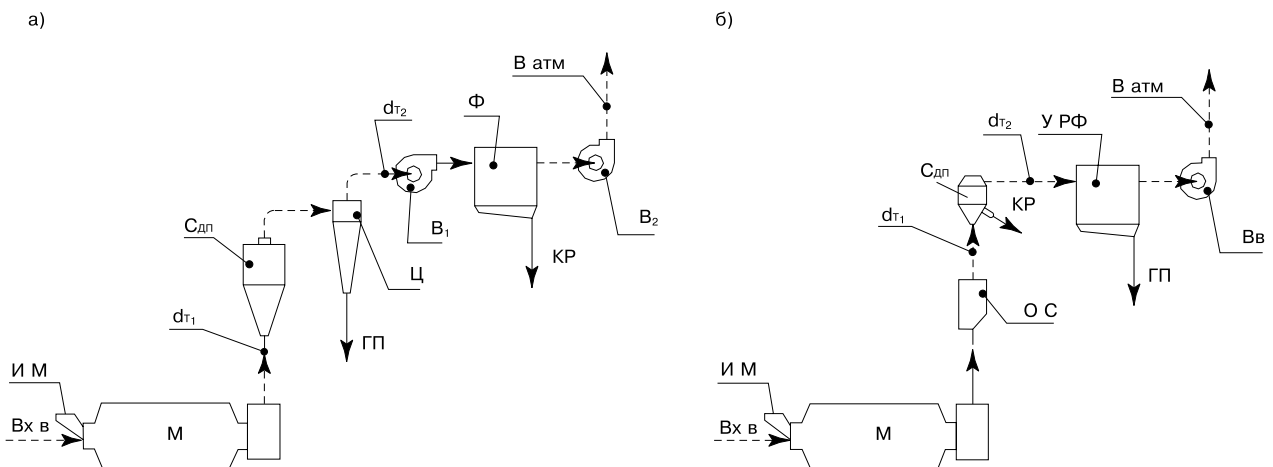
мостоятельным вентилятором, а также быстрый износ от воздействия пыли частей вентилятора первой ступени, установленного за пылеосадительными циклонами сепаратора.

Одноступенчатую аэродинамическую систему (рис. б) расценивают как перспективную, более простую и надежную в управлении. Недостатками помольных установок с такими аэродинамическими системами считаются: трудность комплектации пылеосадительными высокоэффективными установками на базе рукавных фильтров и мощной (с управляемой частотой вращения) системой вытяжных вентиляторов.

Разработанные ниже зависимости для приближенного моделирования на основе метода анализа размерностей для двух- и одностадийной аэродинамических систем могут потребоваться при модернизации оборудования установок, при проектировании и создании нового оборудования, при проведении исследований и составлении перспективного ряда по типоразмерам нового оборудования для перспективных аэродинамических систем вентилируемых помольных установок.

Двухступенчатая аэродинамическая система

На основе составленной по методу анализа размерностей обобщенной зависимости в безразмерной форме для первой ступени системы получены упрощенные зависимости по расходу воздуха:



Упрощенные аэродинамические системы на базе вентилируемых мельниц с выносными воздушно-проходными динамическими сепараторами: а – двухступенчатая, б – одноступенчатая: ИМ – исходная загрузка материала; ГП – готовый продукт; КР – крупка; Вх в – вход воздуха; В атм – выброс воздуха в атмосферу; М – мельница вентилируемая; В₁ – вентилятор вытяжной сепаратора; Ф – фильтр обеспыливающий; В₂ – вентилятор концевой; ОС – осадитель грубых частиц и включений; С_{дп} – сепаратор динамический воздушно-проходной; УРФ – установка рукавных фильтров; Вв – вентилятор всасывающий высоконапорный; Ц – циклон.
 —————> – движение материала, - - -> – движение воздушно-материальной смеси и воздуха

* Далее в тексте – «воздух»

– для сепаратора

$$Q_{VcI} = A_1 \cdot D_{лр}^3 \cdot \omega_1, (1)$$

где Q_{VcI} – установленная путем регулирования частоты вращения ротора объемная пропускная способность сепаратора; A_1 – коэффициент; $D_{лр}$, ω_1 – диаметр и частота вращения сепарирующего ротора соответственно;

– для вентилятора первой ступени

$$Q_{VbI} = A_2 \cdot D_g^3 \cdot \omega_g, (1a)$$

где Q_{VbI} – объемный расход вентилятора первой ступени; ω_g – частота вращения рабочего колеса вентилятора; $D_g = L$ – диаметр рабочего колеса вентилятора; A_2 – коэффициент.

Для второй ступени

$$Q_{Vc} = Q_{Vb} \text{ и } Q_{VbII} = A_2 \cdot D_{bII}^3 \cdot \omega_2.$$

Для воздушно-материального потока второй ступени объемный расход воздуха Q_{VcII} меньше величины Q_{VcI} за счет отделения твердого материала и значительных гидравлических потерь напора в сепараторе.

Вид зависимости расхода воздуха для вентилятора второй ступени по виду сходен с зависимостью (1a). Если не учитывать подсос наружного воздуха, очевидно, что

$$Q_{VbII} \approx Q_{VbI},$$

где Q_{VbII} – объемный расход вентилятора второй ступени (концевого вентилятора).

Это связано с тем, что $g_{mbII} < g_{mbI}$,

где g_{mbI} – содержание материала в воздухе потока первой ступени; g_{mbII} – содержание материала в воздухе потока второй ступени, а также со значительным гидравлическим сопротивлением.

При равенстве расходов Q_{Vc} и Q_{Vb} , следует отметить, что частота вращения сепарирующего ротора ω_1 зависит от требуемой тонкости помола конечного продукта [2], то есть при повышении величины $S_{уд}$ уменьшается величина частоты вращения сепарирующего ротора ω_1 для обеспечения требуемой величины относительной скорости потока V_r в каналах ротора сепаратора [2].

Одноступенчатая аэродинамическая система

Моделирование массового расхода. Зависимость для массового расхода воздушно-материальной смеси перед вытяжным вентилятором выводится на основе исходного уравнение в форме степенного одночлена:

$$Q_{mb} = B \cdot g_{mb}^{n_1} \cdot D_{лр}^{n_2} \cdot d_{т2}^{n_3} \cdot \omega_{лр}^{n_4} \cdot G_{гп}^{n_5} \cdot V_{гс}^{n_6}. (2)$$

Методом анализа размерностей, путем преобразования составленных из показателей степеней уравнений получена следующая зависимость в безразмерной форме:

$$Q_{mb} = B D_{лр}^3 \cdot g_{mbI} \cdot \omega_g \left(\frac{G_{гп}}{D_{лр}^3 \cdot g_{mbI} \cdot \omega_{лр}} \right)^{n_1} \cdot \left(\frac{V_{гс}}{D_{лр} \cdot \omega_{лр}} \right)^{n_2} \cdot \left(\frac{g_{mb2}}{g_{mbI}} \right)^{n_3} \cdot \left(\frac{\omega_g}{\omega_{лр}} \right)^{n_4} \cdot \left(\frac{d_{т1}}{d_{т2}} \right)^{n_5} \cdot \left(\frac{\rho_M}{g_{mb2}} \right)^{n_6} \cdot \left(\frac{\rho_B}{g_{mb2}} \right)^{n_7}, (2a)$$

где $[Q_{mbI}] = MT^{-1}$ – массовый расход воздуха на входе в патрубков вытяжного вентилятора; B – коэффициент; $[g_{mbI}] = ML^{-3}$ – содержание материала в воздухе на входе в межлопаточные каналы сепарирующего ротора; $[g_{mb2}] = ML^{-3}$ – содержание материала в воздухе перед вентилятором второй ступени; $[D_{лр}] = L$ – диаметр лопастного сепарирующего ротора; $[\omega_g] = T^{-1}$ – частота вращения рабочего колеса вентилятора; $[\omega_{лр}] = T^{-1}$ – частота вращения сепарирующего ротора; $[d_{т1}] = L$ – диаметр воздухопровода на участке от мельницы до сепаратора; $[d_{т2}] = L$ – диаметр воздухопровода на участке после сепаратора; $[G_{гп}] = MT^{-1}$ – производительность установки по готовому продукту;

$[V_{гс}] = LT^{-1}$ – относительная скорость входа воздушно-материальной смеси в межлопаточные каналы сепарирующего ротора; $[\rho_M] = ML^{-3}$ – плотность зерен обрабатываемого материала; $[\rho_B] = ML^{-3}$ – плотность воздуха.

В уравнении (2a) безразмерные величины – комплексы и симплексы имеют следующий смысл и значение:

$$\text{комплекс } \Pi_1 = \left(\frac{G_{гп}}{D_{лр}^3 \cdot g_{mbI} \cdot \omega_{лр}} \right)^{n_1}$$

– отношение производительности сепаратора по готовому продукту к расходу твердой материальной смеси через активную зону сепарации;

$$\text{комплекс } \Pi_2 = \left(\frac{V_{гс}}{D_{лр} \cdot \omega_{лр}} \right)^{n_2}$$

– отношение относительной скорости воздушно-материальной смеси на входе в межлопаточные каналы сепарирующего ротора к частоте вращения ротора;

$$\text{симплекс } \Pi_3 = \left(\frac{g_{mb2}}{g_{mbI}} \right)^{n_3}$$

– степень изменения содержания материала в воздушном потоке до и после воздушно-проходного динамического сепаратора;

$$\text{симплекс } \Pi_4 = \left(\frac{\omega_g}{\omega_{лр}} \right)^{n_4}$$

– отношение частоты вращения вентилятора к частоте вращения сепаратора;

$$\text{симплекс } \Pi_5 = \left(\frac{d_{т1}}{d_{т2}} \right)^{n_5}$$

– условная степень сужения воздухопровода на участке после сепаратора;

$$\text{симплекс } \Pi_6 = \left(\frac{\rho_M}{g_{mb} \text{ (2)}} \right)^{n_6}$$

– относительная плотность материала;

$$\text{симплекс } \Pi_7 = \left(\frac{\rho_B}{g_{mb} \text{ (2)}} \right)^{n_7}$$

– относительная плотность воздуха.

При неизменном технологическом режиме работы и геометрическом подобии оборудования установки уравнение (2a) упрощается, так как из него исключаются комплексы и симплексы Π_1 ; Π_2 ; Π_3 ; Π_4 ; Π_5 ; Π_6 ; Π_7 , что в данном случае допустимо для приближенного моделирования.

Исходя из этого для приближенного моделирования может быть использована следующая упрощенная зависимость для пересчета массового расхода

$$Q_{mb} = B_1 D_{лр}^3 \cdot g_{mbI} \cdot \omega_g, (3)$$

где размерность правой части при этом

$$[D_{лр}^3 \cdot g_{mb2} \cdot \omega_g] = MT^{-1}.$$

Зависимость для приближенного моделирования полного напора одноступенчатой аэродинамической системы

Для практического применения воздухопроводы (трубы) рассчитываются по методикам, изложенным в литературе [3] и др.

Зависимость для полного напора выражена в виде степенного одночлена:

$$P_{\Pi} = C \cdot G_{\Gamma\Pi}^{c_1} \cdot g_{\text{МВ}2}^{c_2} \cdot D_g^{c_3} \cdot \omega_g^{c_4} \cdot Q_{\text{МВ}}^{c_5} \cdot V_B^{c_6} \cdot v_B^{c_7} \cdot d_{\Gamma3}^{c_8} \cdot \rho_M^{c_9} \cdot \rho_B^{c_{10}}, \quad (4)$$

где P_{Π} – полный напор; C – коэффициент; $V_B = \text{ЛТ}^{-1}$ – скорость воздушного потока во входном патрубке вентилятора; $v_B = \text{Л}^2\text{T}^{-1}$ – величина кинематической вязкости воздуха во входном патрубке вентилятора; $d_{\Gamma3} = \text{Л}$ – диаметр воздухопроводной трубы, примыкающей к входному патрубку вентилятора.

Применением метода анализа размерностей решается система уравнений, образованная из показателей степеней величин уравнения (4) относительно определяющих величин D_g , $g_{\text{МВ}2}$ и ω_2 , в результате чего образовано обобщенное уравнение с симплексами и комплексами в безразмерном виде. После упорядочения расположения их по значимости и изменения обозначения показателей степеней получено критериальное уравнение в следующем виде:

$$P_{\Pi} = C \cdot D_g^2 \cdot g_{\text{МВ}3} \cdot \omega_g^2 \cdot \left(\frac{G_{\Gamma\Pi}}{g_{\text{МВ}3} \cdot D_g^3 \cdot \omega_g} \right)^{m_1} \cdot \left(\frac{Q_{\text{МВ}}}{g_{\text{МВ}3} \cdot D_g^3 \cdot \omega_g} \right)^{m_2} \cdot \left(\frac{v_B}{D_g^2 \cdot \omega_d} \right)^{m_3} \cdot \left(\frac{d_{\Gamma3}}{D_g} \right)^{m_4} \cdot \left(\frac{\rho_M}{g_{\text{МВ}3}} \right)^{m_5} \cdot \left(\frac{\rho_B}{g_{\text{МВ}3}} \right)^{m_6}. \quad (5)$$

Безразмерные комплексы и симплексы имеют следующий физический смысл:
 C – коэффициент;

$$\text{комплекс } \Pi_1 = \left(\frac{G_{\Gamma\Pi}}{g_{\text{МВ}3} \cdot D_g^3 \cdot \omega_g} \right)^{m_1}$$

– отношение производительности по готовому продукту (на выходе из установки рукавных фильтров) к расходу по твердому материалу, содержащемуся в воздушно-материальной смеси в потоке на участке $d_{\Gamma1}$ (рис. б);

$$\text{комплекс } \Pi_2 = \left(\frac{Q_{\text{МВ}}}{g_{\text{МВ}3} \cdot D_g^3 \cdot \omega_g} \right)^{m_2}$$

– отношение массового расхода потока на входе в вытяжной вентилятор к величине массового расхода потока, выходящего из каналов ротора сепаратора;

$$\text{комплекс } \Pi_3 = \left(\frac{D_g^2 \cdot \omega_d}{v_B} \right)^{m_3}$$

– величина, обратная критерию Рейнольдса;

$$\text{симплекс } \Pi_4 = \left(\frac{d_{\Gamma3}}{D_g} \right)^{m_4}$$

– безразмерный диаметр трубопровода на участке d_3 (рис. б) перед входом в патрубок вентилятора;

$$\text{симплекс } \Pi_5 = \left(\frac{\rho_M}{g_{\text{МВ}3}} \right)^{m_5}$$

– безразмерная плотность частиц материала;

$$\text{симплекс } \Pi_6 = \left(\frac{\rho_B}{g_{\text{МВ}3}} \right)^{m_6}$$

– безразмерная плотность воздуха.

Так как в данном технологическом процессе входящие комплексы Π_1 и Π_2 неизменны, а по условию геометрического подобия $\Pi_4 \approx \text{Const}$ и симплексы Π_5 и Π_6 неизменны, уравнение (5) принимает вид:

$$P_{\Pi} = C_2 \cdot D_g^2 \cdot \omega_g^2 \cdot \left(\frac{v_B}{D_g^2 \cdot \omega_g} \right)^{m_3}. \quad (5a)$$

В реальных производственных условиях при обратной величине критерия Рейнольдса

$$\frac{1}{R_c} = \left(\frac{v_B}{D_g^2 \cdot \omega_g} \right)^{m_3}$$

моделирование сводится к моделированию вентилятора, которое согласно экспериментам с соблюдением условий приближенного подобия не учитывает критерий Рейнольдса при пересчете вентиляторов по напору [4].

Следовательно, аналогично можно упростить зависимость (5a) до вида:

$$P_{\Pi 2} = C_2 \cdot D_g^2 \cdot g_{\text{МВ}3} \cdot \omega_g^2. \quad (6)$$

Тогда зависимость для моделирования полного напора примет вид:

$$P_{\Pi 2} = P_{\Pi 1} \cdot \frac{D_{g2}^2 \cdot \omega_{g2}^2}{D_{g1}^2 \cdot \omega_{g1}^2} = \frac{D_{g2}^2}{D_{g1}^2} \cdot \frac{n_2^2}{n_1^2}. \quad (7)$$

Моделирование показателя мощности двигателя вентилятора

Для определения величин полной потребляемой мощности двигателя вентилятора установки-аналога используется зависимость

$$P = \frac{M_{\text{кр}} \cdot \pi \cdot n}{30} = M_{\text{кр}} \cdot \omega, \text{ Вт}$$

где $M_{\text{кр}}$ – момент, имеющий размерность $[M_{\text{кр}} \cdot \omega] = \text{Л}^2\text{МТ}^{-3}$, n – число оборотов в минуту.

Показатель удельной величины мощности относительно массового расхода воздуха $[Q_m] = \text{МТ}^{-1}$ примет вид:

$$P_{\text{уд}} = P : Q_m = \text{Л}_2\text{МТ}^{-3} : \text{МТ}^{-1} = \text{Л}^2\text{T}^{-2},$$

который аналогичен размерности удельной мощности двигателя привода ротора сепаратора [5].

Следовательно, при проектировании новой аэродинамической системы вентилируемой помольной установки мощность двигателя вентилятора определяется по выражению:

$$P_{\text{потр}} = P_{\text{уд}}^{\text{потр}} \cdot Q_m, \text{ Вт.}$$

Для такой одноступенчатой аэродинамической системы вентилируемой помольной установки при ее универсальном применении (получение цементов различной тонкости помола), двигатель вентилятора вновь проектируемой установки потребует оснастить системой плавного изменения частоты вращения.

Список литературы

1. *I. Folsberg*. A new generation of the high efficiency separator. Sanderdruck ZKG. 1991. № 1. (International Sonderdruck)
2. *Сапожников М.Я.* Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. Гл. V. Машины для воздушной сепарации. М.: Высшая школа. 1971.
3. *Левит Г.Т.* Испытание пылеприготовительных установок. М.: Энергия. 1977.
4. *Иванов О.П., Марченко В.О.* Аэродинамика и вентиляторы. Л.: Машиностроение. 1980.
5. *Миронов П.И., Ковалев О.С., Князев В.В.* Моделирование показателей мощности привода воздушного сепаратора // Цемент и его применение. 2001. № 3.