

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.
ГРИДЧИН А.М.
ГУДКОВ Ю.В.
ЗАВАДСКИЙ В.Ф.
КОВАЛЬ С.В.
КОЗИНА В.Л.
ЛЕСОВИК В.С.
СИВОКОЗОВ В.С.
УДАЧКИН И.Б.
ФЕДОСОВ С.В.
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

20 лет кафедре технологии строительных материалов, изделий и конструкций
Казанского государственного архитектурно-строительного университета 5

В.Г. ХОЗИН

**Полимеры в строительстве: границы реального применения,
пути совершенствования** 8

Дан развернутый анализ возможности применения полимеров в строительной индустрии. Показаны строительные функциональные ниши, в которых применение полимеров эффективно с технической и экономической точки зрения.

Л.А. АБДРАХМАНОВА, В.Х. ФАХРУТДИНОВА, Н.В. МАЙСУРАДЗЕ, В.Г. ХОЗИН

**Перспективы поверхностного усиления полимерных строительных
материалов методом диффузионной модификации** 11

Описан эффективный способ усиления поверхностных слоев полимеров методом последовательного отверждения. Эффективность способа показана на примере нескольких видов линейных и сетчатых полимеров.

Р.К. НИЗАМОВ, Э.И. НАГУМАНОВА, Ф.А. ТРОФИМОВА, Т.З. ЛЫГИНА

**Эффективность применения наполнителей на основе
глауконитсодержащих пород для поливинилхлоридных композиций** 14

Проведена оценка возможности и эффективности использования глауконитсодержащих пород (ГСП) Сюндюковского и Вожжинского месторождений в качестве наполнителей-пигментов для производства ПВХ-линолеума.

Л.Ф. МУБАРАКШИНА, Г.Г. УШАКОВА, Л.А. АБДРАХМАНОВА

Химическое наполнение карбамидных пенопластов 17

Исследовано уменьшение усадочных деформаций карбамидных пенопластов за счет увеличения плотности полимера, в том числе за счет наполнителей. Выбран оптимальный состав пенопласта с наполнителями, позволяющий снизить расход катализатора отверждения на 35%. Величина усадки при отверждении пенопласта уменьшилась на 40%.

В.Ф. СТРОГАНОВ, И.В. СТРОГАНОВ

Эпоксидные полимерные композиции для строительных технологий 20

Рассмотрены примеры использования модифицированных эпоксидных полимерных композиций в строительстве: монолитные покрытия полов; защита и реставрация металлических и бетонных конструкций; адгезионные композиции; модифицированные компаунды-герметики.

А.В. МУРАФА, Л.Ш. СИБГАТУЛЛИНА, Д.Б. МАКАРОВ, В.Г. ХОЗИН

**Новые анионоактивные битумные эмульсии для дорожных,
кровельных и гидроизоляционных покрытий** 22

Изучены наиболее важные эксплуатационные характеристики битумных эмульсий, полученных на основе отходов переработки хлопкового масла и флотоудронов. Целесообразно применение разработанных БЭ для дорожных, кровельных и гидроизоляционных покрытий.

Н.М. МОРОЗОВ, В.Г. ХОЗИН

Песчаный бетон высокой прочности 25

В статье рассмотрено влияние зернового состава наполнителя и его удельной поверхности на свойства мелкозернистого бетона. Показана положительная возможность введения 5% техногенных отходов – шлама водоумягчения на прочностные характеристики песчаного бетона.

Н.Н. МОРОЗОВА, А.И. МАТЕЮНАС, В.Г. ХОЗИН, Н.А. ЗАХАРОВА, Т.З. ЛЫГИНА

Внутренняя коррозия бетона на заполнителях речных месторождений Татарстана .. 27

Приводятся результаты исследований песчано-гравийных смесей ряда месторождений Республики Татарстан на содержание потенциально реакционных пород. Рекомендован ряд мер и технологических мероприятий для предотвращения щелочной коррозии бетона на этих заполнителях.

Информация

**XVIII Международная научно-практическая
конференция-выставка Ассоциации «СИНТЭС»** 29

**Высотное строительство – тема II Международного
симпозиума КНАУФ по строительным материалам** 31

**50-летие создания и развития технологий получения
вспученного перлита и перлитовых материалов** 36

**Международная научно-практическая конференция «Современные технологии
в промышленности строительных материалов и стройиндустрии»** 39

В.С. ИЗOTOB

Защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре как функция структуры цементного композита 41

В статье приведены результаты исследования процесса коррозии арматуры в бетонах на смешанном вяжущем. Определены оптимальные составы смешанных вяжущих, не приводящих к коррозии арматуры. Показано, что замена 20% цемента на активные минеральные добавки не приводит к коррозии арматуры.

Строительная керамика: наука и практика

Н.Е. ВОРОНОВСКИЙ, А.И. КАЙМАКОВ

Перспективы использования глауконитсодержащих пород Татарстана в технологии керамического кирпича 45

Представлены исследования влияния ГСП на технологические и функциональные свойства строительной керамики. Результаты экспериментов подтвердили гипотезу о преимущественном образовании в составах с малым количеством ГСП (5–20%) стекловидной фазы. Улучшение практически всех свойств изделий наблюдается при более низкой температуре обжига. Физико-технические показатели опытной партии кирпича подтверждают, что ГСП могут быть вовлечены в промышленное производство, что повысит эффективность использования природных ресурсов Татарстана.

А.М. САЛАХОВ, Г.Р. ТУКТАРОВА, В.П. МОРОЗОВ

Особенности структурообразования модифицированных керамических масс при сушке и обжиге 47

Представлены исследования использования глинистого мергеля Максимковского месторождения в качестве модифицирующей добавки к красножгущимся глинам Кошачковского и Нижне-Суксинского месторождений Татарстана при производстве строительной керамики. Установлено, что при добавке мергеля снижается чувствительность керамической массы к сушке, повышается пористость изделий, за счет образования волластонита повышается прочность. Освобождающееся из монтмориллонита и других слоистых силикатов железо входит в структуру пироксенов, что позволяет варьировать цветовую гамму керамического черепка от розового до светло-желтого.

М.Г. ГАБИДУЛЛИН, Р.З. РАХИМОВ

Влияние размера пор на термическое сопротивление пористой керамики 49

Приводятся результаты заключительного этапа исследования влияния отдельных составляющих структуры черепка строительной пустотелопористой керамики на ее теплотехнические свойства. Экспериментальным и расчетно-графическим способами доказана возможность целенаправленного регулирования пористости (количества и размеров пор), а следовательно, теплопроводности материалов.

Новый автоматизированный завод фирмы LINGL в США 53

Н.В. КЛЮЧНИКОВА, Е.А. ЛЫМАРЬ, А.М. ЮРЬЕВ

Проблемы совместимости керамической матрицы и металлического наполнителя при изготовлении композитов строительного назначения 54

Представлена работа кафедры неорганической химии БГТУ им. В.Г. Шухова по получению керамических композиционных материалов на основе каолинистых и монтмориллонитовых глин с наполнителем из алюминия. Полученные материалы обладают низкой теплопроводностью, повышенной механической прочностью за счет свойств металлического наполнителя, малой открытой пористостью, малой гидрофобностью и пониженной хрупкостью.

Юбилеи отрасли

Ю.Г. МЕЩЕРЯКОВ, С.В. ФЕДОРОВ

Энергосберегающие технологии переработки фосфогипса и фосфополугидрата 56

Описаны разработки, посвященные использованию отходов – фосфогипса и фосфополугидрата для производства высококачественного гипса, материалов и изделий из него. Приведены примеры практической реализации разработанных технологий.

Материалы и технологии

С.А. САВКИНА

Применение белого портландцемента при производстве сухих строительных смесей 58

Приведена ориентировочная структура потребителей белого портландцемента в России, основные принципы подбора рецептур декоративных сухих смесей с белым портландцементом. Рассмотрены основные условия подбора сырья и требования, предъявляемые к качеству цемента.

О.Б. МЕЖОВ

Пути повышения рентабельности новых механизированных отделочных технологий 60

Рассмотрены некоторые факторы, влияющие на повышение экономической эффективности применения новых технологий штукатурных работ.

Результаты научных исследований

А.М. СУЛЕЙМАНОВ

Работа, старение и разрушение материалов ограждений мягких оболочек 62

Приведены результаты исследований механизма старения и разрушения материалов мягких оболочек под воздействием эксплуатационных факторов. Действие климатических факторов приводит к сложным изменениям свойств материалов во времени, что должно учитываться конструкторами при расчете мягких оболочек. Необходимо дифференцированно подходить к характеру распределения нагрузок для симметричной и несимметричной структуры армирующей основы материала.

Р.В. ЛЕСОВИК, М.С. АГЕЕВА, В.Г. ГОЛИКОВ, Ю.В. ФОМЕНКО

Мелкозернистые бетоны для малых архитектурных форм 66

Рассмотрена возможность применения искусственных песков и мелкозернистых бетонов на их основе для производства малых архитектурных форм (МАФ). Показано, что свойства искусственных песков, бетонных смесей и бетонов с их использованием зависят от многих факторов, обусловленных свойствами исходных пород, способами их измельчения и методами обогащения полученного продукта.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ® №6

приложение к научно-техническому журналу «Строительные Материалы» №11-2005 г.

ВНИМАНИЕ!

С 2006 г. подписка на журнал «Строительные материалы» с приложением «Строительные материалы: technology» осуществляется по индексам:

70886 каталог «Пресса России»

79089 каталог агентства «Роспечать»

СОДЕРЖАНИЕ

В.И. САННИКОВА, Г.В. КУЗНЕЦОВА

Влияние способов обжига известняка на свойства силикатного кирпича 2

Приведены сравнительные характеристики двух способов обжига известняка и свойства полученной извести. При производстве опытных партий силикатного кирпича из извести часть извести заменяли шлаком Камского литейного завода (г. Набережные Челны). Показано, что это приводит к стабилизации процесса прессования, уменьшает возможность образования дефектов при укладке сырца на запорочные вагонетки, снижает количество брака и расход извести.

О.В. ХОХРЯКОВ, Н.Н. МОРОЗОВА, В.Г. ХОЗИН

Монтажный раствор для бессварного соединения железобетонных конструкций 4

Исследованы свойства нового монтажного раствора для бессварного стыкового соединения на основе расширяющегося вяжущего с модифицирующими добавками. Проведенные испытания показали, что узлы каркаса обладают требуемой несущей способностью, жесткостью и трещиностойкостью и соответствуют нормам на проектирование.

А.М. ГРИДЧИН, В.С. СЕВОСТЬЯНОВ, В.С. ЛЕСОВИК,
С.Н. ГЛАГОЛЕВ, С.И. ПЕТРОВ, П.Г. ДУДКО

Технологические комплексы и агрегаты для производства композиционных материалов и изделий 6

Разработанные комплексы и агрегаты могут быть использованы при создании наукоемких технологий и процессов тонкого и сверхтонкого измельчения материалов, гомогенизации композиционных смесей, СВЧ-сушки материалов, производства поризованных заполнителей и теплоизоляционных изделий.

К.С. ИВАНОВ, Н.К. ИВАНОВ

Комплексное использование отходов черной металлургии при изготовлении шлакощелочных мелкозернистых бетонов 9

Приведены результаты исследований возможности использования щелочных силикатов в виде суспензии нерастворимого остатка (СНО) производства жидкого стекла по мокрому способу для получения прессованных шлакощелочных композитов. Приведены результаты испытаний образцов мелкозернистого бетона на основе СНО и хвостов мокрой магнитной сепарации.

М.Ю. МАЛЬКОВА

Керамические материалы на основе доменных шлаков 12

Представлены исследования по использованию доменных гранулированных шлаков в производстве керамических изделий. Изучен кислый шлак ОАО «Челябинский МК» и основной шлак ОАО «Енакиевский МЗ». Описаны химический и фазовый составы шлаков. В качестве матрицы использовались тонкомолотые шлаки, отожающих добавок – отходы формовочных смесей и гранулированный доменный шлак фракции <3 мм, глинистой составляющей – каолинистая глина с примесью монтмориллонита Берлинского месторождения и каолинит-гидрослюдистая глина Лукошкинского месторождения. Исследованы физико-технические свойства образцов с различным содержанием шлака, обожженных при различной температуре. Сделан вывод о возможности применения керамических изделий на основе доменных шлаков в качестве огнестойких материалов с температурой службы до 1200°C, а также о возможности более широкого применения доменных шлаков в производстве керамического кирпича.

А.К. АБДУЛИН, В.Н. ФЕКЛИСТОВ

Технологические аспекты получения пенобетонов низкой плотности 14

Сформулированы технологические требования, предъявляемые к используемым известным ПАВ для получения строительной водовоздушной пены. Экспериментально изучено влияние ПАВ на максимальную кратность и устойчивость получаемых пен, а также на прочность вяжущих, затворенных на растворах ПАВ. Показано существенное влияние различных видов ПАВ на технологические параметры пен и прочность вяжущих.

Не забудьте оформить подписку своевременно!

Телефон/факс: (095) 124-32-96, 124-09-00

E-mail: mail@rifsm.ru

www.rifsm.ru

У
Д
О
Б
Р
О
У
Д
О
Б
Р
О
У
Д
О
Б
Р
О
У



Редакционному совету, редакции,
авторскому коллективу,
читателям журнала
«Строительные материалы»

Уважаемые коллеги!

Торгово-промышленная палата Российской Федерации поздравляет редакционный совет, редакцию, авторский коллектив и читателей научно-технического и производственного журнала «Строительные материалы»® с пятидесятилетним юбилеем.

Многие годы журнал активно пропагандирует все новое и прогрессивное, созданное творческой мыслью и трудом российских ученых, конструкторов, производственников, что снискало ему авторитет среди широких кругов специалистов.

Журнал является признанным лидером в отраслевой научно-технической информации не только в России, странах СНГ, но и за рубежом. Этому в значительной степени способствует многолетняя работа на специализированных выставках, которую редакция активно ведет более тридцати лет. Это направление деятельности неоднократно отмечено дипломами ТПП СССР, медалями ВДНХ СССР, наградами крупнейших отечественных и зарубежных строительных выставок.

Желаем всем, кто создает журнал, продолжать прогрессивные направления в работе, неизменно обеспечивать информационную связь между специалистами-производственниками, учеными, бизнесменами России и зарубежных стран.

**Вице-президент
Торгово-промышленной палаты Российской Федерации**

С.Н. Катырин

Главному редактору
издательства «Стройматериалы»
Рублевской М.Г.
Главному редактору журнала
«Строительные материалы»
Юмашевой Е.И.

Уважаемые коллеги!

Примите поздравления с 50-летним юбилеем журнала всем сотрудникам редакции, авторам и читателям от ассоциации «Железобетон». Мы помним, что создание журнала было тесно связано с развитием в послевоенные годы практически новой производственной подотрасли – промышленности сборного железобетона и крупнопанельного домостроения.

Публикации основоположников бетоноведения и заводской технологии бетонов Б.Г. Скрамтаева, А.Н. Попова, В.Н. Михайлова, С.А. Миронова, С.А. Саталкина, В.И. Сорокера не только заложили фундамент важнейших тематических направлений журнала, но и способствовали формированию высокой культуры работы с научно-техническими статьями, бережно сохраняемыми новым поколением сотрудников редакции.

Будучи официальным органом Министерства промышленности строительных материалов СССР, журнал «Строительные материалы» имел делегированную тематику, которая гармонично дополняла тематику основного научно-технического издания бетонщиков журнала «Бетон и железобетон». Мы с удовлетворением отмечаем, что в новых конкурентных условиях наши базовые издания сохранили партнерские отношения.

Постоянными авторами журнала «Строительные материалы» остаются ученые и специалисты крупнейших исследовательских институтов НИИЖБ, НИИОСП им. Н.М.Герсеванова, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко и др. Имея высокий авторитет среди специалистов и широкую известность среди производственников, журнал продолжает оставаться связующим информационным звеном между учеными и специалистами предприятий промышленности строительных материалов и стройиндустрии. Здоровья вам, счастья и успехов в нелегком труде!

Президент ассоциации «Железобетон»

А.И. Звездов

20 лет

кафедре технологии строительных материалов, изделий и конструкций

Казанского государственного архитектурно-строительного университета

*Настоящее рождается из прошлого,
и все же будущее основывается на настоящем.
Из Пекинской хартии 2000 г.*

Кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций (ТСМИК) создана в 1985 г. путем слияния двух выпускающих кафедр строительно-технологического факультета Казанского инженерно-строительного института (КИСИ) — кафедры технологии производства строительных конструкций и кафедры пластических масс. Вначале она называлась кафедрой технологии строительных конструкций и изделий, а позднее получила свое нынешнее название.

Кафедра технологии производства строительных конструкций была открыта в 1962 г. для подготовки инженеров-технологов-строителей по специальности «Производство бетонных и железобетонных изделий и конструкций для сборного строительства». Возглавлял ее до 1968 г. *Г.К. Чудесенков*, а затем профессор *В.Н. Попко*, проректор по научной работе КИСИ.

Кафедра пластических масс, созданная в 1967 г. ректором КИСИ доктором технических наук, профессором *В.А. Воскресенским*, выпускала инженеров-технологов по специальности «Производство строительных изделий на основе полимеров» и была одной из двух специализированных кафедр такого профиля в СССР.

Со дня основания кафедры ТСМИК и по настоящее время ею руководит ученик *В.А. Воскресенского* — *В.Г. Хозин*. Кафедра является одной из ведущих в университете благодаря накопленному опыту и традициям, заложенным учителями, и высокому научному и педагогическому потенциалу коллектива кафедры.

Являясь единственной выпускающей кафедрой на строительно-технологическом факультете, кафедра ТСМИК готовит инженеров-технологов-строителей для производства строительных материалов, изделий и конструкций по трем специализациям:

- производство бетонных и железобетонных изделий и конструкций — ПБЖК;
- производство стеновых, отделочных и изоляционных изделий и материалов — ПСОИИМ;
- технология строительной керамики — ТСК.

С 1990 г. открыто заочное отделение. Многие выпускники являются ведущими специалистами и руководителями крупных строительных организаций и предприятий не только в Татарстане, но и в других регионах России. Они поддерживают с кафедрой постоянную творческую связь. Например, выпускник, ныне генеральный директор УКСа «КамГЭСэнергострой» *А.Н. Петров* был соискателем ученой степени, защитил кандидатскую диссертацию и уже несколько лет возглавляет государственную экзаменационную комиссию по специальности 290060. Вчерашний аспирант кафедры *И.Р. Сибгатуллин* уже более года возглавляет завод ЖБК.

Кафедра постоянно работает над совершенствованием учебного процесса, над разработкой современных методов обучения, спецкурсов и специализаций в соответствии с требованиями времени. Лекции и другие учебные занятия ведут 20 штатных высококвали-

фицированных преподавателей, из них 4 доктора наук, 14 кандидатов наук, 3 профессора и 11 доцентов. Из 29 преподавателей (включая совместителей) 18 человек являются выпускниками нашего вуза. К учебной деятельности на кафедре привлекаются и ведущие специалисты предприятий стройиндустрии Татарстана, преподаватели других кафедр КГАСУ и других вузов Казани (всего 9 человек), имеющие большой опыт работы. Преподаватели кафедры ведут 29 дисциплин, начиная от общей химии и кончая проектированием предприятий строительной промышленности.

Третья специализация — технология строительной керамики, открытая в 2000/01 учебном году, была востребована жизнью: в Татарстане более 50 заводов керамического кирпича, но технологов-керамиков в строительных вузах России готовят крайне мало. Инициатором и основателем этого направления в подготовке технологов стал профессор *Н.Е. Вороновский*, энергичный в профессиональном творчестве человек, выпускник 1960 г. нашего факультета. Вокруг него образовался круг опытных преподавателей — профессиональных специалистов-керамиков: доценты *В.И. Ремизникова*, *В.И. Санникова*, *И.А. Желжурист*, *О.В. Спирина*. Преподает керамику и недавно защитивший подготовленную на нашей кафедре диссертацию администратор-производственник *А.М. Салахов*.

Стараясь не отставать от темпов развития строительной промышленности, кафедра ТСМИК осваивает новые дисциплины, например «Метрология, стандартизация и сертификация строительной продукции» (доц. *Р.К. Низамов*), «Технология современных оконных конструкций» (доц. *Д.А. Солдатов*), «Химический анализ в производстве строительных материалов» (доц. *Г.Г. Ушакова*), «Основы безотходных технологий» (проф. *В.Г. Хозин*).

Введение новых дисциплин требует большой учебно-методической работы. Это создание новых курсов лекций, разработка и издание учебных пособий, методических указаний к лабораторным и практическим занятиям, производственным практикам, курсовым проектам. Только за прошедшие 5 лет преподавателями кафедры издано через РИО КГАСУ 38 методических указаний, 5 учебных пособий (авторы *Р.К. Низамов*, *Л.А. Абдрахманова*, *Д.А. Солдатов*, *В.С. Изотов*). Одно учебное пособие с грифом АСВ вышло в 2005 г. (*Н.Н. Морозова*, *В.И. Санникова*). Разработано и подготовлено к изданию еще 4 учебных пособия и 16 методических указаний.

Руководство дипломниками (ежегодно 100–110 человек) осуществляет сама кафедра, изредка привлекая работников проектных организаций. Только за последние 4 года кафедра выпустила более 400 инженеров-технологов-строителей, защитивших как инженерные проекты, так и дипломные научно-исследовательские работы, причем доля последних составила 20–25%.

Наука в учебном процессе — традиционная особенность учебного процесса на факультете, заложенная

впервые в нашем вузе основателем кафедры пластических масс проф. В.А. Воскресенским.

Показателями участия студентов в научной работе, отражающими их активность и эффективность работы научных руководителей, являются результаты проводимых в вузе, республике и Федерации научно-технических конференций, профессиональных межвузовских олимпиад и конкурсов научных работ.

Только за последние 5 лет в таких научных состязаниях в Казани, Самаре, Белгороде, Санкт-Петербурге, Новосибирске участвовало более 94 студентов, завоевавших медали, дипломы, премии и почетные грамоты, в том числе Госстроя РФ.

Ежегодно дипломные работы наших выпускников выставляются на межвузовские смотры-конкурсы и часто получают призовые места. Необходимо отметить выпускника нашей кафедры Д.Б. Макарова, с 3-го курса вошедшего в науку, получившего в 2001 г. в Ростове-на-Дону диплом Минвуза РФ и премию Госстроя РФ. Его руководитель доцент А.В. Мурафа «доведал» его до аспирантуры, и ныне кандидат технических наук Д.Б. Макаров — самый молодой и перспективный преподаватель нашей кафедры.

Часть выпускников, проявивших себя в науке, рекомендованных ГЭК в аспирантуру, остаются на кафедре. За последние 5 лет защитили кандидатские диссертации 12 соискателей, из них 9 стали преподавателями родного вуза (в том числе 6 на нашей кафедре). Всего со дня основания кафедры с 1985 г. защищено 18 кандидатских и 2 докторские диссертации (Л.А. Абдрахманова, В.С. Изотов).

Научно-исследовательскую работу преподавателей и аспирантов объединяет общая тематика, сформулированная как «Разработка новых и совершенствование традиционных композиционных строительных материалов (бетоны, пластмассы, керамика) и технологии их переработки в изделия и конструкции». Ежегодный прием в аспирантуру составляет 3–4 человека и, как правило, 1–2 соискателя с производства.

Назовем наиболее значительные научные разработки последних лет:

- *создание нового научного направления в полимерном материаловедении «Структурные основы и технология получения градиентных полимерных материалов с усиленными поверхностными слоями» (Л.А. Абдрахманова, В.Г. Хозин, В.Х. Фахрутдинова, Н.В. Майсурадзе);*
- *разработка комплексных химических добавок для получения беспропорочных и высокопрочных бетонов (В.Г. Хозин, Н.Н. Морозова);* Комплексная технология применения цеолитсодержащих пород Татарстана в производстве неорганических и полимерных строительных материалов (В.С. Изотов, Н.Н. Морозова, Э.И. Нагуманова); Битум-полимерные вяжущие и битумно-водные эмульсии для производства кровельных и дорожно-строительных материалов (В.Г. Хозин, А.В. Мурафа); Битумсодержащие породы Татарстана в производстве строительных материалов и изделий (В.Г. Хозин, Н.Е. Вороновский, В.И. Санникова); Теплоизоляционные материалы на основе растительного сырья и поризованных связующих (Л.А. Абдрахманова, В.Г. Хозин, Д.А. Солдатов); Разработка эффективных пенобетонов (В.Г. Хозин, Н.Н. Морозова, В.В. Кондратьев); Разработка новых дорожно-строительных материалов с применением серы (В.Г. Хозин, А. Фомин); Разработка новых эффективных полимерных строительных материалов с использованием природных ресурсов и техногенных отходов (Л.А. Абдрахманова, В.Г. Хозин, Р.К. Низамов, Э.И. Нагуманова).

Совсем недавно на кафедре зародилось еще одно новое направление в материаловедении — «Химические и физико-химические основы получения гибридных связую-

щих и композиционных материалов на их основе» (руководители — доктора техн. наук В.Г. Хозин и Л.А. Абдрахманова). Его суть — одновременный синтез органо-неорганических соединений на основе соответствующих реакционноспособных олигомеров с получением материалов, сочетающих в себе свойства минеральных и органополимерных продуктов. Тем самым будет заполнен разрыв между многими функционально аналогичными материалами, в частности между ячеистыми бетонами (пено- и газобетонами) и пенопластами (ППС, ППУ и др.), стальной, базальто- и стеклопластиковой арматурой и др. Уже получены первые реальные материалы этих двух типов, находящиеся в стадии патентования.

Общепринятым итогом научной деятельности являются публикации и патенты. За 20 лет сотрудниками кафедры ТСМИК опубликовано 576 статей (в том числе в журнале «Строительные материалы»[®]), получено 46 авторских свидетельств на изобретения и патентов РФ, в том числе 2 болгарских.

Издано 6 научных монографий.

В конце 2004 г. вышла монография (научное издание) «Усиление эпоксидных полимеров» (446 страниц, автор В.Г. Хозин), а в 2003 г. — монография «Производство строительной керамики» (авторы А.М. Салахов, В.И. Ремизникова, О.В. Спирина, А.Ю. Мочалов).

Фундаментальные исследования, как известно, скудно финансируются из средств Минобразования РФ, в том числе гранты (руководители В.Г. Хозин и Л.А. Абдрахманова), а основная доля (1,5–1,8 млн р в год) — средства, зарабатываемые кафедрой на хозяйственной основе с предприятиями.

Строительный бум в Казани в период подготовки к 1000-летию города сопровождался (и продолжает) частыми случаями нарушения строительных норм и претензий заказчиков к строителям и производителям материалов и конструкций. Сотрудники кафедры Н.Н. Морозова, В.С. Изотов, А.И. Матеюнас, Д.А. Солдатов, А.В. Мурафа, В.Г. Хозин, Н.Е. Вороновский постоянно выполняют роль экспертов при разрешении конфликтных ситуаций, связанных с качеством бетона и других строительных материалов, изделий и конструкций.

По инициативе кафедры в Татарстане для целей сертификации и проведения независимых и специализированных испытаний строительных материалов и изделий создан в 1996 г. аккредитованный Госстроем РФ и Госстандартом РФ Испытательный центр «Татстройтест» при КГАСУ (руководитель центра В.Г. Хозин, заместитель Р.К. Низамов). В.Г. Хозин, Р.К. Низамов, В.С. Изотов, Н.Н. Морозова, Д.А. Солдатов являются экспертами, имеющими сертификаты Госстроя РФ.

В номенклатуру продукции, испытываемой лабораторией ИЦ «Татстройтест», входят все виды строительных материалов, изделий и конструкций из керамики, бетона, дерева, стекла, металлов, полимерных материалов. Проводятся сертификационные испытания строительной продукции с выдачей сертификата Госстроя России и Госстандарта. За последние 5 лет проведены испытания более 300 наименований строительной продукции.

Кафедра ТСМИК, продолжая традиции кафедры пластмасс, выступает инициатором и организатором многих научно-технических конференций, семинаров. Проведены Первые (1999 г.) и Вторые (2004 г.) Воскресенские чтения «Полимеры в строительстве» с изданием сборника трудов. В 1997 г. кафедра являлась соорганизатором проведения VI Международной конференции по химии и физико-химии олигомеров «Олигомеры-97» (Казань) совместно с Институтом химической физики им. Н.Н. Семенова РАН (Москва и г. Черноголовка); научно-практического семинара «Проблемы долговечности при сертификации строительной продукции» (Казань, 2003 г.) совместно с Госстроем РФ. Впервые в России ка-

фабра провела в КГАСУ выставку изобретений «Казанская Стройэврика». Толчком для проведения выставок изобретений стало участие В.Г. Хозина совместно с болгарскими коллегами в традиционных мировых выставках интеллектуальной собственности: «Эврика-91» (г. Брюссель), «Imprex-92» (г. Питсбург, США), где были получены соответственно золотая медаль и диплом. На аналогичной выставке в Филиппинах в 1997 г. наша разработка «Соломат» (авторы В.Г. Хозин, А.Н. Петров) была отмечена дипломом, в Софии – золотой медалью (В.Г. Хозин).

Конечно, финалом прикладных работ должно становиться их внедрение в реальное производство. Процесс этот сложный, длительный и болезненный. В период с 2000 по 2004 гг. к такому завершению пришли три разработки кафедры: битум-полимерное вяжущее (патент РФ № 2179986 от 27.02.02 – авторы В.Г. Хозин, А.В. Мурафа, Е.В. Мурузина), на основе которого в ООО «Альтея» было освоено производство нового кровельного материала «Бистерол». В реализации этого проекта принимал активное участие выпускник кафедры. Еще две запатентованные разработки (авторы Р. Корнилов, В.Н. Хозин, Н. Г. Морозова, А. Сальников и др.) – комплексная добавка и вяжущее для беспрогревной технологии цементных бетонов, а также технология сверхлегкого пенобетона внедрены в производство на заводе «Стройизделия» (г. Волжск, Марий-Эл), входящем в фирму «Унистрой» (Казань). Один из разработчиков пенобетона В.В. Кондратьев, защитив диссертацию и проработав на кафедре год, ушел на этот завод директором по производству новых материалов. К сожалению, этот факт закономерен, ибо высшая «нишняя» школа в России перестает быть притягательной сферой деятельности для способных людей.

Реалии нынешнего времени в высшей школе таковы, что сохранить «боеготовность» профессорско-преподавательского и учебно-вспомогательного состава кафедр пока еще можно только за счет высокого профессионализма, гражданского долга и совести, заложенных в нашу кровь, плоть и душу ушедшим советским периодом. В то время достойное (относительно других отраслей) материальное положение и уважение общества и государства к работникам высшей школы и науки обеспечивало жесткий отбор и воспроизводство наиболее талантливых и высоконравственной части интеллигенции страны. В нынешнее время естественное вымирание старого поколения вузовских кадров при слабом притоке достойной молодежи не дает оснований для оптимизма на ближайшую перспективу.

Пагубная в отношении науки и образования политика руководства России, сложившаяся в первые годы социально-экономических преобразований, подрывает материальную базу высшей школы и, что более опасно, раздвигает ее нравственные основы. Тем не менее сплоченный и дружный коллектив кафедры ТСМИК ответственно выполняет свой профессиональный долг. В сложившейся ситуации перед сотрудниками кафедры стоит ответственная задача по формированию будущего поколения инженеров. Ведь приоритет высшего образования доминирует в настоящее время во всех странах, поскольку только специалисты с высшим образованием могут обеспечить реализацию инновационного развития государства. Восточная мудрость гласит: «Если вы думаете на год вперед, посадите семя, если на десять лет – посадите дерево, если вы думаете на сто лет вперед, дайте образование народу!» Это – единственный путь достижения экономического благосостояния и повышения политического потенциала любой страны.



Слева направо стоят – первый ряд: профессор, д-р техн. наук Л.А. Абдрахманова; доц., канд. техн. наук Г.Г. Ушакова; учебный мастер З.М. Исламова; ведущий инженер Г.А. Закирова; доц., канд. техн. наук Э.И. Нагуманова; ассистент, канд. техн. наук Д.Б. Макаров; доц., канд. техн. наук В.И. Санникова; доц., канд. хим. наук Е.А. Резник; доц., канд. техн. наук Н.В. Майсурадзе; уч. мастер Г.Р. Гаязова; аспирант Л.Ш. Сибгатуллина; зав. лабораторией А.М. Хуснутдинов; слева направо стоят – второй ряд: ассистент О.В. Хохряков; доц., канд. техн. наук А.М. Салахов; доц. Ф.З. Габитова; ведущий инженер Н.И. Бобырева; доц., д-р техн. наук В.С. Изотов; доц., канд. техн. наук А.В. Мурафа; доц., канд. техн. наук Р.А. Искандеров; профессор, д-р хим. наук В.Ф. Строганов; доц., канд. техн. наук Д.А. Солдатов; аспирант Н.М. Морозов; ассистент, канд. техн. наук В.В. Кондратьев; слева направо (сидят): доц., канд. хим. наук В.Х. Фахрутдинова; доц. А.И. Матеюнас; проф., канд. техн. наук Н.Е. Вороновский; доц., канд. техн. наук А.В. Бейнарович; доц., канд. техн. наук Р.К. Низамов; профессор, д-р техн. наук заведующий кафедрой В.Г. Хозин; доц., канд. техн. наук Н.Н. Морозова; ассистент, канд. техн. наук И.В. Колесникова; аспирант Э.Р. Субханкулова



В.Г. ХОЗИН, д-р техн. наук,
Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Полимеры в строительстве: границы реального применения, пути совершенствования

Прошедшие годы интенсивных исследований и технологических разработок в производстве полимерных материалов выявили новые возможности и определили границы эффективного применения полимеров. Пожалуй, важнейшим достоинством синтетических полимеров является возможность проектирования макромолекул с предсказуемым комплексом свойств материала на их основе. Это стало реальным благодаря применению принципа аддитивности Хаггинса, на основе которого Ван-Кревелен [1] и А.А. Аскадский [2] разработали практические методы расчета всех технических свойств полимеров по их химическому строению и компьютерного конструирования последних [3]. Благодаря этому теоретически любое сочетание свойств, не противоречащее физическим и химическим законам, можно получить в одном полимере. И хотя возможности синтеза новых полимеров безграничны, технико-экономическая целесообразность ставит пределы его практической реализации, уступая место физико-химической и физической модификации (пластификации, легированию, сплавлению, наполнению, ориентации, УЗ-обработке и т. д.) [4]. На базе 40 промышленных полимеров можно получить практически бесконечное множество разнообразных материалов, в том числе и строительных. Полимеры как материалы (прозрачные пленки, органические стекла, трубы и др.) применяются гораздо реже, чем в виде многокомпонентных систем (пластмасс) и других композиционных материалов — стеклопластиков, бумажно-, древесно-слоистых пластиков, полимербетонов и др.

Органические синтетические полимеры — это длинные линейные, разветвленные, сетчатые или другой топологии огромные цепные гибкие макромолекулы, причем связи между атомами вдоль цепей имеют ковалентную природу, то есть очень прочны и термостабильны. Энергия их составляет 710 кДж/моль. Однако связи между гибкими цепями, составляющие межмолекулярное взаимодействие, имеют другую природу — это водородные, ван-дер-ваальсовы, донорно-акцепторные связи, энергия которых более чем на порядок ниже ковалентных (2–50 кДж/моль). Они очень чувствительны к тепловому движению из-за термофлуктуационной природы. Единично они слабы, но при плотной упаковке молекул параллельно друг другу в кристаллизующихся и особенно в ориентированных полимерах кооперативность межцепных связей обеспечивает высокую прочность и жесткость материала.

Полимеры обладают присущим только им четвертым физическим состоянием конденсированного вещества — высокоэластичностью, обусловленной термодинамической гибкостью макромолекул. Эта способность к большому обратимым (до сотен процентов) деформациям широко используется в технике в изделиях из линейных эластомеров и резин, в частности в герметиках.

Высокая технологичность полимеров при их переработке в изделия, при применении в строительстве и при эксплуатации обусловлена, с одной стороны, низкими температурами размягчения, плавления, а с другой — низкой плотностью — 900–1400 кг/м³.

Применение полимерных материалов позволяет решить кардинальную проблему в строительстве — снижение массы зданий.

При использовании полимерных материалов в покрытиях полов на 100 м² снижение массы строительных конструкций составляет 11–19 т, в отделке стен — 7–13 т, в теплоизоляции стен и кровли — 3,6–3,8 т.

Пластмассы, будучи легкими, сокращают расходы и на монтаж, снижая потребность в тяжелых и энергоемких грузоподъемных механизмах.

При эксплуатации изделий из полимеров нет необходимости в их антикоррозионной защите, окраске, они легко моются и т. д.

Как особый класс материалов со специфическими свойствами полимеры не столько вытесняют и заменяют повсеместно традиционные материалы, сколько в сочетании с последними занимают те позиции, где они незаменимы.

Однако, при всех их достоинствах, полимеры в силу цепного строения молекул и наличия слабых термофлуктуационных межмолекулярных связей имеют принципиальные конструкционные недостатки: малый модуль упругости, повышенную ползучесть, низкие показатели длительной прочности и теплостойкости. Будучи в большинстве своем органическими веществами, они стареют и горят.

В силу этих недостатков, органические полимерные материалы в обозримом будущем не смогут заменить сталь, бетон и железобетон, алюминий в традиционных несущих конструкциях. Для полимеров следует создавать такие конструкции, в которых максимально использовались бы их лучшие показатели — малая плотность, высокая удельная прочность при растяжении и компенсировались указанные выше недостатки. Пример тому тонкостенные криволинейные и многогранные пространственные оболочки, жесткие и мягкие. Высокая геометрическая жесткость первых создают меньшие напряжения в сечении, малые деформации прогиба компенсируют ползучесть и низкую длительную прочность полимера как материала и обеспечивают эксплуатационную жизнеспособность этих конструкций. В мягких двухосно-растянутых оболочках — тентовых, надувных реализуется высокая прочность и жесткость полимерных волокон и пленок при растяжении.

В силу цепного строения макромолекул полимеры при одно- и двухосной вытяжке способны к переходу в высокоориентированное состояние. А для жидкокристаллических и жесткоцепных полимеров высокоориентированное состояние является и термодинамически выгодным. Например, жесткоцепные арамидные волокна имеют высочайшие значения модуля упругости и прочности при растяжении, а высококристаллический полиэтилен в ориентированном состоянии по прочности превосходит сталь. Поэтому конструкции, в которых материал работает на растяжение, предназначены для полимеров, и именно в них они могут успешно конкурировать с другими материалами. В таблице приведены механические свойства волокон из различных материалов.

Современные технические достижения, в том числе и в строительном проектировании, базируются на сочетании и совместной работе в одном изделии или конструкции разных материалов или элементов с разными свойствами и функциями. Такое функциональное разделение дает необычайно высокий эффект в композиционных материалах [5] и в комбинированных конструкциях, например стеклопластиках и сэндвич-панелях [6].

В первую очередь это связующие в конструкционных материалах. И не только реакционноспособные мономеры и олигомеры (смолы), жидкие, технологичные, превращающиеся в густосетчатые теплостойкие и прочные: фурановые, эпоксидные, фенолформальдегидные и другие полимерные матрицы, но и термопласты в виде нитей, порошков и пленок, формируемые горячим прессованием совместно с неорганическим или органическим силовым компонентом (волокнами, тканями, листами, шпоном, порошками и зёрнами). Полимер в композиционном материале — элемент омоноличивания, адгезионно-связанный с «силовым» компонентом, по своей природе механически более податлив, что необходимо для перераспределения механических напряжений. Одновременно полимер изолирует и защищает силовой компонент (волокна, ткани) от внешних агрессивных сред [7].

Еще один тип композиционных материалов получается путем пропитки капиллярно- или волокнисто-пористых материалов жидкими реакционноспособными олигомерами или мономерами с последующим их отверждением в порах. Например, бетонополимеры, импрегнированная стиролом, метилметакрилатом и другими мономерами древесины. Структурной особенностью этих материалов является взаимопроникновение двух непрерывных фаз с огромной поверхностью граничного контакта. Это обеспечивает высокий композиционный эффект взаимодействия и совместной работы, сопротивление механическому разрушению и агрессивным воздействиям. К недостаткам материалов типа взаимопроникающих структур следует отнести технологические трудности их получения.

Особый вид совмещения материалов — комбинированные конструкции, в которых совместно работают два цельных в масштабе изделия элемента из разных материалов, прочно соединенных друг с другом по поверхности контакта. Это трехслойные строительные плиты и панели с жесткими, прочными и тонкими обшивками из металла, стеклопластика, асбоцемента и др. материалов и средним слоем из полимерных пено-, поро- или капиллярнопластов [6]. Разделение силовых функций, где средний слой воспринимает сдвигающие напряжения, обеспечивающие устойчивость тонких сжатых обшивок, выполняет теплоизолирующие функции, а обшивки распределяют нормальные напряжения, защищают слабый термовкладыш от внешних воздействий. Другой тип конструкций — бипластмассовые оболочки (в основном оболочки вращения) — трубы, царги, емкости, состоящие из внутренней химически стойкой оболочки из винилпласта и внешней, несущей — из эпоксидного стеклопластика. Диаметр этих оболочек достигает 3500–4000 мм, а общая длина — многие десятки метров.

Наряду с этими вариантами применения полимеров в конструкционных целях не исчерпан путь прямого усиления их как самостоятельных материалов, способных воспринимать большие механические нагрузки и внешне агрессивные воздействия.

К настоящему времени известны и в разных масштабах используются в технологии переработки полимеров в изделия различные способы химической, физико-химической и физической модификации, изменяющие молекулярную, топологическую, надмолекулярную, а также фазовую структуру [4]. Цель этих способов — увеличение механической прочности, жесткости, теплостойкости, атмосферостойкости. Некоторые из них перечислены ниже.

Легирование — введение малых добавок ПАВ, микронаполнителей.

Наполнение полимеров тонкодисперсными (чаще минеральными) порошками с образованием пограничных слоев полимеров с повышенной когезионной прочностью и ограниченной молекулярной подвижностью.

Антипластификация полярных полимеров растворителями определенного химического строения, повышающая плотность молекулярной упаковки, межмолекулярного взаимодействия.

Получение смесей полимеров с развитой межфазной поверхностью, в частности смесевых термоэластопластов.

Термообработка с целью снятия внутренних напряжений, доупаковки цепей, докристаллизации и перекристаллизации.

Виброакустическая, магнитная обработка олигомеров и мономеров перед отверждением изменяет ассоциатную структуру жидких смол, повышает плотность упаковки и степень отверждения сетчатых полимеров на их основе.

Особое значение имеет *диффузионное поверхностное упрочнение* полимеров, аналогичное широко применяемому в металлообработке, поскольку структура и свойства поверхности материала в изделиях в решающей степени обуславливают их эксплуатационную долговечность. На кафедре ТСМИК КГАСУ впервые разработан способ диффузионного поверхностного усиления линейных и сетчатых полимеров реакционноспособными жидкими олигомерами и мономерами. Исследования закономерности процессов, структура и свойства образующихся градиентных приповерхностных слоев и достигнут высокий эффект усиления.

Велики возможности применения полимеров в качестве модифицирующих добавок в традиционные строительные материалы — бетоны, битумы, когда 0,05–5% полимеров в составе основного материала резко улучшают их технологические и эксплуатационные свойства.

Ниже приведены строительные функциональные ниши, в которых применение полимеров эффективно с технических и экономических точек зрения:

- *материалы и изделия для покрытия полов;*
- *отделочные и конструктивно-отделочные материалы и изделия;*
- *профильно-погонажные изделия*, в том числе в стыках крупнопанельного домостроения, окна из ПВХ-профилей;
- *мастики и клеи;*

Показатель	Арамидное волокно «Кевлар 29»	Углеродное волокно	Стекловолокно	Стальное волокно	Полиэтилен высокоориентированный
Плотность, кг/м ³	1440	1700	2600	7850	970
Прочность при растяжении, МПа	3275	2000–5000	4200	3500	3000–4000
Модуль упругости, МПа	120000–130000	345000	70000–95000	200000	55000–70000

- теплоизоляционные и акустические материалы;
- гидроизоляционные, кровельные и антикоррозионные материалы;
- лакокрасочные, шпаклевочные, штукатурные материалы;
- трубы, фасонные изделия к ним и сантехническое оборудование;
- элементы и конструкции зданий и сооружений;
- стекло- и базальтопластиковая арматура и гибкие связи на эпоксидных, винилэфирных и гибридных связующих;
- полимерные волокна – фибры из полипропилена, полиамида и др. для изготовления фибробетона;
- олигомерные и полимерные функциональные добавки в цементные бетоны и асфальтобетоны.

В настоящее время полимерные материалы во всем мире нашли применение в архитектуре [8]. Однако технико-экономические преимущества полимеров как нового класса строительных материалов еще не могут сами по себе привести к появлению нового качества архитектурных форм. Связь между материалом, технологией и архитектурой обеспечивается не только социально-экономическим и научно-техническим уровнем развития общества, но и его эстетической культурой.

Незакрепленность системы архитектурных форм, влияние дизайна требуют новых материалов. Таковыми являются полимерные материалы.

Сейчас очевидно, что полимеры в новых высокопрочных материалах, тонкостенных оболочках, складчатых пневмо- и тентовых конструкциях, прозрачных пленках, микрочаеистых материалах способствуют приобретению архитектурой новых качеств, свойств «невесомости» и воздушности, прозрачности.

Каждый материал должен применяться там, где его свойства реализуются максимально. Полимеры уже

давно не называют заменителями других материалов, ибо их технико-экономическая эффективность объективно вне конкуренции, так как технически грамотное их применение обеспечивает незаменимость в конкретном месте.

Возможности синтеза новых полимеров и их модификация безграничны и в этом их большая притягательная сила для исследователей – материаловедов-технологов, для конструкторов и архитекторов. Кропотливая работа на этом поприще «обречена» на эффективный положительный результат.

Список литературы

1. Ван-Кревелен Д.В. Свойства и химическое строение полимеров. М.: Химия. 1976. 416 с.
2. Аскадский А.А., Матвеев Ю.И. Химическое строение и физические свойства полимеров. М.: Химия. 1983. 248 с.
3. Аскадский А.А., Кондращенко В.И. Компьютерное материаловедение полимеров. Атомно-молекулярный уровень. М.: Научный мир. 1999. Т. 1. 544 с.
4. Хозин В.Г. Усиление эпоксидных полимеров. Казань: Дом печати. 2004. 446 с.
5. Композиционные материалы: Справочник / Под ред. В.В.Васильева и Ю.М.Тарнопольского. М.: Машиностроение. 1990. 512 с.
6. Губенко А.Б. Строительные конструкции с применением пластмасс. М.: Стройиздат. 1970. 270 с.
7. Промышленные полимерные композиционные материалы / Под ред. М.Ричардсона. М.: Химия. 1980. 472 с.
8. Айрапетов Д.П.и др. Пластмассы в архитектуре. М.: Стройиздат. 1981. 190 с.

Испытательный центр «ТАТСТРОЙТЕСТ»

при Казанском государственном архитектурно-строительном университете
аккредитован в системе сертификации России – ГОСТ Р № РОСС RU.9001.22Л28
На рынке сертификации строительных материалов, изделий и конструкций России с 1996 года

Область аккредитации ИЦ «Татстройтест»:

- ◆ бетонные и железобетонные изделия и конструкции, в т.ч. из легких и ячеистых бетонов;
- ◆ деревянные изделия и конструкции;
- ◆ металлические конструкции и арматурные изделия;
- ◆ вяжущие и заполнители;
- ◆ стеновые и перегородочные изделия;
- ◆ окна деревянные, пластиковые, алюминиевые и деревоалюминиевые, стеклопакеты;
- ◆ гидроизоляционные, кровельные материалы и герметики;
- ◆ тепло- и звукоизоляционные материалы и изделия;
- ◆ дорожные материалы и изделия;
- ◆ отделочные материалы;
- ◆ другие изделия и конструкции (композиционные и комбинированные, например сэндвич-панели).

Центр оснащен современным испытательным оборудованием, приборами и установками, в его состав входят:

- ❖ уникальная лаборатория климатических испытаний и прогнозирования долговечности;
- ❖ лаборатория акустических испытаний изделий и конструкций.

ИЦ «Татстройтест» проводит:

- ❖ экспертные испытания и обследования конструкций;
- ❖ научные исследования;
- ❖ разрабатывает методики испытаний.

При участии специалистов центра разработан ГОСТ 30973-2002 «Профили поливинилхлоридные для оконных и дверных блоков. Метод определения сопротивления климатическим воздействиям и оценки долговечности».

ГИБКИЕ ЦЕНЫ!

420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1,
КГАСУ, кафедра ТСМИК ИЦ «Татстройтест»
Телефон/факс: (843)238-39-13, (843)510-46-81



Л.А. Абдрахманова



В.Х. Фахрутдинова



Н.В. Майсурадзе

Л.А. АБДРАХМАНОВА,
д-р техн. наук,
В.Х. ФАХРУТДИНОВА,
канд. хим. наук,
Н.В. МАЙСУРАДЗЕ, канд. техн. наук,
В.Г. ХОЗИН, д-р техн. наук,
Казанский государственный
архитектурно-строительный
университет

Перспективы поверхностного усиления полимерных строительных материалов методом диффузионной модификации

Поверхностные свойства полимерных материалов играют определяющую роль в случаях, когда конструкции или их детали работают в агрессивных средах, подвергаются абразивному износу, трению, царапанию, тепловому воздействию или облучению. Для обеспечения надежности и долговечности при эксплуатации в этих условиях необходима структурная модификация материала, максимально усиливающая ответственную часть полимерного изделия — его поверхностный слой.

Из возможных способов наиболее эффективным является поверхностная обработка различными жидкими реагентами. В результате диффузии жидкости в полимерный материал образуется модифицированный поверхностный слой с изменяемыми по его толщине структурой и свойствами, то есть градиентный слой [1]. В этом случае создается не столько защитное покрытие, сколько новый слой модифицированного полимера с убывающей в глубину объема базового материала концентрацией модификатора. Изменяя температурно-временные параметры диффузионной пропитки, можно регулировать глубину проникания и тем самым толщину поверхностного градиентного слоя. Эффективность диффузионного метода, позволяющего заполнять низкомолекулярным веществом поры в структуре полимера, несомненна. При использовании в качестве диффузанта реакционноспособных олигомеров можно создать после их отверждения в матрице базового полимера градиентные взаимопроникающие сетки (ВПС).

Градиентные ВПС — это смеси трехмерных полимеров, концентрация компонентов которых изменяется по сечению образца. Системы такого типа могут быть получены методом последовательного отверждения, в котором набухание предварительно сформированного первого полимера в мономерах прекращают на определенной стадии, не доводя до равновесия, и проводят полимеризацию с получением второго полимера, концентрация которого в матричном полимере меняется от поверхности в его глубину. В результате формируются системы, свойства которых отличаются как от свойств индивидуальных полимеров, так и от ВПС, полученных традиционным способом. Если матричный полимер является линейным, то образуются структуры типа полуВПС.

Метод последовательного отверждения при получении композиционных материалов является, таким образом, одним из эффективных способов усиления поверхностных слоев полимеров.

Основы усиления поверхности полимерных изделий путем создания градиентных структур типа ВПС обусловлены исходной неоднородностью полимера на надмолекулярном уровне. Межглобулярные области стеклообразных полимеров имеют меньшую плотность упаковки молекул, большую дефектность, в том числе дефектные участки самих макромолекул. Именно эти слабые зоны полимерного материала и необходимо усилить. А так как они наиболее доступны для диффузионного набухания, то это создает предпосылки для модификации полимеров сорбированными отверждающимися мономерами и олигомерами.

С 90-х годов XX столетия в КазГАСу начали проводить исследования закономерностей и механизма диффузионной поверхностной модификации линейных и сетчатых полимеров реакционноспособными олигомерами для получения новых композиционных материалов градиентного типа с улучшенными эксплуатационно-техническими показателями. Разработан принципиально новый метод модификации полимеров в изделиях, позволяющий решить задачу усиления их поверхности в широких пределах регулировать свойства, в частности поверхностную твердость, износостойкость, стойкость к гидроабразивному износу и диффузионному прониканию химически агрессивных сред. Метод намного эффективнее и экономичнее объемной модификации (расход реакционноспособного модификатора сокращается в 3–10 раз). На протяжении последних 20 лет разработаны [2–7] физико-химические и химические основы технологии получения градиентных композиционных материалов на базе линейных и сетчатых полимеров (на примере поливинилхлорида и эпоксидных полимеров) путем их диффузионной модификации реакционноспособными фурановыми соединениями, приводящей к формированию усиленных поверхностных слоев со структурой взаимопроникающих сеток; выявлены особенности формирования градиентных слоев, предложены их структурные модели, учитывающие неоднородность топологической и надмолекулярной структуры базовых полимеров. При этом получены следующие результаты:

- установлены общие кинетические закономерности и особенности диффузии и сорбции фурановых олигомеров в ПВХ, определены оптимальные условия получения градиентных слоев;
- измерены термодинамические параметры систем ПВХ-фурановый олигомер, построены диаграммы их

Показатели	Исходный ПВХ	Объемная модификация фурановым олигомером	Поверхностная модификация фурановым олигомером	
			без катализатора	с катализатором 2% SnCl ₂
Содержание фуранового олигомера в ПВХ, мас. %	–	20	2	2
Температура стеклования, °С	81	87	108	118
Разрушающее напряжение при растяжении, МПа	49	60	68	65
Микротвердость, кг/мм ²	18	4	38	58
Твердость по Бринеллю, МПа	140	180	215	240
Истираемость, %	22	14	8	6
Потери массы в дистиллированной воде	0,25	0,22	–	0,18
10% FeCl ₃	0,16	0,12		0,08
80% уксусной кислоте	0,25	0,19		0,16

- фазового состояния, выполнен их термодинамический анализ в рамках усовершенствованной теории Флори;
- установлены все виды химических превращений фурановых соединений, диффундировавших в матрицу ПВХ. Обнаружено, что образование фазы сетчатого полимера может происходить за счет каталитического действия хлористого водорода, выделяющегося при термомодификации поливинилхлорида;
 - установлен химический состав градиентных слоев и изменение концентрации фуранового олигомера в них, определен градиент структуры и свойств модифицированного ПВХ, выведены уравнения изменения свойств по толщине поверхностных слоев;
 - получены количественные характеристики диффузионного набухания эпоксидных полимеров в реакционноспособных фурановых соединениях. Найдена корреляция между основными диффузионно-сорбционными параметрами (начальный коэффициент диффузии, степень набухания по массе и объему, глубина проникания и концентрация диффузанта в поверхностном слое) и топологической структурой эпоксидных полимеров;
 - предложен параметр оценки эффективности поглощения модификатора сетчатым полимером, являющийся инвариантным к изменению топологической структуры и зависящий только от условий диффузионного набухания;
 - показано, что эффект усиления при диффузионной модификации эпоксидных полимеров может проявляться в области малых доз сорбированного олигомера (0,3–0,6 мас. %) без его отверждения;
 - предложены и экспериментально подтверждены три варианта каталитического отверждения фуранового диффузанта в поверхностных слоях эпоксидных полимеров;
 - разработаны обобщающие схемы возникновения и изменения внутренних напряжений в эпоксидных покрытиях при диффузионной модификации, выявлен механизм снижения их уровня, основанный на компенсации усадочных деформаций при набухании полимерного покрытия.

Диффузионный способ введения олигомера по результатам превосходит обычную технологию «объемного» совмещения, что следует, например, из данных, приведенных в таблице для материалов из ПВХ.

Выявленные закономерности диффузионной модификации применимы не только к эпоксидным полиме-

рам и поливинилхлориду, но и к более широкому кругу полимеров и материалов на их основе как эффективный метод поверхностного усиления. В первую очередь это касается полярных полимеров.

Дальнейшие исследования в этом направлении проводили на примере других типов полимеров, в частности линейного полиметилметакрилата и наполненных эпоксидных полимеров [8].

Для полиметилметакрилата (ПММА) – органического стекла – характерно поверхностное растрескивание (образование «серебра»), которое может привести к развитию трещин до глубины 1–2 мм и более. В условиях искусственного и естественного старения, испарения низкомолекулярных веществ, действия различных внешних факторов образуются значительные дефекты, вызывающие изменение физико-механических, оптических и других свойств органических стекол. При возникновении мелких трещин чрезвычайно важную роль играют факторы, снижающие прочность поверхностного слоя стекла. Особенно заметно влияние органических растворителей, приводящих к появлению мелких трещин – «серебра».

Создание на поверхности градиентного слоя из полиэфиракрилата путем диффузионной модификации листового ПММА олигоэфиракрилатами должно способствовать повышению теплостойкости и стойкости к действию растворителей. Ранее такие работы не проводились.

Выбор олигоэфиракрилатов для модификации обусловлен как близостью химического строения их с ПММА, так и высоким комплексом технических свойств полимеров на их основе. Для диффузионной модификации использованы этиленгликольдиметакрилат (EGDMA), триэтиленгликольдиметакрилат (TEGDMA) и полиэтиленгликольдиметакрилат с молекулярной массой 400 (PEGDMA).

Исследования показали, что чем выше молекулярная масса олигоэфиракрилата, тем меньше глубина проникания его в матрицу ПММА. Сравнение этих данных с результатами по степени набухания позволяет говорить о большей локальной концентрации в поверхностных слоях олигомеров с большей молекулярной массой (PEGDMA и TGEDMA), так как при большей степени набухания образцов глубина проникновения олигомера меньше. Экстремальная зависимость концентрации олигомера от глубины проникания, очевидно, обусловлена изменениями в структуре ПММА при

диффузии олигомеров и их полимеризации в поверхностных слоях. Идентификацию образующихся структур проводили с помощью спектров ПМР. В качестве растворителей образцов использовали дейтерированный ацетон. Исследованы образцы с разной степенью набухания. Обработка спектров ПМР и определение отношения интенсивности характеристических полос к базовой подтвердили факт полимеризации олигомера в поверхностных слоях ПММА, которая наблюдается только при наступлении в них «пороговой» концентрации олигомера. Локальная концентрация олигомера в поверхностных слоях, при которой начинается полимеризация, составляет 15–20 мас. %, что соответствует степени набухания полимера в олигоэфиракрилате 6–9 мас. %. При дальнейшем увеличении степени набухания доля незаполимеризованного олигомера в поверхностных слоях уменьшается ввиду его перехода в сетчатый полимер.

Таким образом, проведенные исследования структуры градиентной ПММА позволяют говорить об особенностях его диффузионной модификации, выраженной в аномальной зависимости концентрации олигомера в поверхностных слоях от глубины проникания олигомера в полимер, по сравнению с ранее выявленными закономерностями по диффузионной модификации ПВХ реакционноспособными олигомерами, в частности фурановыми, в которых с увеличением глубины проникания олигомера концентрация его в поверхностных слоях ПВХ монотонно снижается. Причины такого поведения при диффузионной модификации ПММА могут быть объяснены кинетикой полимеризации олигоэфиракрилатов, протекающей по радикальному механизму и в значительной степени зависящей от вязкости среды.

Эпоксидные материалы в строительной технологии используют в основном в наполненном виде. Закономерности модификации эпоксидных полимеров в чистом виде и в наполненных композициях могут значительно различаться, поэтому они требуют специального рассмотрения. Проведены исследования по диффузионной модификации эпоксидных полимеров, полученных в присутствии дешевых активных минеральных наполнителей – шлама химводоочистки в технологии ТЭЦ (так называемый желтый мел) и цеолитсодержащей породы (ЦСП), а также, для сравнения, цемента.

«Желтый мел» содержит более 64 мас. % карбоната кальция и 24% гидроксида магния. Прокаленный шлам имеет высокую удельную поверхность до 10000 см²/г. ЦСП – горная естественная минеральная порода с содержанием от 15 до 28 мас. % цеолита, до 20% аморфного кремнезема и до 50% глинистых компонентов. Удельная поверхность наполнителя 5000 см²/г. В качестве наполнителя использовали портландцемент марки 400 с удельной поверхностью 5000 см²/г. Наполнители вводили в количестве 5, 10, 15 и 20 мас. %.

Следует отметить, что при аналогичных условиях набухания (температура, время, природа эпоксидного полимера) для наполненных эпоксидных композитов степень набухания, в частности в фурановых олигомерах, выше, чем в ненаполненных.

Для анализа процессов диффузии традиционно применена модель «двойной сорбции». На первой стадии наблюдается более высокая скорость проникновения диффузанта, а на второй, более полой, происходит медленное приближение к равновесному значению, которое может достигаться очень долго. Таким образом, при выбранных режимах эксперимента наблюдалось не равновесное, а лишь асимптотически предельное значение степени набухания. Сорбция и набухание в начальной стадии, когда фронт диффундирующего вещества не достигает центра образца, описывается болцмановским решением уравнения диффузии в полубесконечной сре-

де. Были вычислены начальные коэффициенты диффузии олигомера. Например, для случая наполнения эпоксидных полимеров ЦСП в количестве 0, 5, 10, 15 и 20 мас. % коэффициенты диффузии фуранового олигомера при 80°C составляют соответственно 0,67·10⁻¹²; 0,87·10⁻¹²; 0,91·10⁻¹²; 0,84·10⁻¹²; 0,69·10⁻¹² м²/с.

Зависимость скорости диффузионного набухания от концентрации наполнителя является экстремальной. Практически при максимальных значениях коэффициента диффузии и максимальной степени набухания весь полимер переходит в состояние граничного слоя, при этом плотность полимера оказывается минимальной. Далее при увеличении концентрации наполнителя средняя плотность полимера в граничных слоях возрастает благодаря адсорбционному взаимодействию, приближаясь к плотности полимера в объеме. Именно при малом наполнении возрастает скорость диффузии олигомера.

Влияние природы наполнителя начинает сказываться при больших концентрациях, когда возрастает роль адсорбционного взаимодействия. По степени влияния наполнителей на величину набухания полимеров в фурановом олигомере их можно расположить в следующий ряд в порядке возрастания: цемент – ЦСП – «желтый мел».

Таким образом, метод диффузионной обработки наполненных эпоксидных полимеров может быть более эффективным по сравнению с ненаполненными полимерами с точки зрения увеличения степени набухания. Это позволит в значительной степени сократить технологический цикл обработки. Следует ожидать уменьшения неоднородности микрогетерогенной структуры наполненных полимеров и, как следствие, повышения физико-механических свойств.

Таким образом, на примере нескольких видов линейных и сетчатых полимеров показана эффективность весьма важного способа усиления полимерных материалов. Вышеизложенное обуславливает перспективность и целесообразность развития научных и прикладных исследований в этом направлении.

Список литературы

1. *Липатов Ю.С., Сергеева Л.М., Новикова О.А.* Модифицирование полиамидных волокон путем образования в поверхностном слое взаимопроникающей полимерной сетки // Хим. волокна. 1983. Т. 4. С. 14–16.
2. *Абдрахманова Л.А., Фахрутдинова В.Х., Хозин В.Г.* Поверхностная модификация изделий из ПВХ фурановыми олигомерами // Пласт. массы. 1993. № 1. С. 17–18.
3. *Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г.* Термодинамика бинарных смесей ПВХ-фурановый пластификатор // Журнал прикл. химии. 1996. Т. 69. № 3. С. 486–489.
4. *Хозин В.Г., Абдрахманова Л.А.* Поверхностное усиление полимерных строительных материалов // Изв. вузов. Строительство. Вып. 2. 1994. С. 33–40.
5. *Абдрахманова Л.А., Фахрутдинова В.Х., Хозин В.Г.* Обработка ПВХ-изделий реакционноспособными олигомерами // Пласт. массы. 1995. № 4. С. 30–31.
6. *Abdrachmanova L.A., Khozin V.G.* New semi-interpenetrating networks based on vinyl and furan polymers // *Ukreiner Polym. Journal.* 1995. Vol. 4. № 3–4. P. 193–199.
7. *Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г., Майсурадзе Н.В.* Разработка способа усиления эпоксидных полимерных материалов // Изв. вузов. Строительство. 1999. № 5. С. 34–39.
8. *Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г.* Диффузионная модификация наполненных эпоксидных полимеров // Изв. вузов. Строительство. 2001. № 9–10. С. 44–49.



Р.К. Низамов



Э.И. Нагуманова

Р.К. НИЗАМОВ, канд. техн. наук, Э.И. НАГУМАНОВА, канд. техн. наук, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Ф.А. ТРОФИМОВА, ст. научн. сотр., Т.З. ЛЫГИНА, д-р. геол.-минер. наук, Центральный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых (Казань)



Ф.А. Трофимова



Т.З. Лыгина

Эффективность применения наполнителей на основе глауконитсодержащих пород для поливинилхлоридных композиций

Никакой другой полимер не может сравниться с поливинилхлоридом (ПВХ) по оптимальному соотношению его стоимости и эксплуатационных свойств. На его основе получают порядка 3500–4000 видов материалов и изделий как жестких, так и пластифицированных. Среди них наиболее многочисленными являются материалы и изделия строительного назначения для покрытия полов, отделочные и конструкционно-отделочные материалы, профильно-погонажные изделия, трубы и т. д. В мировом масштабе 49% используемых в строительстве полимеров составляет ПВХ. Потребление ПВХ в строительной промышленности составляет 30% от общего объема ПВХ, ежегодно потребляемого в мире. Необходимо отметить, что ПВХ — полимер, исключительно способный к различным видам модификации.

В ПВХ-композициях для производства линолеума, пленок, профильных изделий, кроме ПВХ как главного компонента содержатся пластификаторы, наполнители, стабилизаторы, пигменты, красители и ряд технологических добавок.

Глауконит относится к числу тех минеральных объектов, интерес к изучению которых со временем не ослабевает. Причина этого заключается в особенностях его минерального состава, разнообразии химических характеристик. Встречается глауконит в осадочных породах: глауконитсодержащих песчаниках, известняках, мергелях.

В настоящее время в Республике Татарстан разведаны и разрабатываются два месторождения фосфоритов — Сюндюковское и Вожжинское с ресурсом глауконитсодержащих пород (ГСП) более 3000 тыс. т. В основном они представлены песчаниками.

Целью исследований явилась оценка возможности и эффективности использования ГСП этих месторождений в качестве наполнителей-пигментов для производства ПВХ-линолеума. При этом опробованы необоженные и обожженные пески, так как в процессе обжига происходит изменение цветовой гаммы от зеленовато-оливковых до красно-коричневых тонов.

Глауконитсодержащие породы перед использованием просеивали через сито 008. Фракция менее 008 составляет в песках Сюндюковского месторождения 69 мас. %, а Вожжинского — 73 мас. %. В связи с этим была рассмотрена возможность использования данной фракции ГСП в составе рецептур ПВХ-материалов без предварительного помола. Были проанализированы физико-химические свойства песков необоженных и после обжига при температурах 600, 800 и 1000°C в течение 2 ч. Основное внимание было уделено влиянию гранулометрического состава, а также изменению состояния железосодержащих минералов в породе на показатели ПВХ-материалов. Наблюдаемые эффекты рассмотрены с позиций изменения минерального состава ГСП при обжиге, что оказывает влияние на модифицирующие свойства наполнителя-пигмента.

При исследовании физико-химических характеристик были применены следующие методы:

- лазерный микродифференциальный анализ на установке ANALYSETTE 22 (фирма «Fritch») для оценки распределения частиц проб по размерам и удельной поверхности;
- дифференциальный термоманитный анализ (ДТМА) на авторегистрирующих крутильных

магнитных весах [1] для оценки фазовых превращений железосодержащих ферромагнитных и некоторых парамагнитных минералов при обжиге пород;

- рентгенофазовый анализ (РФА) на рентгеновском дифрактометре DS-ADVANCE (фирмы «Bruker») для характеристики минерального состава пород обоих месторождений;
- химический анализ состава пород на спектрометре ОПТИМА 2000DV;
- фотолюминесцентная спектроскопия с помощью оптико-спектроскопического комплекса «СКАН-1» при комнатной температуре в области 400–800 нм для выявления оптических центров и природы эффекта окрашивания ПВХ-материалов обожженными и необоженными породами.

По химическому составу ГСП Сюндюковского и Вожжинского месторождений практически не отличаются. Вариации в содержании основных породообразующих оксидов незначительны. Можно отметить только несколько большее содержание оксида натрия и фосфора в породе Вожжинского месторождения. Из сравнения химического состава пород можно предположить, что они будут оказывать аналогичное модифицирующее действие, особенно на такие свойства, как термо- и цвето-стабильность образцов ПВХ.

По минеральному составу породы также практически идентичны. Они представлены в основном кварцем, полевыми шпатами, глинистыми минералами и содержат собственно глауконит порядка 15–18%. Обжиг при температуре 600 и 800°C не выявил заметных изменений на дифрактограммах. При 1000°C наблюдается появление фа-

Показатели	Температура обжига проб Сюдюковского месторождения (перед чертой) и Вожжинского месторождения (за чертой), °С			
	до обжига	600	800	1000
Удельная поверхность, см ² /г	5300/5800	3000/3200	2900/3000	1900/1800
Выход фракции 50–100 мкм, %	70/80	60/80	60/70	55/65

зы гематита (основные диагностические рефлексы 4,25; 2,7–2,5; 1,84–1,48 Å), причем относительное его количество в породе Вожжинского месторождения в 1,5 раза выше, чем в Сюдюковском.

Пороговая чувствительность к минералам группы железа рентгенофазового анализа довольно высока, поэтому с целью увеличения чувствительности для анализа превращений железистых минералов использован метод ДТМА, который позволяет фиксировать тысячные доли процента по магнетиту. Проведенные исследования выявили различия при температурных воздействиях на породы двух месторождений.

В исходном состоянии породы обоих месторождений характеризуются относительно небольшой индуктивной намагниченностью. Отсутствие каких-либо значительных термомагнитных эффектов при нагреве свидетельствует о нанокристаллическом размере частиц ферромагнетиков. Обжиг при 600°С в пробе Сюдюковского месторождения выявил образование магнетита из наночастиц гематита. Но в количественном отношении это микропримеси, которые не распознаются рентгенофазовым анализом и вряд ли могут оказывать какое-либо специфическое влияние на свойства ПВХ-композиций. В пробах Вожжинского месторождения, обожженных при 600 и 800°С, не наблюдается присутствия магнетита и раскристаллизованного гематита, хотя намагниченность также возрастает.

Наибольшие изменения наблюдаются в образцах, подвергнутых обжигу при 1000°С. Намагниченность увеличивается в 6 раз по сравнению с первоначальной. Магнетит не обнаруживается, так как, очевидно, окисляется до гематита. Можно утверждать, что при обжиге произошла перекристаллизация железосодержащих минералов с образованием феррита, в пользу чего свидетельствует четко фиксированная точка Кюри при температуре 230°С. В образцах Вожжинского месторождения выявлена двухфазность системы, характеризующей ферриты. Хотя эти различия выявлены на уровне микроколичеств магнетита, гематита и феррита, они могут повлиять на модифицирующее действие ГСП, обожженных при 1000°С.

Наиболее значительное влияние на свойства ПВХ-композиций оказывает удельная поверхность частиц наполнителя. Поэтому было изучено распределение частиц по размерам и оценена удельная поверхность частиц ГСП до и после обжига. Распределение частиц по размерам показало, что изученная фракция пород достаточно одно-

родна по размерам, причем с ростом температуры обжига растет размер частиц, но кривая распределения становится более узкой. В табл. 1 представлены результаты определения удельной поверхности и средний выход фракции размером от 50 до 100 мкм с помощью лазерного микрофракционного анализа.

Из представленных данных следует, что при обжиге до 1000°С удельная поверхность частиц значительно уменьшается. Очевидно, происходит спекание и укрупнение первоначальных частиц породы. Влияние дисперсности должно в первую очередь сказаться как на перерабатываемости полимерных композиций, так и на укрывистости окрашивающего наполнителя.

Сравнение спектров фотолуминесценции ГСП показало, что набор оптических центров, излучающих в области 400–800 нм, для исходных образцов двух месторождений практически одинаков. По мере увеличения температуры обжига характер спектров меняется, что видно по смещению максимумов излучения по сравнению с необожженными образцами (рис. 1). Пересечение и дальнейшее расхождение двух зависимостей в точке 800°С указывает на то, что процесс окисления ионов железа в собственно глауконитах прошел и начинается окисление ионов железа в кварце. Повышение температуры обжига до 1000°С приводит к полному окислению железа в ГСП. Процессы окисления ионов железа в пробе ГСП Вожжинского месторождения идут более интенсивно. Характер

кривой указывает, что протекают процессы, разные по природе окисления, что подтверждается и результатами ДТМА.

На основании полученных данных и анализа физико-химических свойств ГСП было рассмотрено их модифицирующее действие на свойства ПВХ-композиций.

Эффективность использования ГСП для модификации ПВХ оценивали на пленочных образцах, полученных методом вальцевания и содержащих 40 мас. ч. диоктилфталата и 3 мас. ч. стеарата кальция на 100 мас. ч. полимера. Содержание наполнителей варьировали от 10 до 50 мас. ч.

По характеру изменения деформативно-прочностных показателей ПВХ при введении ГСП было установлено, что как обожженный, так и необожженный ГСП ведут себя как инертные наполнители.

С увеличением количества ГСП прочность и относительное удлинение ПВХ-пленок снижаются, причем в большей степени при введении обожженной ГСП. Укрупнение частиц породы при обжиге закономерно ухудшает механические показатели пленок.

Температура обжига породы значительно влияет на текучесть расплавов ПВХ-композиций (рис. 2). В области больших количеств наполнителя (более 30 мас. ч. на 100 мас. ч. ПВХ) текучесть расплавов существенно повышается в случае введения необожженного ГСП. Обжиг наполнителя снижает его влияние на текучесть, а при температуре обжига 1000°С эффект повышения текучести при больших количествах ГСП не проявляется.

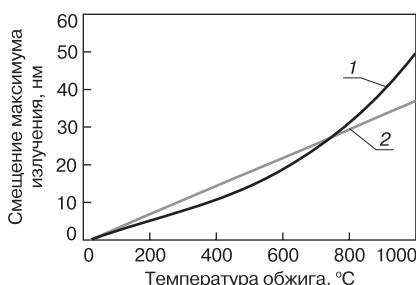


Рис. 1. Смещение максимумов излучения проб ГСП Вожжинского (1) и Сюдюковского (2) месторождений в зависимости от температуры обжига

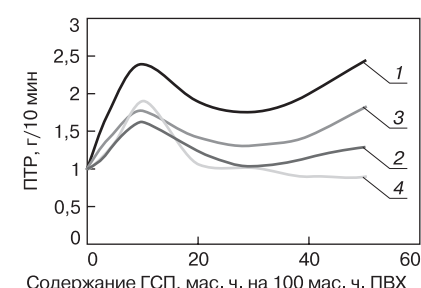


Рис. 2. Зависимость показателя текучести расплавов ПВХ-композиций от содержания ГСП Сюдюковского месторождения: 1 – без обжига; 2, 3, 4 – обжиг при температурах 600, 800, 1000°С соответственно

Показатели	Состав ПВХ-композиции (100 мас. ч. ПВХ + 30 мас.ч. ГСП)			
	ГСП Сюндюковского месторождения		ГСП Вожжинского месторождения	
	исходное	после обжига при 1000°C	исходное	после обжига при 1000°C
Прочность при растяжении, МПа	12	9	11	10
Термостабильность, мин	15	10	15	9
Показатель текучести расплава, г/10 мин	1,7	0,9	0,8	1,1
Водопоглощение, мас. % за 24 ч	0,87	0,32	0,7	0,17

Характерным для концентрации зависимости показателя текучести расплава является наличие области экстремального повышения текучести расплава при введении ГСП в количествах 10 мас. ч. на 100 мас. ч. ПВХ, причем этот эффект наблюдается для всех образцов, независимо от температуры обжига. Вместе с тем величина относительного изменения показателя текучести расплава в экстремальной точке зависит от температуры обжига ГСП. Подобный эффект роста текучести расплава в области малых доз наполнителя объясняют [3] увеличением свободного объема за счет разрыхления структуры полимера в граничных слоях.

Характерным для глауконитовой породы является ее незначительное влияние на термостабильность ПВХ. Это, очевидно, связано с низкой сорбционной активностью ГСП по отношению к хлористому водороду, выделяющемуся при термодеструкции ПВХ в процессе переработки. Возможно, это связано и с тем, что собственно глауконит составляет менее 20% от общей массы породы, а большая часть — это кварцевый песок, который не оказывает положительного влияния на термостабильность ПВХ.

Существенно положительным результатом обжига ГСП является снижение водопоглощения ПВХ-пленок в сравнении с водопоглощением пленок, наполненных исходной породой (рис. 3). При этом чем выше температура обжига породы, тем ниже водопоглощение ПВХ-пленок. Такая закономерность отличает обожженную ГСП от большинства тонкодисперсных наполнителей, присутствие которых снижает устойчивость ПВХ-материалов к действию воды. Примечательно то, что этот эффект проявляется при достаточно низких значениях удельной поверхности наполнителя (1800–1900 см²/г), то есть если наполнители относятся к наполнителям средней степени дисперсности, а не к высокодисперсным.

Таким образом, полученные различия в свойствах ПВХ-композиций, наполненных исходной и обо-

женной ГСП, можно объяснить как изменением степени дисперсности их при обжиге, так и изменениями в фазовой структуре пород.

Исследования, проведенные с ГСП Вожжинского месторождения, показали аналогичный характер изменения свойств наполненных этой породой ПВХ-композиций. Сравнительный анализ влияния ГСП двух месторождений на свойства ПВХ-композиций представлен в табл. 2.

Из этих данных следует, что механические свойства ПВХ-пленок выше с исходной ГСП Сюндюковского месторождения. Повышение температуры обжига до 1000°C ведет к заметному падению прочности и относительного удлинения, чем в случае применения необожженной ГСП. Здесь определяющим фактором является дисперсность. Исходная ГСП Сюндюковского месторождения характеризуется большей удельной поверхностью, а после обжига удельная поверхность частиц выше для ГСП Вожжинского месторождения.

Показатель текучести расплава ПВХ-композиций выше с применением ГСП Сюндюковского месторождения, за исключением показателя текучести с ГСП, обожженной при 1000°C. Очевидно, и в этом случае модифицирующее действие в основном определяется дисперсностью частиц наполнителя.

Более низкая термостабильность при использовании ГСП Вожжинского месторождения объясняется преобладанием в ней железистых минералов в виде гематитов, а не магнетитов, которые оказывают большее стабилизирующее действие на полимеры [2].

Водопоглощение ПВХ-пленок относительно ниже при наполнении ГСП Вожжинского месторождения во всех случаях как необожженной, так и обожженной песком. Очевидно, это связано с минеральным со-

ставом пород: в сюндюковских ГСП присутствуют примеси гипса, кальцита и несколько больше глинистых минералов.

Интенсивность окрашивания и сочность цветовой гаммы при введении равных количеств исходных пород выше при применении песков Вожжинского месторождения, а после обжига, наоборот, пески Сюндюковского месторождения дают более интенсивную окраску ПВХ-пленок от кирпичного цвета до различных оттенков красного цвета. Можно отметить отсутствие корреляции интенсивности окрашивания с размером частиц. Очевидно, на первый план выходит наличие оптически активных центров в породах. Среди таких центров могут быть в первую очередь переходные элементы группы железа, в частности Fe³⁺, а их больше, как показали данные ДТМА и фотoluminesцентной спектроскопии, в породах Вожжинского месторождения.

Таким образом, на основе проведенных исследований установлено, что ГСП, как исходные, так и после обжига, могут эффективно использоваться в составе пластифицированных ПВХ-материалов в качестве наполнителей-пигментов, дающих цвета разных оттенков и достаточно высокие эксплуатационные показатели.

Список литературы

1. Буров Б.В., Ясонов П.Г. Введение в дифференциальный термомагнитный анализ горных пород. Казань: Изд-во Казан. ун-та. 1979. 160 с.
2. Калинская Т.В., Добронеевская С.Г., Аврутина Э.А. Окрашивание полимерных материалов. Л.: Химия. 1974. Т. 2. 599 с.
3. Гузев В.В., Беякова Л.К., Юшкова С.М., Бессонов Ю.С., Тагер А.А. Влияние наполнителей на температуру стеклования ПВХ // Пластические массы. 1981. № 7. С. 16–17.

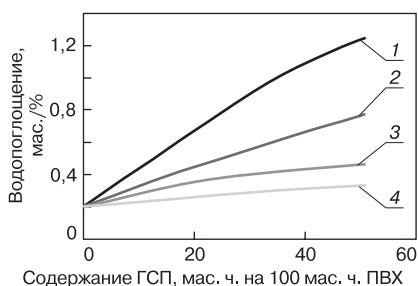


Рис. 3. Зависимость водопоглощения ПВХ-композиций от концентрации ГСП Сюндюковского месторождения: 1 – без обжига; 2, 3, 4 – обжиг при температуре 600, 800, 1000°C соответственно



Л.Ф. Мубаракшина



Г.Г. Ушакова

Л.Ф. МУБАРАКШИНА, инженер,
Г.Г. УШАКОВА, канд. техн. наук,
Л.А. АБДРАХМАНОВА, д-р техн. наук,
Казанский государственный архитектурно-
строительный университет

Химическое наполнение карбамидных пенопластов

В связи с ростом жилищного строительства, цен на энергоресурсы и изменением требований к теплотехническим характеристикам ограждающих конструкций актуальным является использование эффективных теплоизоляционных материалов плотностью ниже 250 кг/м^3 и коэффициентом теплопроводности не выше $0,08 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Наиболее эффективными теплоизоляционными материалами с позиции теплозащиты являются газонаполненные полимеры.

Наряду с широко применяемыми пенопластами – пенополистиролом и пенополиуретанами на рынке России вновь появился заливающий утеплитель пеноизол – карбамидный пенопласт, получивший широкое распространение как для теплоизоляции вновь возводимых жилых, промышленных и сельскохозяйственных объектов, так и для ремонта и теплоизоляции старых построек. Назвать пеноизол абсолютно новым теплоизоляционным материалом нельзя, так как карбамидные пенопласты, например мипора с плотностью до 20 кг/м^3 , уже полвека используются в качестве теплоизоляционного материала, но ряд их недостатков, среди которых не последнее место занимает низкая прочность, высокая влаго- и паропроницаемость, значительные усадки при отверждении и сушке, существенно ограничивают их применение в строительстве.

Стремление повысить конкурентоспособность карбамидного пенопласта по отношению к другим пенополимерам стимулировало работы по усовершенствованию технологии его получения. Разработка новых рецептур, появление на рынке химической промышленности нового поколения полимерных смол и создание малогабаритного оборудования привело к появлению новой марки карбамидного пенопласта с торговым названием пеноизол. Пеноизол привлекает к себе внимание очень низкой кажущейся плотностью (до 5 кг/м^3), доступностью и дешевизной исходного сырья, хорошими тепло- и звукоизоляционными свойствами, негорючестью, химической и биологической стойкостью и простотой изготовления.

Наряду с положительными свойствами пеноизол обладает и рядом недостатков: малая механическая прочность, хрупкость, высокая влаго- и паропроницаемость, значительные усадки при отверждении и сушке. Это обусловле-

но спецификой воздушно-механического пенообразования и химизмом отверждения карбамидной смолы. При воздушно-механическом способе пенообразования необходимо применять сильно разбавленные водой полимерные системы. Кроме того, процесс отверждения карбамидоформальдегидной смолы сопровождается выделением воды и формальдегида. Процесс удаления воды и других низкомолекулярных продуктов при отверждении и сушке приводит к возникновению внутренних напряжений и усадочных деформаций. При превышении возникающими напряжениями соответствующих пределов прочности пенопласта происходит образование усадочных трещин.

Известно [1], что величина усадочных деформаций и внутренних напряжений находится в непосредственной зависимости от плотности и скорости изменения количества влаги в материале и возрастает по мере удаления последней. Следовательно, для предотвращения появления усадочных трещин нужно выбирать режимы сушки, при которых динамика набора прочности пенопласта будет опережать динамику накопления внутренних напряжений.

Карбамидные пенопласты имеют открытоячеистую структуру (истинная пористость достигает 98%), и по этой причине процесс испарения влаги идет весьма интенсивно, повлиять на режим сушки достаточно сложно.

Уменьшить усадочные деформации можно путем увеличения плотности пенополимера, в частности за счет введения наполнителя. Наряду с возможностями изменения свойств пенопластов с наполнением существуют и трудности, связанные со спецификой образования полимерных пен [2]. Введение наполнителя ведет к резкому снижению кратности вспенивания и стабильности пены. Попытки улучшить свойства наполнением на сегодняшний день наименее плодотворны. В литературе есть немногочисленные данные о наполнении карбамидных пенопластов, в частности мелом, гидролизным лигнином и лёссом [3, 4, 5].

Для создания карбамидных пенопластов, обладающих более высокими механическими свойствами по сравнению с пеноизолом, авторами использован метод самонаполнения, когда наполнитель появляется в ходе образования самого пенопласта. Использовались сочетание методов механического вспенивания с газообразованием за счет химического взаимодействия компонентов.

Таблица 1

Карбонатсодержащий компонент	Количество карбонатных минералов ($\text{CaCO}_3 + \text{MgO}_3$), %	Количество выделяющегося CO_2 , мл	Количество H_3PO_4 , мл	Время реакции, мин	Время гелеобразования, мин
Мел	98	178	0,45	0,5	4
«Желтый мел»	87	74	0,19	2,5	3,6
ЦСП	10	36	0,09	1	2
БСП	95	26	0,07	2,7	1

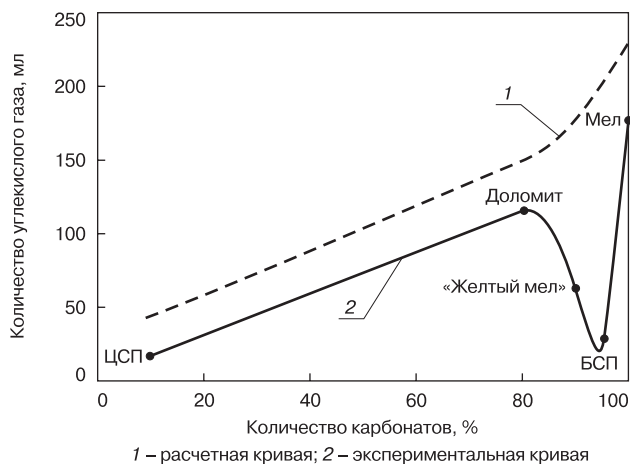


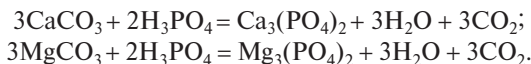
Рис. 1. Зависимость количества выделяющегося углекислого газа от содержания карбонатов кальция и магния в наполнителях

В качестве газообразователей выбраны карбонатсодержащие компоненты (КСК), которые в результате химического взаимодействия с катализатором отверждения карбамидной смолы – ортофосфорной кислотой – выделяют CO_2 , а образующиеся соли – фосфаты кальция и магния играют роль наполнителей пенопласта.

В качестве КСК выбраны мел, доломит, битумсодержащий известняк (БСП), цеолитсодержащая порода (ЦСП) и отход водоочистки ТЭЦ, так называемый желтый мел, который представляет собой тонкодисперсный порошок, состоящий примерно на 87 % из карбонатов кальция и магния.

Основными реакционноспособными минералами в этих добавках являются кальцит, доломит и карбонат магния. Их содержание на 1 г КСК приведено в табл. 1.

Реакциями, ответственными за газообразование, являются следующие:



Из 1 г CaCO_3 , например при стехиометрическом соотношении компонентов, должно выделиться 220 мл CO_2 .

На рис. 1 представлена зависимость количества CO_2 , выделяющегося при протекании указанных реакций из расчета содержания в КСК реакционноспособных компонентов (CaCO_3 и MgCO_3) при теоретически 100%-ном выходе. Кривая 2 отражает экспериментально определенное количество выделившегося CO_2 методом химического анализа. Как следует из сравнения этих кривых с расчетными, они отличаются при применении в составе связующего «желтого мела» и БСП: количество выделившегося CO_2 намного меньше расчетного. Очевидно, это обусловлено наличием на поверхности частиц «желтого мела» и БСП гидрофобного адсорбционного слоя, оказывающего ингибирующее влияние на скорость реакции.

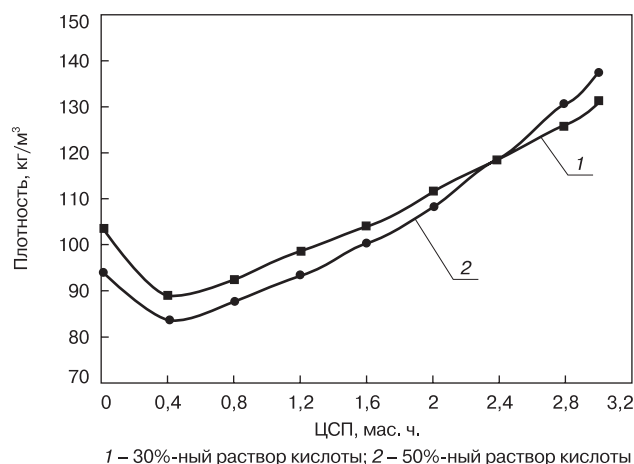


Рис. 2. Зависимость плотности пенопласта от содержания ЦСП (ЦСП + «желтый мел» = 3 мас. ч.)

Для БСП это связано с происхождением пород, содержащих на поверхности адсорбционно-сольватационный слой природного битума. Для «желтого мела» – с наличием остатков ПАВ на поверхности дисперсных частиц, применяющихся в технологии очистки воды.

Наиболее эффективными должны быть КСК, в присутствии которых скорость взаимодействия их с кислотой близка к скорости отверждения смолы в начальный период. Наиболее предпочтительны с этой точки зрения «желтый мел» и ЦСП.

Количество выделяющегося CO_2 при взаимодействии 1 г КСК с избытком ортофосфорной кислоты в присутствии «желтого мела» более чем в 2 раза выше, чем в присутствии ЦСП. «Желтый мел» требует и большего количества кислоты для проведения реакции с учетом выделившегося количества CO_2 .

Был разработан состав с использованием «желтого мела» [6] для получения высокопрочного теплоизоляционного материала на основе карбаминоформальдегидной смолы. Этот материал относится к группе трудногораемых материалов и не требует введения дополнительных антипиренов. В качестве катализатора отверждения и химического реагента с КСК выбрана фосфорсодержащая органическая кислота – 1-оксиэтилидендифосфоновая кислота.

Однако недостатком полученных составов для теплоизоляционного материала является необходимость введения большого количества кислоты, что повышает его стоимость, а за счет интенсивной химической реакции возникают дополнительные усадочные напряжения, которые приводят к трещинообразованию пенопласта.

В связи с этим проведена частичная замена активного наполнителя менее активным для уменьшения расхода катализатора и усадочных явлений. Установлено оптимальное соотношение наполнителей, имеющих разную химическую активность.

Таблица 2

№ состава	Состав, мас. ч.	Плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа	Коэффициент теплопроводности Вт/(м·К)	Сорбционное увлажнение за 24 ч, %
1	«Пеноизол»: КФС-100; пеностабилизатор – 0,5; ортофосфорная кислота (74%) – 1,5	8–20	0,007–0,05	0,035–0,047	15–20
2	КФС-100; пеностабилизатор (ПО-ЦТ) – 0,5; «желтый мел» – 3; 50%-ный раствор 1-оксиэтилидендифосфоновой кислоты – 22	95	0,4	0,037	8
3	КФС-100; пеностабилизатор (АБСК) – 0,06; «желтый мел» – 1,2; ЦСП – 1,8; 30%-ный раствор 1-оксиэтилидендифосфоновой кислоты – 14	100	0,4	0,041	6

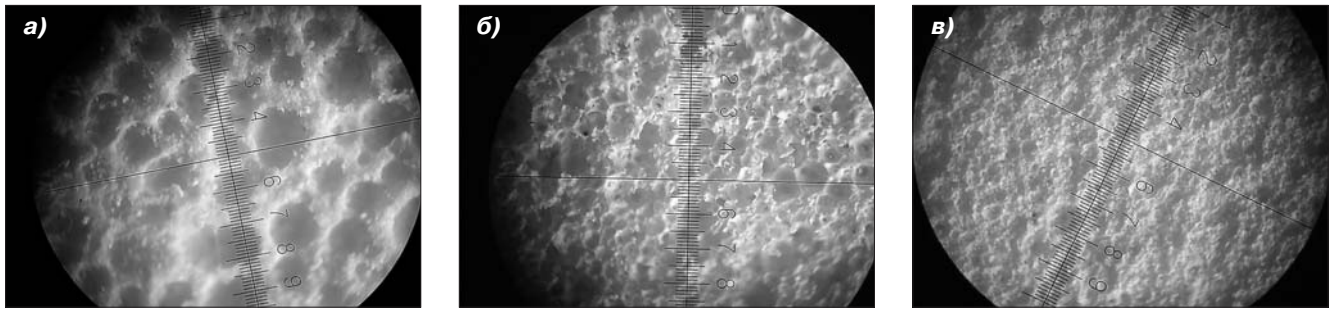


Рис. 3. Микрофотографии структуры пенопласта с наполнением: а – «желтым мелом»; б – ЦСП; в – смесью «желтого мела» и ЦСП

При проведении химической реакции в случае «желтого мела» все активные минералы взаимодействуют с кислотой, так как он является более активным наполнителем по сравнению с ЦСП.

На рис. 2 показана зависимость плотности пенопласта при разных соотношениях компонентов «желтого мела» и ЦСП и при использовании 1-оксиэтилидендифосфоновой кислоты в виде водных растворов с концентрацией 30 и 50%.

С увеличением содержания ЦСП закономерно растет плотность, так как увеличивается содержание неактивных компонентов в составе ЦСП. Некоторое повышение плотности при использовании «желтого мела» может быть обусловлено большим количеством выделяющегося CO_2 , который не полностью удерживается в ячейках пенопласта. Минимум плотности наблюдается при соотношении ЦСП : «желтый мел», равном 1:6. Очевидно, это наиболее оптимальное соотношение активного и неактивного компонентов с точки зрения корреляции химической реакции газообразования и отверждения карбамидо-формальдегидной смолы. Кратность вспенивания пеномассы при этих соотношениях также максимальна.

Ячеистую структуру пенопластов изучали методом оптической микроскопии. Для более полной и точной обработки результатов была использована программа автоматического анализа структуры материалов «Система компьютерной обработки изображений (КОИ)», разработанная в Томском политехническом университете.

Из обработки методом оптической микроскопии микрофотографий, представленных на рис. 3, следует:

- при введении наполнителя истинная пористость снижается с 96% (для пенопласта без наполнителя) до 82% (для пенопласта в присутствии «желтого мела») и 76% (для пенопласта в присутствии смеси наполнителей «желтого мела» и ЦСП);
- преобладающим размером пор для пенопласта в присутствии «желтого мела» является 20 мкм, ЦСП – 5 мкм, а смеси наполнителей «желтого мела» и ЦСП – 2 мкм;
- распределение пор по размерам в присутствии различных наполнителей отличается: в случае «желтого мела» оно бимодальное, в случае ЦСП – монотонно убывающие, а в случае смеси «желтого мела» и ЦСП – мономодальное;
- средний размер межпоровых перегородок составляет для пеноизола от 4 до 6 мкм, при наполнении «желтым мелом» – до 100–200 мкм, ЦСП – до 5 мкм, а смесью «желтого мела» и ЦСП – до 8 мкм.

Таким образом, из анализа всех полученных структурных, технологических и эксплуатационных данных был выбран наиболее оптимальный состав пенопласта (состав 3 в табл. 2) с использованием смеси наполнителей «желтого мела» и ЦСП. Из сравнения свойств разработанных составов с известными (состав 2) следует, что при сохранении эксплуатационных показателей карбамидного пенопласта удалось снизить расход катализатора отверждения на 35%. Кроме того, величина усадки при отверждении пенопласта уменьшается на 40%.

Список литературы

1. Панкрушин А.А. Технологическая и экономическая целесообразность применения карбамидных пенопластов // Строит. материалы. 2004. № 5. С. 10–12.
2. Тараканов О.Г., Шапов И.В., Альперн В.Д. Наполненные пластмассы // М.: Химия. 1998. 216 с.
3. Авторское свидетельство № 1790581. Сырьевая смесь для получения теплоизоляционных изделий / Деменкова К.М., Беляева Л.С., Кукуруза А.П., Крикуненко В.К. и др. 1988.
4. Авторское свидетельство СССР № 1217854. Способ получения теплоизоляционного материала / Белов Д.Н., Цыбульская М.П., Шмыгля Т.А., Леонович А.А. 1986.
5. Авторское свидетельство СССР № 896008. Композиция для получения мочевиноформальдегидного пенопласта / Пашков Д.Н., Тараненко С.К., Мытченко В.Л. 1982.
6. Патент № 2230080. 2001. Композиция для получения теплоизоляционных изделий / Хозин В.Г., Абдрахманова Л.А., Соловьева И.В. и др. Бюл. № 16. 10.06.2004.



ПЕТЕРБУРГСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР



Постоянно действует выставка строительных материалов и технологий, в которой Вы можете принять участие

Центр проводит тематические семинары, презентации и круглые столы

Организует бизнес-туры на международные строительные выставки

Единый электронный каталог предприятий строительного комплекса Северо-Запада
www.infstroy.ru

197342, Санкт-Петербург
ул. Торжковская, д. 5 ст.м.
«Черная речка»
Тел.: (812) 324-99-97, 431-09-60



В.Ф. Строганов



И.В. Строганов

В.Ф. СТРОГАНОВ, д-р хим. наук,
Казанский государственный архитектурно-
строительный университет,
И.В. СТРОГАНОВ, канд. техн. наук, Казанский
государственный технологический университет

Эпоксидные полимерные композиции для строительных технологий

Строительство является одной из самых обширных областей по ассортименту и объемам использования полимерных композиционных материалов. Среди последних достаточно четко и значимо выделяются эпоксидные клеи, герметики и компаунды, применяемые:

- в монолитных покрытиях полов, фасадных панелях зданий и пр.;
- при изготовлении и антикоррозионной защите металлических и железобетонных конструкций;
- при изготовлении стекло- и базальтопластиковых труб, арматуры и гибких связей в трехслойных конструкциях наружных стен, соединительной арматуры (муфты, фитинги и пр.), в инженерных сетях;
- при монтаже и ремонте различных трубопроводов, решетчатых конструкций.

Устройство полов в промышленном строительстве является одним из наиболее трудоемких процессов. На многих предприятиях химической, металлургической, машиностроительной, ликеро-водочной, мясомолочной и других отраслей промышленности полы в большинстве цехов из-за агрессивных воздействий сырья и продуктов производства выходят из строя через 1,5–2 года. Замена традиционных материалов для изготовления полов наполненными полимерными составами для монолитных покрытий позволяет значительно сократить объем трудоемких процессов отделочных работ. Многие из применяемых композиций в отвержденном виде характеризуются недостаточной стойкостью к действию ударных нагрузок, высоким уровнем остаточных напряжений, довольно большой усадкой и недостаточным уровнем когезионных и адгезионных характеристик. Вследствие этого в процессе эксплуатации имеет место растрескивание покрытий полов и их отслаивание от бетонной стяжки.

Модификация полимерной и отверждающей части эпоксиминой композиции реакционноспособными олигомерами [1, 2] позволила существенно повысить уровень свойств разработанных эпоксидных покрытий полов (ЭКПП) по сравнению с применяемыми. Свойства монолитных покрытий полов приведены ниже.

Ударная вязкость кДж/м ²	40–45
Прочность при растяжении, МПа	20–25
Относительное удлинение при растяжении, %	18–20
Прочность при отрыве от бетонного основания, МПа	3 (по бетону)

Монолитные покрытия полов на основе химически стойких терморезистивных полимеров надежно защищают лежащие ниже строительные конструкции от коррозии, заморозки, тем самым улучшая условия эксплуатации производственных зданий и, главное, обеспечивая их долговечность. В связи с отсутствием швов и высокой плотностью наполненного эпоксидного полимера монолитные покрытия незаменимы при защите полов от действия агрессивных жидкостей и токсичных радиоактивных веществ, так как такие полы их не сорбируют. Полы легко мыть и дезактивировать. ЭКПП при эксплуатации

не образует пыли, что весьма важно в помещениях ряда отраслей – радиоэлектронной, оптической, космической и др. Высокая износостойкость, возможность варьирования цветовой гаммой покрытий способствуют активному расширению сферы их применения.

Для защиты строительных конструкций и сооружений от атмосферных воздействий применяется большое количество покрытий на основе различных полимеров. Однако для защиты оборудования, работающего в условиях средне- и сильноагрессивных сред, например 10–30% растворов минеральных кислот, а также при 80–90°C материалов крайне недостаточно. Для этих условий совместно с ВНИИКоррозии были разработаны технологии получения многослойных покрытий и составы для них на основе модифицированных эпоксифенолокаучуковых композиций аминного отверждения «Викор-УП» [3, 4].

Весьма сложной задачей является защита и реставрация металлических и бетонных конструкций эпоксидными эмалями в производствах пищевых продуктов [5, 6].

В дорожном строительстве известны варианты применения эпоксидных адгезионных композиций, например в составах для разметки автомагистралей, при соединении и герметизации металлических и бетонных мостовых конструкций. Одним из наиболее интересных в техническом плане примером можно считать крепление осевых светосигнальных огней (ОСО) углубленного типа и заливку (герметизацию) борозд подводящего электрокабеля в асфальтобетонных аэродромных покрытиях.

Разработанные модифицированные эпоксидные компаунды-герметики (ЭКГ) обладают комплексом высоких когезионных и адгезионных характеристик, приведенных ниже.

Показатели прочности, МПа	
при растяжении	25–35
при сжатии	60–90
при изгибе	50–60
при равномерном отрыве (сталь 3/сталь 3)	25–40
при равномерном отрыве (силумин/силумин)	15–25
при равномерном отрыве (асфальто-, цементобетон/асфальто-, цементобетон)	13–20
при равномерном отрыве (асфальто-, цементобетон/силумин)	13–20
при сдвиге (сталь 3/сталь 3)	15–22

Компаунды перерабатывают при 5–40°C, отверждаются они при 20±5°C в течение 8–10 ч, при температуре 10–15°C время отверждения увеличивается до 24–30 ч.

Интервал рабочих температур отвержденных полимеров от –50 до +80°C позволяет использовать покрытия во всех климатических зонах России. В условиях эксплуатации ОСО допустим кратковременный перепад температур от –50 до +200°C, воздействие агрессивных сред (минеральных кислот, авиационного топлива), силовых, вибрационных, ударных нагрузок, атмосферных факторов. Надежность работы ЭКГ подтверждает опыт их практического применения при

Показатели	ЭК-1	K-79 Kit (аналог)
Динамическая вязкость при (25±0,1)°С, Па·с	0,4–0,6	0,9
Прочность при сдвиге (сталь 3/сталь 3), МПа через 1 сут через 7 сут	20–25 20–25	13 13
Прочность при равномерном отрыве (сталь 3/ сталь 3), МПа через 1 сут через 7 сут	30–40 40–45	30 30
Прочность при равномерном отрыве (сталь 3/ бетон/ сталь 3), МПа	Разрыв по бетону	Разрыв по бетону
Прочность при растяжении, МПа	45–50	40
Относительное удлинение при растяжении, %	5–7	2

оснащении 15 аэропортов России и стран ближнего зарубежья.

При решении проблем трещинообразования в бетонных и каменных конструкциях необходим комплексный подход при разработке материалов и реализации технологий [7]. Наиболее важным является обеспечение сочетания оптимальных упруго-деформационных, адгезионных и когезионных характеристик полимерных герметиков со способностью субстратов к смачиванию и отсутствию избирательной сорбции. Примером может служить разработка низковязких эпоксидных композиций для ремонта трещин, образующихся при изготовлении напорных железобетонных труб диаметром 2000 мм и длиной 6000 мм взамен зарубежного аналога ARALDIT K-79Kit (Великобритания). Используя в качестве модификаторов ОЭЦК [2] и отвердитель аминного типа, авторы получили композицию, сочетающую низкую вязкость (0,6 Па·с) и комплекс свойств, превосходящих аналог. Свойства эпоксидных композиций «ЭК-1» и аналога для кольматации трещин в железобетонных трубах приведены в таблице.

В процессе эксплуатации трубопроводов (ТП) весьма актуальной является задача соединения и восстановления (ремонта) поврежденных участков. В мировой практике применяются разъемные и неразъемные соединения ТП. Для полиэтиленовых, полипропиленовых ТП широко применяют термоусаживающиеся муфты (ТУМ) и фитинги из термопластов. Однако они не могут применяться в случае использования труб из реактопластов и разнородных материалов (металлы, стекло, керамика, полимеры), что обуславливает необходимость применения других надежных и эффективных технологий соединения ТП.

Из ряда известных технологических решений для соединения ТП из реактопластов и разнородных материалов наиболее целесообразно и актуально применение клеевых технологий. Широкое использование конструкционных полимерных материалов в авиа-, ракето-, судо-, приборостроении, нефтегазовой, строительной и других отраслях техники объясняется рядом существенных преимуществ, в том числе в уровне когезионных и адгезионных свойств реактопластов и клеевых технологий перед традиционными способами соединений. Это обеспечивает возможность создания надежных, длительно и эффективно работающих в сложных условиях эксплуатации силовых соединений современных конструкций. Варианты соединений металлических и полимерных ТП рассмотрены в [8, 9], но принципиально новым шагом в развитии муфтоклеевых технологий является идея использования ТУМ из реактопластов [10], которые обладают большей прочностью, чем муфты из термопластов, более

высокой полярностью, а следовательно, и более высокой адгезией к полярным субстратам.

Модификацией эпоксидных полимеров, отверждающихся ангидридами, смесью ароматического сложного диглицидилового эфира и блокполимера алифатической эпоксидной смолы с кислотным олигоэфиром, удалось обеспечить необходимый уровень деформационных свойств при изготовлении термоусаживающихся изделий (муфт, фитингов) для соединения ТП [11]. Применение эпоксикаучуков позволило осуществить модификацию эпоксидных полимеров ангидридного и аминного отверждения и получить ассортимент полимеров с достаточно широким интервалом температур стеклования (T_g) от 50 до 125°С и деформацией в высокоэластическом состоянии от 10 до 80% [12].

Таким образом, рассмотренные примеры использования эпоксидных полимерных композиций в строительных технологиях свидетельствуют не только об уникальности комплекса свойств физико-химических показателей эпоксидных композиций, в том числе клеев-герметиков, но и о практически неограниченных возможностях модификации свойств эпоксидных полимеров, которые обуславливают перспективу развития новых технологий в строительной отрасли.

Список литературы

1. *Строганов В.Ф., Строганов И.В.* Эпоксидные адгезивы строительного и конструкционного назначения // Сб. научн. тр. Вторых Воскресенских чтений. Казань: КГАСА. 2004. С. 54–60.
2. *Строганов И.В., Строганов В.Ф.* Особенности структурообразования и свойства неизоцианатных эпоксиретановых полимеров // Клеи. Герметики. Технологии. 2005. № 7. С. 12–17.
3. А.с. 1628506. Головин В.А., Ильин А.Б., Строганов В.Ф. и др. 1998.
4. А.с. 1617936. Строганов В.Ф., Головин В.А., Савченко В.Н. и др. 1998.
5. *Войтович В.А.* Лакокрасочные материалы, применяемые в пищевой промышленности // Промышленная окраска. 2004. № 6. С. 4–7.
6. *Строганов В.Ф., Страхов Д.Е., Искандеров Р.А., Язунд Э.М.* Антикоррозионная защита и реставрация металлических и бетонных емкостей в производстве пищевых продуктов // Промышленная окраска. 2004. № 6. С. 15–17.
7. *Ахметзянов Ф.Х., Строганов В.Ф.* Своевременное устранение повреждений в строительных конструкциях, памятниках истории и архитектуры – важнейший элемент энерго-, ресурсосбережения // Вестник БГТУ. Матер. межд. конгр. «Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии». Белгород: БГТУ. 2003. № 5. Ч. II. С. 441–444.
8. *Строганов В.Ф., Белошенко В.А., Строганов И.В., Страхов Д.Е.* Нетрадиционные строительные технологии при соединении труб и ремонте трубопроводов // Современные проблемы строительного материаловедения. Матер. VI акад. чтений РААСН. Иваново. ГАСА. 2000. С. 505–510.
9. *Строганов В.Ф., Алексеев К.П., Строганов И.В., Страхов Д.Е.* Муфтоклеевые соединения трубопроводов // Изв. вузов. Строительство. 2002. № 6. С. 135–140.
10. *Строганов В.Ф., Страхов Д.Е., Строганов И.В., Алексеев К.П.* Технология соединения трубопроводов // Клеи. Герметики. Технологии. 2005. № 4. С. 20–25.
11. *Строганов В.Ф., Шелудченко В.И. и др.* // Пат. РФ 2141600. Бюл. № 32. 1999.
12. *Строганов В.Ф.* Надежность эксплуатации трубопроводов – актуальная задача энергосбережения // Тр. годичного собр. РААСН. Москва–Казань. 2003. С. 325–328.



А.В. Мурафа



Л.Ш. Сибгатуллина

А.В. МУРАФА, канд. техн. наук,
Л.Ш. СИБГАТУЛЛИНА, инженер,
Д.Б. МАКАРОВ, канд. техн. наук,
В.Г. ХОЗИН, д-р техн. наук,
Казанский государственный архитектурно-
строительный университет



Д.Б. Макаров

Новые анионоактивные битумные эмульсии для дорожных, кровельных и гидроизоляционных покрытий

Создание долговечных, экономически эффективных, экологически чистых и технологичных материалов для дорожных, кровельных и гидроизоляционных покрытий является в настоящее время весьма важной задачей строительного материаловедения. Классическая «горячая» технология производства битумных покрытий сложна, энергоемка и экологически небезупречна. Поэтому применение для этих целей битумных эмульсий (БЭ), в частности анионоактивных, является более перспективным направлением, так как позволяет перейти к холодным технологиям.

Они имеют ряд достоинств:

- не требуют разогрева материала, что существенно снижает энергетические и трудовые затраты при производстве работ;
- обеспечивают экономию битума за счет малой вязкости БЭ и хорошей смачиваемости ими поверхностей конструкций и

обволакивания минерального заполнителя;

- могут наноситься на влажные поверхности, что позволяет вести строительные работы с ранней весны до поздней осени;
- пожаробезопасны, поскольку представляют собой смесь битума и воды;
- нетоксичны и не загрязняют окружающую среду.

И все же применение БЭ в строительстве пока довольно ограничено, что объясняется дефицитом и дороговизной эмульгаторов (главным образом импортных катионоактивных). Кроме того, существующие БЭ не всегда отвечают технологическим и эксплуатационным требованиям.

Исходя из экологических и экономических соображений для получения БЭ в качестве анионоактивных эмульгаторов были использованы побочные продукты и отходы химической промышленности, в частно-

сти кубовые остатки дистилляции жирных кислот, полученных из растительных масел, — отход переработки хлопкового масла (ОПХМ) и флотогудрон (ФГ).

Методами ИК-спектроскопии определен химический состав, а по энергии поверхностного натяжения оценены эмульгирующие свойства выбранных отходов. Установлено, что основой данных продуктов являются высшие жирные кислоты, способные снижать поверхностное натяжение на границе вода — битум. Так, например, значение величины поверхностного натяжения для ОПХМ и ФГ составляет 0,034 и 0,035 Н/м соответственно.

На основе сравнительного анализа имеющихся технологий приготовления битумных эмульсий выявлено, что наиболее эффективным способом получения анионоактивных эмульсий является комбинированное эмульгирование [1]. Это позволяет получать тонкодисперс-

Таблица 1

Свойства	Битумные эмульсии с латексами					ГОСТ 52128-2003
	ОПХМ	ФГ	ОПХМ + 5% СКС-65-ГП	ОПХМ + 5% ДВХБ-70	ОПХМ + 5% ДВХБ-Ш	
Массовая доля битума, %	50	50	50	50	50	45-55
Условная вязкость эмульсии при 20°C, с	24	25	10	14,2	14,6	10-15
Однородность на сите № 0,14, %	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,5
Устойчивость при хранении, % через 7 сут через 30 сут	0,4 0,5	0,5 0,7	0,6 1	0,7 1,1	2,2 2,4	0,6 1
Устойчивость при транспортировке, %	Устойчива	Устойчива	Устойчива	Устойчива	Устойчива	Устойчива

ные эмульсии даже на малоактивных битумах. Если при традиционном способе эмульгирования битумов применяют готовые мыла, то при комбинированном эмульгировании половину жирных кислот вводят в битум, а вторую подвергают омылению в водном растворе. Далее оба состава смешивают в диспергаторе, где и осуществляется процесс эмульгирования битума.

Изучены наиболее важные эксплуатационно-технические свойства битумных эмульсий, полученных на ОПХМ и ФГ. Сравнение их свойств показало, что при 2%-ной концентрации они одинаково эффективны для получения тонкодисперсных битумных эмульсий, при этом небольшое преимущество по однородности и устойчивости имеют эмульсии на ОПХМ. Оба типа битумных эмульсий по своим основным свойствам и стоимости являются более эффективными, чем битумные эмульсии на анионоактивном промышленном эмульгаторе – олеиновой кислоте и катионоактивных эмульгаторах отечественного и зарубежного производства. Разработанные новые анионоактивные битумные эмульсии запатентованы [2, 3].

Возможность получения высококачественных БЭ с заданными свойствами зависит не только от эмульгаторов, но и от использования эффективных модифицирующих добавок.

В качестве полимерного модификатора БЭ нами выбраны стиролбутадиеновый латекс СКС-65ГП (Ярославль) и два латекса – ДВХБ-Ш и ДВХБ-70 завода синтетического каучука (Казань), которые представляют собой коллоидные системы, стабилизируемые ПАВ анионного типа.

Латекс может быть введен в заранее приготовленную битумную эмульсию в необходимом количестве. Или, если количество латекса определено, целесообразно его введение непосредственно перед соединением битума и водного раствора эмульгатора. Второй способ модификации является более эффективным, поскольку позволяет получить более однородную и устойчивую битумно-полимерную эмульсию (БПЭ), и именно он был использован в экспериментах.

Были исследованы технологические и эксплуатационные показатели БПЭ. Условная вязкость этих эмульсий с повышением концентрации любого из трех латексов снижается, что объясняется их меньшей условной вязкостью как дисперсных систем. Этот эффект наблюдается на всех исследуемых эмульсиях, однако в случае СКС-

Состав	КиШ, °С	Пенетрация 0,1 мм		Дуктил. 25°С, см	Эластичность, %	Гибкость на брусе с R закругления 25 мм, °С
		25°С	0°С			
БНД 90/130 (контрольный)	43	129	43	70	8	+3
БНД 90/130 с ОПХМ	53	96	50	18	20	-10
БНД 90/130 с ОПХМ + СКС-65ГП	57	93	29	14	22	-20

Материал	Прочность при растяжении, МПа	Водонепроницаемость при давлении 0,1 МПа	Теплостойкость, °С	Гибкость на брусе с R закругления 25 мм, °С
БНД 90/130	0,17	Водонепроницаем	65	+3
БЭ на ОПХМ	3,5	Водонепроницаем	90	Не выше -15
БЭ + СКС-65ГП (5%)	3,5	Водонепроницаем	100	Не выше -20
БЭ + ДВХБ-Ш (5%)	3,5	Водонепроницаем	100	Не выше -20
БЭ + ДВХБ-70 (5%)	3,5	Водонепроницаем	100	Не выше -20
ГОСТ 30547-97	2,5	Водонепроницаем	85	Не выше -15

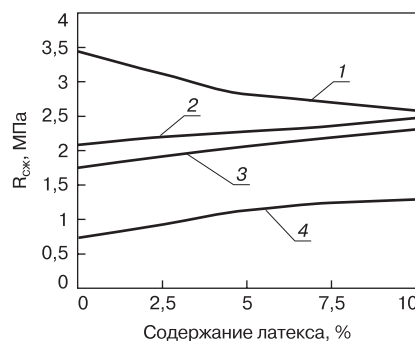


Рис. 1. Зависимость прочности при сжатии асфальтобетонных образцов от концентрации латекса при температуре 0°С (1); 20°С (2); 20°С в водонасыщенном состоянии (3); 50°С (4)

65ГП снижение вязкости наиболее значительно.

В табл. 1 представлены сравнительные характеристики битумных и битумно-полимерных эмульсий, модифицированных латексами. Сравнительный анализ свойств модифицированных битумных эмульсий показал, что введение латекса не оказывает существенного влияния на однородность и устойчивость анионоактивных эмульсий. Это объясняется, очевидно, тем, что дисперсность латекса значительно выше, чем БЭ, не влияет на дисперсность БЭ и не изменяет указанных выше свойств. Тем не менее введение латекса в БЭ существенно повышает технологические показатели эмульсий, снижая их условную вязкость.

На разработанных битумно-латексных эмульсиях с различным содержанием латекса в составах: 2,5; 5;

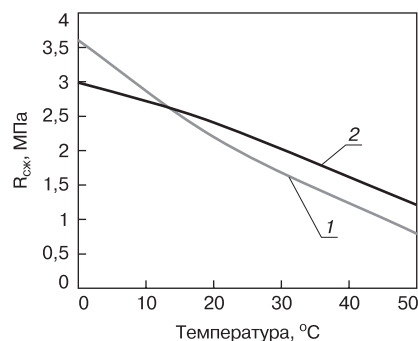


Рис. 2. Зависимость прочности при сжатии асфальтобетонных образцов от температуры: 1 – асфальтобетона; 2 – асфальтобетона, модифицированного 5% латекса

7,5; 10% были изготовлены асфальтобетонные смеси (АБС) для дорожных покрытий. На рис. 1 представлено изменение прочности при сжатии асфальтобетона (АБ) на основе этих АБС при различных температурах (0, 20 и 50°С) в зависимости от концентрации латекса. Прочность АБ при повышении концентрации латекса возрастает (кривые 2, 3, 4). При 20°С прочность возросла на 20%, в водонасыщенном состоянии при этой же температуре – на 30%, а при 50°С – на 70%. Снижение прочности при 0°С, как известно, является положительным эксплуатационным показателем АБ. Установлено также возрастание коэффициента водостойкости АБ от 0,85 до 0,93 с повышением содержания латекса в смеси. Введение латекса в битумную эмульсию приводит также к повышению адгезионной прочности битумного вяжущего к

минеральной части АБС с 4 до 5 баллов, что, вероятно, является одной из причин повышения прочностных показателей асфальтобетона. При пониженной температуре (0°C) введение 10% латекса снижает прочность асфальтобетона на 30%, что связано с повышением его деформативности при нулевой температуре.

На рис. 2 показаны зависимости прочности при сжатии асфальтобетонных образцов от температуры на битумной (1) и битумно-полимерной (5% латекса) эмульсиях (2).

Как видно, при 0°C прочность асфальтобетона на битумно-полимерном вяжущем несколько ниже, чем на битумном. Однако с повышением температуры интенсивность снижения прочности на битумном вяжущем гораздо выше, что свидетельствует о его большей температурной чувствительности по сравнению с битумно-полимерным вяжущим.

Таким образом, разработанные АБС на битумно-латексных эмульсиях отвечают требованиям ГОСТ 9128–97 не только для холодного АБ, но и для горячего, в то время как асфальто-бетонная смесь на немодифицированной битумной эмульсии соответствует требованиям только для холодного АБ (ГОСТ 9128–97). Повышение физико-механических показателей объясняется тем, что

введение латекса в БЭ создает битумно-полимерную композицию, обладающую большей теплостойкостью, морозостойкостью и эластичностью, а также повышающую адгезионную прочность к минеральной части АБС.

Изучена также возможность использования разработанных БЭ для кровельных и гидроизоляционных покрытий. Разработана технология получения рулонных кровельных и гидроизоляционных материалов на стеклотканевой основе с использованием новых битумных эмульсий, «привязанная» к оборудованию существующих технологических линий.

Поскольку основой этих материалов является битумная композиция, то были определены основные свойства битумов, выделенных из этих эмульсий, путем выпаривания из них воды до постоянной массы. Результаты экспериментальных исследований представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что наличие в битуме эмульгатора (ПАВ) положительно влияет на основные свойства битума: повышается температура размягчения по КиШ, эластичность, морозостойкость и твердость (по пенетрации). Модификация БЭ латексом в еще большей степени усиливает эффект повышения уровня свойств.

В табл. 3 представлены основные свойства полученных с применением БЭ рулонных гидроизоляционных материалов. Они отвечают требованиям ГОСТ и могут быть использованы при устройстве и ремонте мягких кровель и гидроизоляции подземных сооружений.

В целом результаты проведенных исследований показывают высокую эффективность и целесообразность применения разработанных битумных эмульсий в качестве исходного материала для дорожных, кровельных и гидроизоляционных покрытий, отвечающих высоким нормативным требованиям к этим видам строительных материалов.

Список литературы

1. Кучма М.И. Поверхностно-активные вещества в дорожном строительстве. М.: Транспорт. 1980. 188 с.
2. Дорожные эмульсии: Энциклопедия в 3 томах / Под ред. И.Н. Петухова. Евразийская ассоциация дорожных эмульсий EARE. Минск. 1998.
3. Хозин В.Г., Макаров Д.Б. Битумная эмульсия. Пат. № 2185878. Бюл. 2002. № 21. С. 277–281.
4. Хозин В.Г., Нетфуллова Л.Ш. Битумная эмульсия и способ ее приготовления. Пат. № 2258075. Бюл. 2005. № 22.



**Новый
экологически
чистый
материал**

НЕГОРЮЧАЯ БАЗАЛЬТОВАЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ



НЕ СОДЕРЖИТ ФЕНОЛА

Розничная продажа:

464-88-34 ИП "Майоров"
797-76-12
944-72-08 ООО "Адгилайн"
781-22-33 ООО "Лента"

981-85-96 факс

(095) 741-39-55
(опт)



Н.М. Морозов

Н.М. МОРОЗОВ, инженер, В.Г. ХОЗИН, д-р техн. наук,
Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Песчаный бетон высокой прочности

В последние годы активно внедряются в строительство многокомпонентные мелкозернистые бетоны. Многокомпонентность позволяет эффективно управлять структурообразованием на всех этапах технологии и получать материалы с различными комплексами свойств. Кроме того, мелкозернистый бетон дает возможность получать высококачественную фактуру изделий, отличается высокой технологичностью, легко и эффективно модифицируется органоминеральными добавками.

Одним из условий для получения бетонов высокой прочности является минимальная пустотность и однородность его структуры, достигаемая исключением грубой зернистости [1]. Поэтому получение песчаных бетонов высокой прочности принципиально возможно, что и попытались доказать авторы этой статьи.

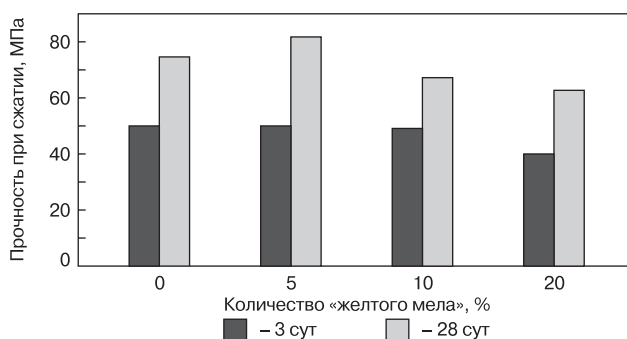
Для этой цели использовали песок Камского месторождения, который был рассеян на три фракции, мм: 5–1,25, 1,25–0,315, 0,315–0,14. Путем регулирования фракционного состава был получен песок с наибольшей насыпной плотностью, т. е. с максимальной упаковкой зерен (табл. 1).

Как видно из табл. 1, удельная поверхность песка меняется практически от 5 до 50 см²/г. Поэтому кроме максимальной упаковки зерен песка важную роль при получении песчаных бетонов играет его удельная поверхность, влияющая на водопотребность бетонной смеси. Учитывая эти факторы, в качестве оптимального для получения высокопрочного бетона нами был выбран состав песка № 9.

Эффективность применения песчаных бетонов связана с возможностью широкого использования в их со-

ставе отходов промышленности и местных материалов в сочетании с суперпластификаторами, которые наиболее полно проявляют себя в цементно-песчаных смесях с высоким содержанием вяжущего. На отечественном рынке суперпластификаторов наиболее распространен С-3. Благодаря применению С-3 и песков оптимальной granulometрии возможно получение высокопрочных бетонов. Песчаные бетоны (состав Ц:П = 1:3) были изготовлены на цементах марок ПЦ 400 Д20 ООО «Ульяновскцемент» и ПЦ 500 Д0 ООО «Мордовцемент». Свойства песчаного бетона приведены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, использование суперпластификатора С-3 (1%) и оптимальной granulometрии песка позволяет получать песчаный бетон с прочностью выше класса В45 как на цементах ПЦ 500 Д0, так и на цемент-



Влияние добавки «желтый мел» на прочность песчаного бетона

Таблица 1

№ состава	Содержание фракций, %			Плотность, кг/м ³		Пустотность, %		Модуль крупности, М _к	Удельная поверхность по формуле Ладинского, см ² /г
	5–1,25	1,25–0,315	0,315–0,14	насыпная	после виброуплотнения	насыпная	после виброуплотнения		
Песок Камского месторождения									
1	36	44	20	1605	1775	39,4	33	2,75	23,1
2	100	–	–	1555	1657	41,5	37,5	4,8	4,8
3	–	100	–	1482	1650	44,1	37,7	2,13	24,6
4	–	–	100	1430	1610	46	39,2	1	52,8
5	80	20	–	1630	1785	38,5	32,6	4,07	8,72
6	70	20	10	1660	1830	37,3	30,9	3,72	13,53
7	60	40	–	1650	1820	37,7	31,3	3,69	12,7
8	60	30	10	1662	1835	37,3	30,8	3,4	15,51
9	60	20	20	1680	1860	36,6	29,8	3,35	18,33
10	60	10	30	1700	1870	35,8	29,4	3,17	21,15
11	60	–	40	1685	1860	36,4	29,8	3,14	23,97
12	50	30	20	1660	1842	37,3	30,5	3,13	20,32
13	40	40	20	1642	1820	38	31,3	2,88	22,3
14	40	20	40	1647	1830	37,8	30,9	2,65	27,94

Таблица 2

№	Марка цемента	Вид песка	В/Ц	Подвижность (расплыв конуса), см	Прочность после 3 сут нормального твердения, МПа		Прочность при сжатии в возрасте 28 сут нормального твердения, МПа
					при изгибе	при сжатии	
1	ПЦ 400 Д20	Состав № 1 (нефракционированный)	0,36	114	4,5	36	54,8
2		Состав № 9	0,32	112	5,4	46,1	64,4
3		Состав № 6	0,31	113	5,2	42	60
3	ПЦ 500 Д0	Состав № 1 (нефракционированный)	0,36	113	4,8	40,1	64
4		Состав № 9	0,32	112	5,8	53,3	70,4

тах ПЦ 400 Д20. Использование оптимальной granulometрии приводит к повышению прочности по сравнению с составами на обычном нерассеянном песке Камского месторождения в зависимости от марки применяемого цемента на 10–17,5%.

Широкое использование дисперсных наполнителей в цементных системах связано с положительным влиянием их на структурообразование, сохранение или повышение прочности наполненных бетонов и других физико-механических свойств [1]. Следует отметить, что свойства мелкозернистых смесей связаны не только с особенностями granulometрического состава заполнителя, формой частиц и шероховатостью их поверхности, но и с природой частиц. Кварц является веществом, имеющим сильноотрицательный поверхностный заряд, поверхность силикатных материалов заряжена слабоотрицательно, а карбонат кальция имеет слабый положительный поверхностный заряд. Частицы с разными зарядами поверхности в мелкозернистых смесях притягиваются друг к другу, что улучшает внутреннюю связность системы и в то же время обеспечивает определенную пластификацию [2]. В качестве минерального

наполнителя для получения высокопрочных песчаных бетонов использовали шлам водоумягчения «желтый мел», являющийся по химическому составу карбонатом кальция с удельной поверхностью 9000 см²/г.

Как видно из рисунка, введение добавки «желтого мела» в количестве 5% взамен части цемента приводит к увеличению прочности бетона в возрасте 28 сут нормального твердения на 9%. Введение 10 и 20% добавки снижает прочность соответственно на 12 и 16%. Таким образом, получены высокопрочные песчаные бетоны на фракционированном заполнителе с уменьшенным расходом цемента.

Список литературы

1. Клаус Хольшемахер, Франк Ден. Технология и исследования производства ультравысокопрочного бетона UHFB // Международное бетонное производство. 2004. № 3. С. 28–34.
2. Зозуля П.В. Оптимизация granulometрического состава и свойств заполнителей и наполнителей для сухих строительных смесей // Сборник тезисов докладов 3-й Международной конференции BaltiMix. СПб, 2003. С. 12–13.

ГЕКСАЛИТ



полифункциональный модификатор для цементных бетонов

Бесхлоридная сухая добавка

для цементного бетона позволяет:

- ускорить процесс твердения без традиционной тепловлажностной обработки – за 24 ч при температуре 25–30°C бетон достигает 60–80% от марочной прочности
- пластифицировать бетонную смесь или снизить водосодержание бетонной смеси на 22–25% при сохранении заданной подвижности
- повысить проектную марку бетонов на 20–40%
- повысить морозостойкость и водонепроницаемость
- снизить расход цемента на 15–20% при сохранении марочной прочности

ООО «УНИЛИТ»

Республика Марий Эл, 425000, г. Волжск, ул. Строителей, 19
Телефон/факс: (83631) 6-02-94, 6-02-83



Н.Н. Морозова



А.И. Матеюнас



Н.А. Захарова

Н.Н. МОРОЗОВА, канд. техн. наук,
А.И. МАТЕЮНАС, инженер,
В.Г. ХОЗИН, д-р техн. наук, Казанский
государственный архитектурно-строительный
университет, Н.А. ЗАХАРОВА, вед. инженер,
ЦСЛ «Качество», Т.З. ЛЫГИНА, д-р геол.-минерал.
наук, ФГУП «ЦНИИГеолнеруд» (Казань)

Внутренняя коррозия бетона на заполнителях речных месторождений Татарстана

Бетон, оставаясь главным конструкционным материалом в строительстве, весьма требователен к качеству не только вяжущего, но и заполнителей, которые зачастую не являются химически инертными и влияют не только на кратковременную прочность и деформативность, но и на долговечность конструкций.

Одной из причин снижения долговечности цементных бетонов является внутренняя (щелочная) коррозия. Актуальность проблемы предотвращения щелочной коррозии бетона в Татарстане обусловлена высоким содержанием активного кремнезема (SiO_2) в песке и гравии, добываемых из русел и пойм рек Волги, Камы, Вятки.

По данным ЦНИИГеолнеруд, гравий и песчано-гравийные смеси речных месторождений Республики Татарстан содержат потенциально реакционноспособные (ПРС) породы: кремь, кварцит, известняки, песчаники, сланцы.

Проведенный анализ гравия для бетонов в период 2001–2005 гг. показал, что содержание реакционноспособного кремнезема в нем колеблется от 112 до 254 ммоль/л, в то время как ГОСТ 8267–93 допускает содержание аморфных разновидностей диоксида кремния, растворимого в щелочах, до 50 ммоль/л.

Испытания до 2000 г. по оценке количества активного кремнезема в песке не отмечали превышения нормативного значения. Проведенные в 2004–2005 гг. исследования реакционной способности песка и гравия (Саканы) по фракциям 5–10, 10–20 мм показали, что содержание активного кремнезема и в песке и в гравии выше допустимой величины и составляет в песке 86 ммоль/л и в гравии 374 ммоль/л для фракции 10–20 мм и 438 ммоль/л для фракции 5–10 мм. Так как количество растворимого в щелочах кремнезема превышает нормы СНиП 2.03.11–85 и ГОСТ 26633–91, была проведена экспериментальная оценка проявления щелочной коррозии по ускоренной методике с измерением деформаций расширения (ГОСТ 8269.0–97) в мелкозернистом бетоне на заполнителе с содержанием активного кремнезема 179 ммоль/л и цементах, поставляемых в Республику Татарстан.

Согласно СНиП 2.03.11–85 «Защита строительных конструкций от коррозии» в качестве одной из мер по защите от внутренней коррозии бетона при наличии ПРС пород следует изготавливать бетоны на цементах с содержанием щелочных оксидов ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) не более 0,6% в пересчете на Na_2O . Реальное же количество этих оксидов в цементе основных четырех заводов, по-

Таблица 1

Марка цемента, завод-изготовитель	Относительная деформация расширения, %			Отклонение значения последнего замера от трех предыдущих, %		
	образца	среднее	норма	образца	среднее	норма
ПЦ 400Д0 (мордовский цемент)	0,039	0,0416	Не более 0,1	0,5	0,57	Не более 15
	0,043			0,69		
	0,043			0,53		
ПЦ 500 Д0 (вольский цемент)	0,059	0,063	Не более 0,1	0,76	0,78	Не более 15
	0,063			0,83		
	0,067			0,74		
ПЦ 500 Д0 (катавский цемент)	0,043	0,036	Не более 0,1	0,62	0,48	Не более 15
	0,033			0,5		
	0,031			0,31		
ПЦ 400 Д20 (ульяновский цемент)	0,033	0,029	Не более 0,1	0,15	0,098	Не более 15
	0,024			0,08		
	0,03			0,066		

Таблица 2

Вид и марка добавки	Количество добавки, % от массы цемента	Относительная деформация расширения, %		Отклонение значения последнего замера от трех предыдущих, %	
		образцов	среднее относительное удлинение	образцов	среднее
Без добавки	0	0,033	0,029	0,15	0,098
		0,024		0,08	
		0,03		0,066	
С-3	0,7	0,0039	0,0052	0,23	0,15
		0,0059		0,115	
		0,0059		0,105	
Нитрит натрия	10	0,22	0,171	1,56	1,3
		0,15		1,13	
		0,199		1,54	
		0,142		1,02	
		0,153		1,12	
		0,173		1,34	
		0,167		1,4	
Лигнопан Б-4	3	0,0295	0,0289	0,17	0,15
		0,0315		0,17	
		0,0256		0,12	

ставляющих цемент в РТ (ОАО «Ульяновскцемент», ОАО «Мордовцемент», ОАО «Вольскцемент», ОАО «Катавцемент»), составляет от 0,6 до 1,1%.

Результаты исследования щелочной коррозии бетона на вышеперечисленных цементах с ПРС-заполнителем представлены в табл. 1. Из этих данных следует, что применяемые цементы не вызывают деформаций расширения бетона на ПРС-заполнителе, превышающие допустимую величину, равную 0,1% по ГОСТ 8269.0–97. Однако они могут проявиться в более поздние сроки испытаний бетона или при изменении условий его эксплуатации. Для оценки их развития проводятся длительные испытания.

Известно [1], что модифицирующие добавки различного функционального назначения могут существенно затормозить щелочную коррозию цементных бетонов. С этой целью были проведены исследования деформаций расширения бетона с наиболее употребляемыми добавками: суперпластификатором С-3, противоморозной добавкой – нитритом натрия и комплексной добавкой Лигнопан Б-4, обладающей противоморозным и пластифицирующим действием (табл. 2). В качестве вяжущего использован цемент ПЦ 400 Д20 ОАО «Ульяновскцемент», гравий с содержанием активного кремнезема 179 ммоль/л.

Исходя из результатов, представленных в табл. 2, можно заключить, что в качестве добавки, уменьшающей деформации расширения при щелочной коррозии бетона, проявили себя суперпластификаторы С-3 и Лигнопан Б-4. В то же время с часто применяемой противоморозной добавкой нитритом натрия образцы бетона имеют повышенное в сравнении с ГОСТ 8269.0–97 значение деформации расширения. Что касается возможности использования других модификаторов бетона, в том числе и вновь появившихся на рынке строительной продукции, то необходимы исследования проявления щелочной коррозии бетона при их использовании.

По полученным результатам и литературным [1–3] данным, предотвращение внутренней (щелочной) коррозии бетона или сведение ее к минимуму на ПРС-заполнителях Татарстана может быть достигнуто выполнением ряда мероприятий, включающих:

- на стадии проектирования – определение требований к компонентам бетона с учетом климатических условий эксплуатации строительных конструкций различного назначения;
- ежегодно в навигационный период перед началом разработки речных месторождений песчано-гравийных смесей оценивать количество ПРС в заполнителях;
- производить бетоны на цементах с нормированным содержанием щелочей;
- снижение расхода цемента на 1 м³ бетона путем применения жестких бетонных смесей, повышения коэффициента уплотнения, введения суперпластификаторов;
- введение обязательного контроля за деформациями бетона при поступлении новых партий цемента и ПРС заполнителя;
- подтверждение предварительными испытаниями в бетонах возможности использования активных минеральных добавок, гидрофобных, газавыделяющих, комплексных и т. п.;
- выбор специальных мер защиты на стадии эксплуатации строительных сооружений.

Список литературы

1. Батраков В.Г. Модификаторы – ключ к решению проблемы долговечности бетона // Тезисы Международной научно-практической конференции «Защита от коррозии в строительстве и городском хозяйстве» в рамках 3-й Международной специализированной выставки «Антикор-гальваносервис». М.: Официальный каталог-2005. С. 61–62.
2. Рояк Г.С. Предотвращение внутренней коррозии бетона // 1-я Всероссийская конференция по проблемам бетона и железобетона «Бетон на рубеже третьего тысячелетия». 9–14 сентября 2001 г. М.: Ассоциация «Железобетон». 2001. Кн. 3. С. 1431–1434.
3. Морозова Н.Н., Хозин В.Г., Матеюнас А.И. и др. Проблема щелочной коррозии бетонов в Республике Татарстан и пути ее решения // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. Тематический выпуск: «Проблемы качества в строительной отрасли». 2005. № 2(4). С. 58–63.

XX Межрегиональная научно-практическая конференция-выставка Ассоциации «СИНТЭС»

На мероприятие в г. Переславль-Залесский 29–30 сентября 2005 г. съехалось более 40 специалистов из многих регионов России. Интерес вызвала не только тема конференции «Новые индустриальные технологии, материалы и оборудование для строительства и реконструкции энергоэкономичных малоэтажных зданий», но в основном доклады об имеющемся опыте строительства.

Президент ассоциации заслуженный строитель России В.П. Вейнгарт сосредоточил внимание собравшихся на программе строительства и реконструкции малоэтажного жилья, поскольку проблема доступного жилья особенно остро ощущается в малых городах, где проживает 52% населения страны.

В программе конференции важное место заняли индустриальные технологии строительства, эффективные строительные материалы, реконструкция малоэтажных зданий, ремонт и реконструкция инженерных сетей и оборудования. Особенно было подчеркнuto, что энергоэкономичность зданий должна позволять наращивать объемы вновь возводимого жилья, практически не наращивая энергетических мощностей.

В докладе **первого вице-президента Ассоциации «СИНТЭС» канд. техн. наук Е.И. Завалеева** представлен аналитический обзор развития малоэтажного строительства в России.

Темпы строительства жилья в настоящее время (41 млн м² введено в 2004 г.) в 2 раза ниже, чем в середине 80-х годов. Доля малоэтажного строительства составляет 30%. К 2010 г. эта доля прогнозируется 50%. Для сравнения, в США доля малоэтажного строительства составляет более 82%. В основном это достигается за счет строительства быстровозводимого жилья. В нашей стране объем строительства быстровозводимого жилья пока не превышает 1,5%. Объем и состояние жилищного фонда в России позволяет сделать вывод, что от передовых западных стран в обеспечении граждан жильем мы отстаем почти на 150 лет.



В зале заседаний Ассоциации «СИНТЭС»

Наращивание объемов нового жилья необходимо осуществлять одновременно с решением назревших проблем эксплуатируемого жилого фонда, объем которого составляет 2,85 млрд м². Жилищно-коммунальный комплекс представляет собой одну треть всех основных фондов Российской Федерации. Практически отсутствие за последние 15 лет плановых капитальных и текущих ремонтов жилья и наружных инженерных сетей и оборудования требует уже в ближайшие годы осуществить реконструкцию и модернизацию 20% эксплуатируемого жилья, замену более 5% ветхого жилья, привести в нормальное состояние более 70% наружных инженерных коммуникаций и оборудования.

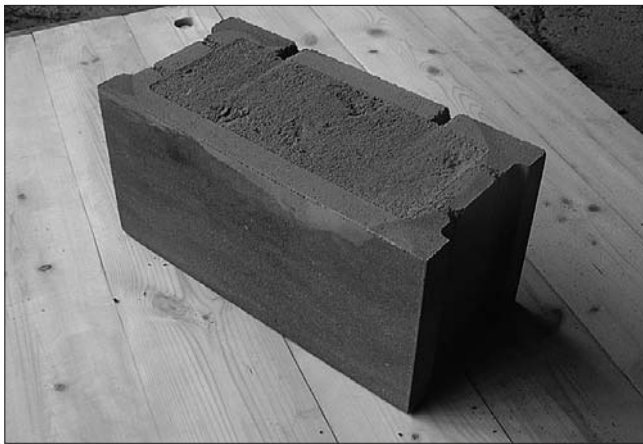
Программа доступного жилья вошла в число четырех приоритетных национальных проектов, финансируемых федеральным бюджетом на 2006 г., на нее планируется выделить 21,9 млрд р. Однако чтобы перейти на качественно новый уровень развития строительства нового жилья и реформирования эксплуатируемого жилого фонда, потребуется как минимум на порядок увеличить финансирование жилищно-строительной сферы.

Директор департамента строительства Ярославской области С.А. Николаев отметил, что Ассоциация «СИНТЭС» является одним из пионеров развития технологий быстровозводимого недорогого жилья. Поэтому администрация области поддерживает строительство в г. Переславле-Залесском экспериментального энергоэффективного района и программу реконструкции и модернизации малоэтажного жилья на базе энергоэффективных технологий Ассоциации «СИНТЭС».

Уже готов к государственной приемке первый многоквартирный демонстрационный жилой квартал. В ближайшие годы планируется завершить все объекты данного квартала. Предполагается, что будут использованы уже опробованные приемы утепления и отопления домов, надстройки мансардных этажей без усиления фундаментов и т. д.

Вице-президент МАИФ И.Г. Давыденко рассказал об инвестиционных возможностях Международной ассоциации ипотечных фондов по ипотечному кредитованию в рамках программы «Доступное жилье». МАИФ готова оказывать помощь в реализации программы Ассоциации «СИНТЭС» во всех регионах России.

С докладом «Новые энергосберегающие технологии членов Ассоциации «СИНТЭС» в Заполярье» выступил **Ю.И. Прудченко – начальник отдела капитальных ремонтов, градостроительства и архитектуры г. Дудинка Долганско-Ненецкого (Таймырского) округа**. Он рассказал об опыте строительства и эксплуатации жилых домов и школы, построенных в Заполярье на вечной мерзлоте в 2002–2003 гг. Дома собирались из легких термоструктурных панелей вручную, на легких фундаментах, что особенно важно при большой трудоемкости разработки мерзлого грунта. Доставка элементов домов осуществлялась вертолетами. Двумя доставками поставлялся комплект панелей на весь дом. За два месяца фирма «Контракт» возводила дома «под ключ». Двухлетний опыт



Термоблок из плотного песчаного бетона с заполнением из ячеистого бетона разработан НПЦ «Стройтех»

эксплуатации домов подтвердил необходимость расширения строительства энергоэффективных домов Ассоциации «СИНТЭС». В настоящее время с фирмой «Контракт» подготовлены предложения по строительству еще одной школы и нескольких жилых домов в г. Дудинка.

Генеральный директор ООО «СП Радослав», директор ООО «Контракт» В.А. Яхьяев выделил приоритеты быстрого возводимого энергоэффективного жилья перед традиционными технологиями строительства. Прежде всего это легкость конструкций, высокие теплоизоляционные качества, высокий уровень заводской готовности, быстрота сборки коробки здания. Это делает их весьма перспективными особенно для удаленных и труднодоступных территорий России. Опыт применения их на Таймыре подтвердил, например, эффективность применения термоструктурных панелей «СП Радослав» в условиях вечной мерзлоты.

Наряду со строительством новых зданий легкие, быстро возводимые ограждающие конструкции актуальны для реконструкции и модернизации малоэтажных зданий послевоенной постройки. Легкость конструкций позволяет надстраивать даже два этажа без ущерба несущей способности оснований зданий. Конструкции термоструктурных панелей постоянно совершенствуются; в 2006 г. совместно с американской фирмой «РАДВА» планируется заводское производство термоструктурных панелей в России, которые уже будут относиться к ряду трудносгораемых. Перспективы таких панелей для мансардных надстроек огромны.

Вице-президент Ассоциации «СИНТЭС» Г.П. Полوشенко рассмотрел вопросы качества проектирования и инженерные решения при выборе технологии, материалов и конструкций для реконструкции малоэтажных зданий. Резервы в этом направлении оцениваются специалистами в 15–20%. Однако проектные институты полностью отстранились от вопросов снижения материалоемкости, стоимости и трудоемкости строительства в силу снижения квалификации конструкторов и архитекторов, незнания стоимости материалов и конструкций.

Разработанные в 2000 г. ТСН Ярославской области по теплозащите зданий полностью игнорируются. Введение новых норм по теплозащите зданий должно было дать снижение затрат на тепло на 20%. До настоящего времени не достигнута плановая экономия по городам Ярославлю, Угличу, Рыбинску, Переславлю Залескому и другим населенным пунктам, которую легко подсчитать по количеству финансовых затрат на топливо и энергоресурсы.

Особенно актуальны вопросы реконструкции и модернизации малоэтажного жилья в малых городах области. Разнообразие изделий и материалов, выпускаемых членами ассоциации «СИНТЭС», позволяет разра-

батывать оптимальные конструктивные и технологические решения надстроек мансард для двухэтажных зданий, как это планируется, например, в Переславлe-Залеском. Именно здесь понадобятся новые знания проектировщиков для включения в проект энергоресурсосберегающих материалов и конструкций.

Д-р техн. наук К.И. Львович (НПЦ «Стройтех») представил новый концептуальный подход к технологии индустриального строительства малоэтажных жилых домов, который включает использование в качестве единственного заполнителя в бетоне наиболее дешевого местного материала — строительного песка или заменяющих его промышленных отходов; реализацию широкого спектра архитектурно-планировочных решений; применение унифицированной номенклатуры сборных изделий, в подавляющем большинстве дешевых штучных неармированных, обеспечивающих возможность ручного монтажа зданий; использование вибропрессования как основной технологии для производства штучных малоразмерных изделий; включение в состав номенклатуры изделий для благоустройства участков и малых архитектурных форм; обеспечение производства всех конструкций «на дом» в условиях малых предприятий, характеризующихся низкой капиталоемкостью и быстрой окупаемостью.

Термоблок (патент РФ RU № 2030527) — изделие размерами 390×190×188 мм и весом 13,2 кг, включающее оболочку из высокопрочного плотного песчаного бетона и заполнитель ячеистый бетон плотностью 150 кг/м³.

Оболочка изготавливается на вибропрессующем оборудовании, предназначенном для производства щелевых блоков. Изготавливают 3–12 оболочек, которые на следующем технологическом посту «по сырому» заполняют ячеистой массой и после пакетирования направляют в камеру тепловлажностной обработки.

Для заполнения оболочки возможно использование пеногипса плотностью 50 кг/м³ и пеноизола — 20 кг/м³. Разработанная технология позволяет изготавливать блоки с различной отделкой лицевой поверхности.

Стены из термоблоков обладают высокими теплозащитными свойствами. При плотности ячеистого бетона 150 кг/м³ приведенное сопротивление теплопередаче составляет 4,6 м²·°С/Вт, что значительно превышает требования норм. По этому показателю стена толщиной 38 см удовлетворяет теплотехническим требованиям при температуре наружного воздуха –48°С.

Конструкция блока позволяет реализовать кладку на цементных клеях, что позволяет не только сократить объем мокрых процессов в строительстве, снизить его себестоимость, но и улучшить теплотехнические характеристики стен, так как клей располагается не на всей горизонтальной поверхности термоблока, а только на гранях оболочки, что исключает появление горизонтальных мостиков холода.

Генеральный директор Теплоэнергоснаба Ф.Н. Смуся проинформировал о новом отопительном оборудовании на твердом топливе, работающем в автоматическом режиме. Особенно эффективно такое оборудование для малоэтажного жилья. Однако пока еще в нашей стране требуется организация производства топочных шарообразных брикетов, прессуемых из отходов древесины со специальными добавками, обеспечивающими более полное сгорание топлива.

Заместитель главного инженера ФГУ НПЦ «Недра» Е.П. Кудрявцев заострил внимание участников конференции на необходимости расширения применения альтернативных источников энергии, в частности тепловых насосов, использующих энергию земли и геотермальных вод. Он привел примеры зарубежного опыта, где работают сотни тысяч установок различной мощности и объем добываемой таким образом энергии растет с каждым годом.

ВЫСОТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО – тема II Международного симпозиума КНАУФ по строительным материалам

10–13 октября 2005 г. в Москве на базе Московского государственного строительного университета (МГСУ) состоялся II Международный симпозиум по строительным материалам КНАУФ для СНГ на тему: «Современное высотное строительство. Эффективные технологии и материалы».

Организаторами симпозиума выступили фирма КНАУФ и МГСУ при поддержке Российской академии архитектуры и строительных наук, Правительства Москвы, РНТО строителей и Центра новых строительных технологий, материалов и оборудования.

В симпозиуме приняли участие представители профильных строительных вузов России и стран СНГ, научно-исследовательских и проектных организаций, строительных фирм. Для выступлений с докладами были приглашены профессора технических университетов Германии.

Участников симпозиума приветствовали член Правления международной группы КНАУФ д-р Х. Гамм, ректор МГСУ В.А. Теличенко, заместитель начальника управления научно-технической политики в строительной отрасли Департамента градостроительной политики развития и реконструкции Москвы А.Ю. Степанов, вице-президент РААСН В.И. Травуш, президент РНТО строителей Б.А. Фурманов.



Открывая симпозиум, член правления группы КНАУФ д-р Х. Гамм отметил, что «компания КНАУФ сознательно выбрала темой нынешнего симпозиума современное высотное строительство, поскольку в ближайшие годы ожидается значительный рост объемов строительства именно в этом секторе, причем не только в Москве, но и в других крупных городах России»

С каждым годом в крупных городах остается все меньше места под застройку. В этих условиях становится актуальным освоение подземного пространства и строительство зданий повышенной этажности.

Возведение высотных зданий является чрезвычайно сложным, трудоемким и ответственным процессом, требующим решения комплекса вопросов, связанных с проектированием и расчетом конструкций, подбором рациональных объемно-планировочных решений, выбором эффективных строительных материалов и технологий строительства.

В Москве намечен значительный объем высотного строительства. В ближайшие годы будет возведено более 60 высотных комплексов, в том числе 100 зданий высотой более 75 м общей площадью примерно 6 млн м².

Нормативно-технической базы на проектирование, строительство и эксплуатацию высотных зданий в России не было. Специальным распоряжением Правительства Москвы головной организацией по

разработке московских городских строительных норм на высотное строительство назначен ЦНИИЭП жилища.

Выступая с докладом, **директор по научной деятельности ЦНИИЭП жилища д-р техн. наук Ю.Г. Граник** отметил, что к этой работе было привлечено около 20 научно-исследовательских, проектных, строительных и других организаций. Обеспечение безопасности на всех этапах строительства и эксплуатации высотных зданий являлось концептуальной задачей при разработке МГСН.

Имеющийся опыт строительства высотных зданий показал, что они значительно массивнее зарубежных аналогов. С учетом высоких требований к огнестойкости несущих конструкций необходимо находить дополнительные резервы снижения массы высотных зданий за счет применения легких конструкций наружных ограждений, перегородок и других элементов.

Современную концепцию легкого строительства представил **директор Института проектирования жилья Штутгартского университета д-р Т. Йохер**. В своем богато иллюстрированном докладе он отметил, что социально-демографическая ситуация в обществе изменяется во времени, поэтому от проектировщиков требуется создание гибких планировочных решений. Задача архитектора – гармонично сочетать индивидуальное жизненное пространство с общественным, создать единство жилого комплекса. Особенно это актуально для городских территорий.

С возрастанием социального статуса женщины в современном обществе появилась тенденция территориального сближения жилых и рабочих помещений, создания комплексов, где располагаются как офисы, так и квартиры. В европейских странах также актуальна проблема перепрофилирования части офисных помещений в жилые. Каркасные конструкции в сочетании с легкими внутренними конструкциями и технологиями сухой отделки позволяют реализовать подобные трансформации, быстро организовать любое зонирование.





Современную концепцию легкого строительства представил директор Института проектирования жилья Штутгартского университета д-р Т. Йохер



Трансформируемость является основой здания будущего, считает профессор К.-У. Тихельманн из Исследовательской лаборатории деревянного и сухого строительства (Дармштадт)



О новых разработках специалистов фирмы КНАУФ рассказал доктор Х.-У. Хуммель

Трансформируемость является основой здания будущего, считает профессор **К.-У. Тихельманн из Исследовательской лаборатории деревянного и сухого строительства (Дармштадт)**. По его мнению, важными элементами современного проектирования должны стать гибкость, изменяемость, переоснащаемость, способность к преобразованию, только тогда многолетняя эксплуатация дорогих и материалоемких высотных зданий будет эффективна. Ведь в современной жизни изменения происходят так быстро, что спрогнозировать функциональное назначение здания или его части порой не представляется возможным. Более того, даже в момент разработки концепции застройщик может не иметь об этом четкого представления, а на реализацию проекта требуется несколько лет. Поэтому возможность трансформировать здание повышает его жизненный цикл и увеличивает реальную стоимость недвижимости в каждый промежуток времени.

С другой стороны, разные элементы высотного здания имеют различные жизненные циклы, что связано с физическим и моральным износом, появлением новых технологий, изменением нормативов и т. д. Например, несущие конструкции могут эксплуатироваться 100 и более лет, оболочка зданий рассчитывается примерно на 35 лет, срок службы инженерного оборудования составляет не более 10 лет. Возможность быстрой замены тех или иных элементов здания, его перепланировки и перепрофилирования становится важным инструментом эффективной эксплуатации.

В докладе К.-У. Тихельманна было приведено множество примеров реализованных объектов. Например, на этапе проектирования здания высотой 148 м, которое предполагалось построить над транспортным тоннелем в Дюссельдорфе, не было определено его функциональное назначение. Поэтому изначально были определены общие зоны доступа, лифтовые шахты и некоторые зоны обеспечения безопасности. Остальное пространство проектировалось как трансформируемое. В настоящее время в здании размещаются офисы, включая городскую канцелярию, торговые и производственные помещения, а также квартиры. В здании максимально использованы технологии сухого и легкого строительства, в частности фирмы КНАУФ.

Во всех помещениях смонтированы фальшполы, которые позволяют при минимальных затратах поддерживать техническое оснащение здания на современном уровне. Инженерные системы можно также размещать за системой парусных потолков, которые могут принимать самые причудливые формы, имеют улучшенные акустические характеристики и обеспечивают повышенный уровень освещенности.

На новых разработках фирмы КНАУФ для сухого и легкого строительства, которые, в частности, могут быть эффективно применены в высотном строительстве, рассказал **доктор Х.-У. Хуммель (Кнауф Гипс КГ, Ипхофен, Германия)**. В высотном строительстве вопрос противопожарной защиты является одним из основополагающих. Специальные огнезащитные Кнауф-листы «Файерборд» относятся к классу негорючих материалов А1. Их применяют для обеспечения высокого уровня огнезащиты в больших помещениях с высокой концентрацией людей (аэропорты, медицинские и торговые центры, гостиницы, высотные здания). Листы «Файерборд» используют для обшивки несущих конструкций, изоляции кабельных каналов и трубопроводов, облицовки внут-

ренних перегородок, потолков, технических шахт и т. д. Специальные огнезащитные конструкции «Кнауф-Файерборд», максимальная высота которых составляет 8,5 м, способны сдерживать распространение огня до 90 мин.

Для обеспечения повышенной звукоизоляции целесообразно применять специальные материалы «Кнауф Панно», «Кнауф Диамант», «Кнауф Дива».

На второй день участники симпозиума приняли участие в работе секций, на которых обсуждались специальные вопросы высотного строительства. На секции «Проектирование высотных зданий. Архитектура, расчеты и конструирование, строительная физика» тон обсуждения задавал доклад **профессора кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий МГСУ Т.Г. Маклаковой**, в котором был представлен зарубежный опыт высотного строительства, а также рассмотрены важнейшие проблемы высотного строительства в Москве, в частности размещение и состав высотной застройки. Анализ зарубежного опыта высотного строительства показывает, что в США, где высотное строительство зародилось в первой трети прошлого века, относительно широкое строительство высотных жилых домов практически завершилось к концу 60-х гг., а в Европе – в 70-е гг.

По мнению докладчика, для Москвы наиболее целесообразно сконцентрировать ресурсы на застройке нескольких участков срединно-окраинной зоны, а не возводить «высотное кольцо» за чертой города.

Такие комплексы должны получить композиционное и социальное значение. В композиционном отношении они могли бы стать художественно-пространственными центрами организации достаточно безликой массовой жилой застройки. В социальном плане административно-офисные центры могут дать значительное число рабочих мест по месту жительства, что избавит часть населения этих зон от ежедневной миграции к рабочим местам, а городские, в первую очередь транспортные, коммуникации – от пиковых перегрузок. Такая концепция предусматривалась Генеральным планом Москвы 1971 г.



Частично бетонный раствор производится непосредственно на строительной площадке



Общую концепцию ММДЦ «Москва-Сити» представил участникам симпозиума в штабе 13-го строительного участка вице-президент РААСН, главный конструктор комплекса В.И. Травуш

Также на секции были рассмотрены вопросы энергетической эффективности высотных зданий, расчета каркасов и особенности возведения ограждающих конструкций и др.

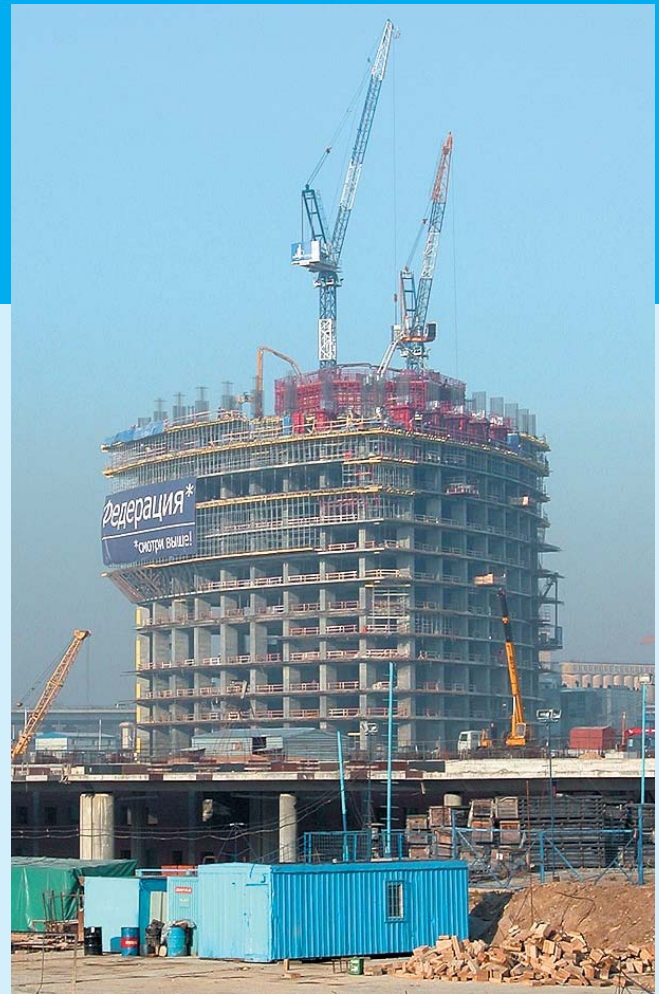
На секции «Современные строительные материалы для высотного строительства» были представлены современные материалы, перспективные для использования в высотном строительстве. Основными требованиями, предъявляемыми к таким материалам, являются повышенная прочность и легкость. Например, спирально армированные бетонные конструкции имеют повышенную энергоемкость, что позволяет повысить их сопротивляемость статическим и динамическим воздействиям, при этом снизить материалоемкость, трудоемкость и стоимость строительства (разработка специалистов 26-го ЦНИИ Министерства обороны РФ).

Другая перспективная разработка российских ученых – специальная сухая смесь для гипсопоробетона. Разработанный в МГСУ модификатор гипса позволяет получать материал на основе гипса с высокой водостойкостью, морозостойкостью и прочностью. Использование технологии сухих смесей для производства гипсопоробетона позволяет решить проблему контроля качества на строительной площадке, так как качество сухой смеси проводится в лаборатории завода-изготовителя. Возможность доставки сухой смеси на стройплощадку в мешках или силосах позволяет применять механизированные технологии переработки и производства работ с использованием мобильных установок.

Участникам симпозиума была предоставлена уникальная **возможность посетить строительную площадку самого крупного из столичных высотных проектов – ММДЦ «Москва-Сити»**. Самым высоким в составе делового центра будет комплекс «Федерация», строительство которого ведет компания «Миракс-Груп».

На пленарном заседании проект представил архитектор М. Лассен (Германия).

По замыслу архитекторов высотный комплекс «Федерация» станет новой вертикальной доминантой московского ландшафта. Два стеклянных «паруса» высотой 260 м (57 этажей, башня «Б») и 340 м (85 этажей, башня «А») композиционно объединены своеоб-



разной мачтой с лифтами, высота которой с антенной составляет 420 м. Все три элемента объединены общим основанием. Площадь застройки составляет 1,07 га, общая площадь объекта 260 тыс. м².

Комплекс «Федерация» многофункционален. В нем предусмотрены офисные помещения, фитнес-центр, гостиница, включающая номера-апартаменты, рестораны, бары, небольшие кафе, конгресс-центр и даже видовая площадка.

Отделка внутренних помещений комплекса предусмотрена с использованием легких систем сухого строительства. Офисные помещения проектируются со свободной планировкой.

Общую концепцию ММДЦ «Москва-Сити» представил участникам симпозиума в штабе 13-го строительного участка вице-президент РААСН, главный конструктор комплекса В.И. Травуш. Он отметил, что архитектурная концепция комплекса была разработана архитектором Б.И. Тхором в начале 90-х гг. прошлого века. Общую координацию проекта выполняет 6-я мастерская ГУП «Моспроект-2» им М.В. Посохина. Полностью завершено строительство «Башни-2000» и моста «Багратион». На 15 участках ведется строительство частными инвесторами. Для возведения самого высотного строения комплекса – башни «Россия» (648 м) – инвестор пока не найден.

Как главному конструктору комплекса В.И. Травушу было задано множество вопросов, связанных с конструктивными особенностями и безопасностью.

В качестве обзорной площадки была использована эксплуатируемая кровля объектного офиса компании «Миракс-Сити». На вопросы участников симпозиума, возникшие при осмотре строительной площадки, отвечал технический специалист компании В.Н. Смирнов. Он отметил, что общая стоимость проекта составляет около 500 млн долл. США. В настоящее время башня «А» находится на уровне фундамента, в башне «Б» возведено 14 этажей каркаса. Так как здание будет сдаваться в эксплуатацию поэтапно, в ближайшее время начнутся работы по облицовке фасада. Для внутренней отделки планируется активно использовать материалы КНАУФ.

В заключение симпозиума участники посетили завод «КНАУФ гипс» и учебный центр в Красногорске Московской области.

«ЕВРОЦЕМЕНТ групп» выиграл дело против ФАС

Арбитражный суд Брянска принял решение о признании недействительным требования территориального управления ФАС по Брянской области к ОАО «ЕВРОЦЕМЕНТ групп» о ежемесячном предоставлении информации об оптовых ценах на продукцию. Суд считает, что таким образом был нарушен п. 3 ст. 7 Федерального закона «О защите прав юридических лиц при проведении государственного контроля», так как требование антимонопольного органа устанавливает не предусмотренную действующим законодательством дополнительную форму отчетности. Рассмотрение аналогичных исков «ЕВРОЦЕМЕНТ групп» в арбитражных судах на неправомерные требования ФАС состоится в ближайшее время в Нижнем Новгороде, Самаре и ряде других городов. Арбитражный

суд Москвы также принял исковое заявление холдинга «ЕВРОЦЕМЕНТ групп» о признании недействительными решения и предписания Федеральной антимонопольной службы России от 11 октября 2005 г.

В «ЕВРОЦЕМЕНТ групп» считают, что принятое ФАС решение способно нарушить наметившуюся в последнее время положительную динамику развития цементной промышленности. По мнению специалистов, в случае реализации решения ФАС России угроза глобального дефицита цемента становится еще более реальной. Уже в 2006 г. он может достичь 2 млн т, а к 2010 г. — 10 млн т в год. Таким образом, под угрозой оказывается выполнение национальной программы по увеличению строительства доступного жилья.

По материалам
«ЕВРОЦЕМЕНТ групп»

«Сибирский цемент» приступил к строительству сети бетонных заводов

ОАО «Холдинговая компания «Сибирский цемент» приступило к строительству сети бетонных заводов стоимостью до 10 млн USD. Поставку оборудования будет осуществлять турецкая фирма Elkon. Было принято решение о приобретении двух заводов Elkomix-120 по выпуску товарного бетона. Паспортная мощность каждого завода — 100 м³/ч бетона. За год с учетом фактора сезонности один завод будет поставлять на рынок

до 90 тыс. м³ товарного бетона. Запуск в промышленную эксплуатацию первого завода в Новосибирске намечен на апрель–май 2006 г. Второй завод будет построен в Красноярске. Приобретение заводов является частью плана холдинга «Сибирский цемент» по строительству сети бетонных заводов по всему Сибирскому федеральному округу.

Пресс-служба
ОАО «Холдинговая компания
«Сибирский цемент»

В Ульяновской области открыты два новых цеха по производству строительных материалов

В Поволжском филиале ООО «Старатели — Новоспасское» в конце октября был запущен цех по переработке гипсового камня мощностью 10 тыс. т в месяц. Новый цех по производству строительного гипса позволит предприятию выпускать сырье для изготовления основной продукции завода — сухих строительных смесей, причем продукция цеха будет востребована не только на самом предприятии, но и на заводах Москвы, Старого Оскола, Беларуси. Пуск цеха позволит увеличить доходы предприятия на 100 млн р. ежегодно. Благодаря новому производству работу получают еще 50 новоспасцев.

В ноябре состоялся запуск цеха по производству продукции на гипсовой основе. Ассортимент расширен гипсовыми шпатлевочными и штукатурными составами для ручного и машинного нанесения. Вся продукция изготавливается по рецептуре и под контролем технологической лаборатории ООО «Старатели». Каждый вид производимых материалов снабжен всеми сертификатами, требуемыми российским законодательством.

В настоящее время это крупнейший завод по производству сухих строительных смесей в Приволжском федеральном округе.

По материалам
ООО «Старатели — Новоспасское»

На ОАО «Оренбургские минералы» запущена четвертая секция обогащения хризотил-асбеста

Решение о запуске четвертой секции обогащения на ОАО «Оренбургские минералы» было принято в связи с расширением рынка потребления хризотилового волокна в странах Юго-Восточной Азии.

Четвертая секция не работала с 1997 г. и служила источником запасных частей для других секций. В ее восстановление было вложено более 100 млн р.

В подготовке секции к эксплуатации участвовали все основные подразделения комбината. Ремонт и комплектация оборудования произведены силами работников ОАО «Оренбургские минералы». Основная часть

техники, необходимая обогатителям, изготовлена в ремонтно-механическом цехе комбината.

В связи с увеличением объемов рудного потока для работ в карьере приобретена дополнительная горная техника — экскаваторы, карьерные грузовики БелАЗ, думпкары и тяговые агрегаты, гидроударник. Для улучшения качества взрывных работ освоена новая забоечная машина. На приобретение горной техники руководство предприятия также выделило свыше 100 млн р.

Ожидается, что уже в 2006 г. выпуск хризотилового волокна на комбинате увеличится до 500–550 тыс. т в год.

По материалам пресс-службы
ОАО «Оренбургские минералы»

Европейское признание компании из России

Институт новых технологий и автоматизации промышленности строительных материалов («ИНТА-Строй») из Омска получил общественное признание за рубежом. Компания награждена сразу двумя престижными зарубежными наградами.

Европейская общественная комиссия и Институт европейской интеграции (IEI) присудили компании международную премию «Европейский стандарт». Отбор номинантов производился среди участников и победителей национальных конкурсов промышленников и предпринимателей. Премия Европейского сообщества присуждается решением Европейской общественной комиссии, в состав которой входят эксперты из Швейцарии, Германии, Франции, России и других стран —

членов Совета Европы. В России экспертиза проводилась при содействии Экспертного института РСПП и Всероссийской организации качества.

«Золотая медаль Ассоциации содействия промышленности» (Франция), которой также награждена компания «ИНТА-Строй», является свидетельством признания эффективной работы предприятия, ее авторитета на внутреннем и внешнем рынке, качества товаров и услуг.

Ассоциация содействия промышленности (SPI) основана в 1801 г. декретом Наполеона Бонапарта. Ее целью стало стимулирование развития французской промышленности. Среди организаций стран СНГ конкурс стал проводиться ежегодно с 1996 г.

По материалам компании «ИНТА-Строй»

Кубовидный щебень из мелкого гравия

В октябре 2005 г. на Малкинском песчано-гравийном карьере ООО «Промстройинвест» (Ставропольский край) запущена установка для производства кубовидного щебня из мелкого гравия с повышенным влагосодержанием. Такой гравий обычно выводится из основной технологии производства щебня.

Установка для производства щебня смонтирована на базе дробилки КИД-1200М (разработка НПК «Механобр-техника»). В настоящее время производительность

установки по питанию составляет до 110 т/ч; содержание в щебне (фракция 5–10 мм) зерен пластинчатой и игловатой формы — 9%; дробленых зерен — 89%; выход отсевов (фракция 0–5 мм) — 26,3%.

Щебень с такими показателями может применяться для строительства и реконструкции автомобильных дорог, строительства мостов и тоннелей, портовых сооружений и др.

По материалам НПК «Механобр-техника»

Завод «NICOGLOSS» — новое производство компании «ТехноНИКОЛЬ»

Компания «ТехноНИКОЛЬ» инвестировала 25 млн евро в комплексное развитие производства. В рамках этой программы в г. Воскресенске Московской обл. проведена модернизация завода «ТЕХНОТОП» и открыто новое производственное предприятие — завод «NICOGLOSS».

На заводе «ТЕХНОТОП» введена в эксплуатацию новая технологическая линия мощностью 15 млн м² в год по выпуску кровельных и гидроизоляционных материалов. Инвестиции в установку технологической линии составили 10 млн евро. Запуск новой линии позволит компании «ТехноНИКОЛЬ» производить новые

виды кровельных и гидроизоляционных материалов. Планируется, что с открытием новой линии объем производства завода «ТЕХНОТОП» в 2005 г. составит 22 млн м².

Завод «NICOGLOSS» специализируется на производстве изделий из стекловолокна, которые используются при изготовлении битумных и битумно-полимерных кровельных и гидроизоляционных материалов. Производство стекловолокна — новое направление деятельности для компании «ТехноНИКОЛЬ». Объем инвестиций в строительство и инженерно-техническое оснащение завода составили 15 млн евро.

По материалам компании «ТехноНИКОЛЬ»

Концерн Deseunink открыл собственное производство в России

В октябре 2005 г. международный концерн Deseunink-Thyssen Polymex запустил в Серпуховском районе Московской области новый завод по производству ПВХ-профилей для оконных и дверных конструкций.

Открытие нового завода позволит повысить уровень сервиса, а также удовлетворить растущий спрос на профильную систему Фаворит, производство которой начато на предприятии.

В настоящее время в эксплуатацию введены три экструзионные линии, а к концу 2005 г. планируется установить еще две линии с полной автоматизацией

производственного процесса. В 2006 г. предполагается удвоение мощности производства и расширение ассортимента изготавливаемой продукции.

Планируемая мощность производства составляет 10 тыс. т в год. Компаунд для экструзии профиля поставляется из Германии, что гарантирует высокое качество продукции. На заводе действует оперативный центр логистики и единая система контроля качества сырья и выпускаемой продукции.

Персонал прошел обучение на заводах Германии и Бельгии. Планируется, что в результате открытия нового производства и запуска запланированных линий Московская область получит более 100 рабочих мест.

Соб. информация



50-летие создания и развития технологий получения вспученного перлита и перлитовых материалов

было отмечено проведением Международной научно-практической конференции «**Производство и применение перлита. Опыт, технологии, перспективы**», которая состоялась 29–30 сентября 2005 г. в Киеве (Украина). Организатором конференции выступил Украинский научно-исследовательский институт строительных материалов и изделий (НИИСМИ), который был одним из четырех научно-исследовательских центров СССР, проводивших технологические исследования по производству вспученного перлита. Работы в НИИСМИ велись под руководством доктора технических наук А.В. Жукова. Многие годы изучению перлита отдали И.Я. Байвель, А.А. Крупа, С.П. Арбитман, Н.М. Тимофеева, Л.В. Алексеева и др. Разработки института были широко внедрены в промышленности, имеют международное признание.

В конференции приняло участие около 100 представителей научных и промышленных учреждений и организаций из Армении, России, Украины, Болгарии и Греции.

Перлит широко используется в современной промышленности и сельском хозяйстве. С историей производства перлита в России и бывшем СССР за 50 лет и с современным состоянием перлитовой подотрасли промышленности ознакомил участников конференции д-р техн. наук **В.В. Наседкин** (ИГЕМ, Москва, Россия). Интенсивные работы по изучению вулканических стекол для производства вспученного перлита были начаты в 1955–1960 гг. после опубликования статьи В.П. Петрова «Новые виды неметаллических полезных ископаемых» (Разведка и охрана недр. 1955. № 3). За короткий промежуток времени в бывшем СССР была создана мощная сырьевая база для развития перлитовой подотрасли промышленности.

К 1990 г. мировая добыча перлита составляла 2,5 млн т, при этом на долю СССР приходилась примерно половина добытого сырья и СССР занимал второе место среди стран, производящих перлит. В настоящее время мировая добыча перлита составляет около 4 млн т и главными производителями перлитового сырья являются США и Греция. В РФ в 2004 г. было добыто 2 тыс. т перлитового сырья, заводы РФ работают в основном на сырье, импортированном из Греции и Турции.

Мировой объем потребления переработанного перлита, по данным экспертов фирмы S&B Industrial Minerals

(**И. Контолис**, Афины, Греция), в настоящее время составляет 2,7 млн м³, на долю Азии приходится 38%, Европы – 30%, Северной Америки – 32%. По областям применения перлит распределяется следующим образом: основная доля приходится на строительную отрасль – 67%, для производства фильтров – 12%, для производства агроперлита – 12%, на долю остальных отраслей промышленности – 9%.

Несмотря на имеющийся спад производства и применения вспученного перлита в странах СНГ, просматривается тенденция развития перлитовой подотрасли. По мнению канд. техн. наук **Н.М. Тимофеевой** (НИИСМИ, Киев, Украина), основными направлениями научно-технических разработок должны быть совершенствование технологии производства вспученного перлита, улучшение качества получаемого продукта, разработка и внедрение новых эффективных перлитовых тепло- и звукоизоляционных материалов, изделий и конструкций и др.

Дальнейшее совершенствование технологии невозможно без детального изучения процессов, протекающих на различных переделах. Понимание поведения вспучивающихся частиц в вертикальной печи, влияния на процесс температуры и скорости газовой среды, размеров частиц, уровня загрузки сырья в печь, по мнению заместителя генерального директора ОАО «Теплопроект» **В.М. Арте-**



Г.Г. Акоюн представил продукцию из перлита, которую выпускает ООО «Экоперлит», созданный на базе НПП «Перлит» НИИКамя и силикатов



Деятельность компании S&B Industrial Minerals, добывающей и перерабатывающей перлит, представил И. Контолис



Участники конференции посетили ОАО «Броварской ЗСК», где внедрена двухступенчатая технология НИИСМИ по получению вспученного перлита и налажено производство перлитобетонных блоков

мвеа (Москва, Россия), важно для полного представления о динамике процесса вспучивания. Для исследования процесса вспучивания мелких частиц докладчиком была разработана новая методика, лабораторная секторная печь газового нагрева и прибор для измерения объема вспученных частиц. Разработанная секторная печь обеспечивала условия вспучивания, приближенные к условиям вертикальной печи, точную фиксацию времени прохождения частицами границ обогреваемого сектора. Эксперименты выполнялись с частицами с эквивалентным диаметром 0,6–1,2–2–3 мм из арагацкого перлита. Температура в секторе изменялась в интервале 900–1250°C, скорость дымовых газов – 0,4–0,5 м/с. Проведенные исследования позволили докладчику установить, что представления о массовом разрушении при вспучивании частиц сырья размером более 0,25 мм и о механизме разрушения как о послонных поверхностных сколах неверны. Оказалось, что наибольший коэффициент вспучивания $K_v=25,4$ получен для частиц 0,6 мм в диапазоне температур 1150–1200°C.

При производстве вспученного перлита необходимо учитывать, по мнению заведующей сектором перлита НИИСМИ *Л.В. Алексеевой* (Киев, Украина), особенности сырья различных месторождений. Проведенные исследования свойств перлитов большинства месторождений бывшего СССР, Венгрии, Болгарии, Греции, Монголии и др. стран позволили разработать двухстадийную технологию, позволяющую снизить расход газа с 25–40 до 14–16 м³/м³. Такая экономия достигается за счет более полного использования теплоты отходящих газов непосредственно в самом технологическом процессе и использования современных аппаратов с кипящим слоем для сушки, классификации и термоподготовки перлитового сырья.

Перспективным направлением развития перлитового производства представляется, по убеждению докладчика, организация централизованной подготовки – дробления, сушки и классификации перлитового сырья непосредственно на месторождении. При организации таких дробильно-сортировочных комплексов могут быть использованы технические решения по аэродинамической классификации мелких фракций сырья и его предварительной термоподготовки, разработанные в НИИСМИ.

Большая часть докладов была посвящена примерам промышленного использования вспученного перлита.

Как уже упоминалось выше, основным потребителем вспученного перлита в мире является строительная индустрия. В строительстве перлит применяют для тепло- и звукоизоляционных целей в виде засыпок, жестких изделий и др.

Засыпки из перлита являются весьма эффективным видом тепловой изоляции и по теплопроводности приближаются к пенопластам – коэффициент теплопроводности 0,04–0,043 Вт/(м·°C), и имеют ряд преимуществ:



Участникам конференции были вручены грамоты участников и сувениры. Грамоту участника и сувенир ведущему специалисту департамента развития ОАО «ХК «Сибирский цемент» В.П. Кузнецову вручает заместитель директора по научной работе НИИСМИ Ю.Н. Червяков

негорючесть, долговечность, нетоксичность, конкурентоспособность (*Г.Г. Аюбян*, НИИкамня и силикатов, Ереван, Армения). Кроме традиционных термопакетов и матов возможно производство перлитоволокнистых плит. Для этих целей применяется вспученный перлит фракции 0–5 мм и насыпной плотности 60–80 кг/м³. В составе перлитоволокнистых изделий перлит составляет 75–80%, остальное – целлюлозно-бумажные отходы, переработанные в тонкие волокна. Получаемые плиты имеют следующие технические характеристики: плотность 174 кг/м³, прочность при сжатии 0,5–0,6, при изгибе 0,58–0,65 МПа, коэффициент теплопроводности – 0,053–0,055 Вт/(м·°C), водопоглощение 17–20%.

Другим направлением использования перлита в строительстве является производство перлитобетонных стеновых изделий. По запатентованным разработкам НИИСМИ с 1996 г. на Украине освоено промышленное производство мелкоштучных перлитобетонных блоков, а в 2000 г. были сданы в эксплуатацию первые два жилых дома в г. Бровары Киевской обл. – 9- и 5-этажный (*С.Ю. Нацневский*, НИИСМИ, Киев, Украина). Блоки изготавливаются по вибропрессовой технологии. Получаемые блоки имеют хорошие теплотехнические характеристики: плотность в сухом состоянии может быть в пределах 400–800 кг/м³, коэффициент теплопроводности в сухом состоянии изменяется от 0,08 до 0,16 Вт/(м·°C) соответственно. Объективно теплозащитные свойства материала нужно оценивать в условиях эксплуатационной влажности. Проведенные работы в направлении снижения водопоглощения путем введения модификаторов позволили снизить сорбционную влажность перлитобетона на 25–30 %. Гидрофизические показатели перлитобетона: перлитобетон плотностью 505 кг/м³ имеет сорбционную влажность через 90 сут хранения в среде с относительной влажностью 97%, равную 12,6 мас.%; капиллярное всасывание – 2,49%; введение модифицирующих добавок позволяет уменьшить сорбционную влажность до 8,9%, капиллярное всасывание – до 0,074% для перлитобетона плотностью 490 кг/м³.

В строительной индустрии вспученный перлит может применяться также в сухих строительных смесях, в качестве теплоэффективной засыпки в стеновых конструкциях, для производства ячеисто-бетонных изделий и др.

На конференции были представлены доклады об использовании перлита в металлургии при разливке стали, для изолирования воздухоразделительных установок, в качестве нефте- и маслопоглощающего сорбента для очистки загрязненных вод и почвы, в качестве фильтровальных перлитовых порошков в пищевой промышленности, а также о применении агроперлита для закрытых экосистем и выращивания овощных, плодово-ягодных, цветочных и декоративных культур в закрытом грунте.



Международная научно-практическая конференция «Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии»



5–7 октября 2005 г. в Белгороде состоялась Международная научно-практическая конференция «Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии», организаторами которой выступили Федеральное агентство по образованию, Российская академия архитектуры и строительных наук, Ассоциация ученых и специалистов в области строительного материаловедения, Международный союз научных и инженерных общественных объединений, администрация Белгородской области, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгородский инженерно-экономический институт.

В работе конференции приняли участие 110 представителей 53 вузов и научно-исследовательских институтов из различных городов России – Апатит, Владивостока, Воронежа, Иванова, Казани, Краснодара, Магнитогорска, Москвы, Нижнего Новгорода, Новосибирска, Омска, Оренбурга, Орла, Пензы, Ростова-на-Дону, Санкт-Петербурга, Саратова, Тамбова, Твери, Челябинска, Улан-Удэ; 43 представителя промышленных предприятий России, представители научной и деловой общественности Беларуси, Казахстана, Украины и Сербии.

Работа конференции велась по десяти направлениям:

- современные проблемы строительного материаловедения;
- научные основы энерго- и ресурсосберегающих технологий производства строительных материалов;
- строительные конструкции, здания и сооружения. Архитектура и градостроительство;
- эффективные материалы, технологии и машины для строительства и эксплуатации автомобильных дорог;
- инженерная защита окружающей среды;

- информационные технологии в управлении техническими системами и моделировании;
- энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов;
- новые инновационные энергосберегающие технологии и оборудование в машиностроении;
- актуальные проблемы экономического развития;
- социальные и гуманитарные исследования в техническом вузе.

В работе конференции приняли непосредственное участие ведущие ученые России и стран СНГ – Ю.М. Баженов, Е.М. Чернышев, В.П. Носов, А.П. Зубехин, Л.П. Орентлихер, В.В. Прокофьева, П.Г. Комохов, В.М. Бондаренко, Л.Г. Филатов, В.М. Хрулев, И.Г. Лугинина, В.К. Класен, Ш.М. Рахимбаев и др.

Традиционно на пленарном заседании были заслушаны доклады по актуальным проблемам строительного материаловедения и строительства.

Применение достижений фундаментальной науки в нанотехнологиях в строительном материаловедении, по мнению П.Г. Комохова (Санкт-Петербург), – это одно из

приоритетных направлений научных исследований. В сферу нанотехнологий попадают объекты с характерными размерами, хотя бы вдоль одной координаты измеряемыми нанометрами. Объектами и явлениями нанотехнологий являются как отдельные атомы, так и их конгломераты и органические молекулы природного и искусственного происхождения. По мнению докладчика, развивая идеи нанотехнологии на уровне современных знаний, можно решить проблему повышения качества бетона, создания декоративно-отделочных материалов с супервысокими защитными свойствами, светостойкостью, адгезией, прочностью и твердостью, физической, химической и коррозионной стойкостью, широкой цветовой гаммы и др.

Ряд докладов был посвящен разработке новых полимерных материалов для строительства.

Одним из наиболее многотоннажных полимеров является поливинилхлорид (ПВХ). Созданию экономически и технически эффективных пластмасс на основе ПВХ, модифицированного как минеральными наполнителями – битумсодержащими, цеолитсодержащими и глауконитсодержащими породами, так и смесевы-



С пленарным докладом выступает проректор по научной работе МАДИ д-р техн. наук В.П. Носов



Традиционно на пленарных заседаниях научно-технических конференций в БГУ им. В.Г. Шухова вместе с преподавателями и участниками присутствуют студенты старших курсов



Во время заседания направления «Современные научные проблемы строительного материаловедения». Вопрос задает д-р техн. наук В.И. Калашников



С.В. Вовренюк, канд. техн. наук, руководитель НИЦ «Строительные материалы и технологии» Дальневосточного научно-исследовательского института по строительству (Владивосток)



Л.А. Урханова, канд. техн. наук, Восточно-Сибирский государственный технологический университет (Улан-Удэ), выступает с докладом «Строительные материалы на основе активированных вяжущих веществ»



С.А. Удодов, инженер-технолог, Кубанский государственный технологический университет (Краснодар)

ми термоэластопластами, был посвящен доклад **Р.К. Низамова** (Казань).

О разработанных основах теоретических представлений модификации кремнийорганическими добавками реактопластов, наполненных отходом формовки изделий кварцевой керамики — кеком, и о свойствах полученных материалов для строительных изделий малых архитектурных форм, ремонта трубопроводов и производства полимербетонов рассказала **Л.П. Огерь** (Белгород).

Тема сухих строительных смесей продолжает активно развиваться, что подтверждается большим количеством проводимых исследований.

Разработке теоретических и технологических основ производства цементополимерных смесей для защиты бетонных конструкций от воздействия окружающей среды в приморских регионах был посвящен доклад **С.В. Вовренюк** (Владивосток).

Новую цементно-песчаную штукатурную смесь на пористых заполнителях для защиты конструкций из ячеистых бетонов, обладающую хорошей паропроницаемостью, представил в своем докладе **С.А. Удодов** (Краснодар).

Об использовании вяжущего низкой водопоглощаемости (ВНВ) в клеевых составах сухих строительных смесей рассказал **К.М. Свириденко** (Новосибирск). Замена 12% портландцемента на ВНВ-80 в клеевых составах обеспечивает прирост прочности на 20%. Из приведенных докладчиком данных следовало, что оптимальный интервал содержания ВНВ-80 в клеевых составах находится в области 12–40% от массы портландцемента. При этом прочность при изгибе, сжатии и сцеплении может увеличиться в 1,5 раза.

Повышение сроков службы асфальтобетонных покрытий — одна из актуальных задач не только в РФ, но и во всем мире, обусловленная постоянным ростом объемов грузо- и пассажироперевозок. Интересным представляется, по мнению **В.П. Носова** (Москва), опыт США, где в настоя-

щее время опубликован для обсуждения проект инструкции по расчету и конструированию дорожных одежд. Наиболее существенным отличием ее является отказ от чисто эмпирического подхода, при котором в основу были положены экспериментальные зависимости широкомасштабного эксперимента AASHTO. Он был проведен в начале 1960-х гг., когда было достаточно проектировать дорогу на пропуск 5–10 млн грузовых автомобилей за срок службы до ремонта 15–20 лет; в настоящее время приходится рассчитывать на 50–200 млн воздействий грузовых автомобилей и срок службы дороги до ремонта должен составлять 30–40 лет. Тем более что уже существуют, как отметил докладчик, научные предпосылки и технологии, позволяющие проектировать дороги со сроком службы до 60 лет. Примененный в рассматриваемой инструкции иерархический подход к исходным данным по свойствам дорожно-строительных материалов позволяет при проектировании дифференцированно выбирать материалы в зависимости от значения, интенсивности движения и от стоимости проектируемого объекта. Этот опыт тем более важен в свете принятия в 2001 г. новых нормативных документов в РФ, регламентирующих все этапы проектирования нежестких дорожных одежд, согласно которым срок службы дорожных одежд составляет только 10–15 лет.

Технологическим приемам, позволяющим повысить качество дорожных покрытий, был посвящен ряд докладов, заслушанных на направлении «Эффективные материалы, технологии и машины для строительства и эксплуатации автомобильных дорог», — **М.С. Мелик-Багдасаряна, В.Н. Романюка, М.Г. Поводырева** и др.

Напряженная программа конференции, большое количество интересных докладов, заявленных по каждому направлению, не позволили участникам услышать и обсудить все заинтересовавшие доклады.



Во время работы конференции состоялась заседание Ассоциации ученых и специалистов в области строительного материаловедения, на котором был принят план научных конференций на 2006 г.



В.С. ИЗОТОВ, д-р техн. наук,
Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре как функция структуры цементного композита

Многолетний опыт эксплуатации зданий и сооружений показывает, что одной из причин преждевременного их разрушения является коррозия стальной арматуры, возникновению и ускоренному протеканию которой в значительной мере способствует коррозия самого бетона [1–3]. Поэтому защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре являются важнейшим условием обеспечения долговечности железобетона. Железобетонные конструкции при значительных коррозионных повреждениях, особенно если корродирует арматура, становятся практически неремонтопригодными.

Наиболее благоприятным условием для обеспечения долговечности конструкций является пассивное состояние стали, когда при любом влажностном состоянии цементного бетона арматура практически не подвергается коррозии. Пассивное состояние арматуры сохраняется, пока не произойдет снижение рН поровой влаги бетона ниже некоторого предела [2, 4] либо содержание в ней ионов-активаторов, в частности хлорид-ионов, не превысит некоторого критического значения (0,1–0,4% по массе цемента) [4]. Существенное влияние на защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре оказывает вид цемента, который влияет как на способность связывать CO_2 , так и на диффузионное сопротивление проникновению CO_2 . Чем больше в бетоне щелочных продуктов гидратации, тем больше CO_2 может быть связано и тем медленнее перемещается фронт карбонизации в глубь бетона. С другой стороны, в цементах, которые содержат пуццолановые добавки, со временем количество $\text{Ca}(\text{OH})_2$ еще более понижается вследствие реакции компонентов с пуццолановой добавкой и скорость карбонизации может увеличиться.

Коррозия стальной арматуры в бетоне представляет собой электрохимический процесс, протекающий

при наличии контакта поверхности металла с растворами электролитов, которыми могут служить водные растворы солей, щелочей и т. д.

Особенность электрохимической коррозии заключается в том, что окисление атомов металла и восстановление окислителя протекает в виде двух сопряженных реакций на различных участках поверхности металла (аноде и катоде), сопровождающихся возникновением между этими участками электродвижущей силы (ЭДС) и протеканием электрического тока. Механизм электрохимической коррозии подобен механизму работы гальванического элемента.

Интенсивность коррозии арматурной стали в бетоне зависит прежде всего от толщины и плотности защитного слоя бетона, щелочности (рН) контактирующего с металлом электролита, характера окружающей среды и свойств самой арматуры.

Если первые два фактора влияют главным образом на катодную поляризуемость, то щелочность (рН) определяет анодную поляризуемость и способность металла переходить при $\text{pH} > 11,8$ в пассивное состояние.

Использование смешанных вяжущих, содержащих в своем составе повышенные дозировки активных минеральных добавок, позволяет улучшить ряд важнейших физико-механических свойств бетона. Вместе с тем уменьшение доли клинкерной составляющей может привести к снижению долговечности конструкций из-за возможного снижения рН поровой жидкости бетона.

Поэтому, применяя для изготовления конструкций новые материалы, в том числе химические, и активные минеральные добавки (АМД) необходимо проверять защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре.

Защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре при использовании смешанных вяжущих изучены недостаточно полно. В ли-

тературе приводятся противоречивые данные о влиянии зол и других пуццолановых добавок на состояние стали в бетоне. Так, по данным [5], введение золы в состав тяжелых и легких бетонов приводит к ускорению процесса коррозии стали. С другой стороны, в работах [6, 7] отмечается не только отсутствие коррозии стали, но и приводятся экспериментальные данные, подтверждающие замедление коррозионных процессов стали в бетоне с золой.

Защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре следует рассматривать как функцию структуры защитного слоя. Действительно, по опытным данным [2, 4], сохранность стали в бетоне обеспечивается при рН поровой жидкости более 12, что свидетельствует о наличии в составе защитного слоя щелочных продуктов гидратации вяжущего и $\text{Ca}(\text{OH})_2$. В свою очередь, длительная сохранность высокого значения рН среды в полной мере связана со структурой порового пространства защитного слоя, способной сопротивляться диффузионному перемещению CO_2 в глубь защитного слоя. Поэтому при изучении влияния состава смешанного вяжущего на защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре следует обратить особое внимание на формирование оптимальной структуры цементного камня как матрицы бетона, способной оказывать сопротивление проникновению влаги, кислорода и CO_2 к поверхности стали.

В данной статье исследовано влияние состава смешанного вяжущего на состояние стальной арматуры в бетоне электрохимическим методом. Испытание стали проводилось в мелкозернистом бетоне по методике, описанной в работе [1]. Часть испытаний выполнена на образцах бетона как на плотном (гравий Камского месторождения), так и на пористом заполнителе (керам-

Таблица 1

Доля золы в составе вяжущего, %	Плотность тока, мкА/см ²	pH жидкой фазы в зоне расположения арматуры	Характеристика состояния стали
–	5,83*	12,61	Пассивное
10	6	12,61	Пассивное
20	6,2	12,6	Пассивное
30	8,1	12,5	Пассивное
40	11	12	Неустойчивое
50	19,2	11,6	Активное

* Значение плотности тока приведено после 50 циклов попеременного увлажнения и высушивания.

Таблица 2

Содержание добавок нитрита натрия, %	Плотность тока, мкА/см ²	pH водного раствора	Состояние стали
–	20,19	11,6	Активное
0,3	20,4	11,7	Активное
0,6	20,8	11,8	Активное
1	9,2	11,85	Пассивное
1,5	7,9	11,9	Пассивное
2	5,6	11,9	Пассивное

Таблица 3

Содержание добавок, %		Прочность цементного камня после ТВО, МПа, через		Прочность при сжатии бетона после ТВО, МПа, через	
ЦСП	NaNO ₂	4 ч	28 сут	4 ч	28 сут
30	–	29,3	33,2	21	25
30	1	29,9	34,3	22,5	28,1
30	2	28,7	33	20,1	23,8
50	–	26	31,8	17,3	22,6
50	0,3	24,5	30,3	18	23
50	0,6	26	30,6	17,9	23,2
50	1	25	31,5	18,4	25,9
50	2	25,5	31	17,7	23,4

зит Казанского завода керамзитового гравия ОАО «Татстрой» фракции 5–20 мм с насыпной плотностью 500–550 кг/м³). В экспериментах использовано смешанное вяжущее, полученное совместным доломом портландцемента марки 400 ОАО «Ульяновскцемент» с цеолитсодержащей породой (ЦСП) Татарско-Шатрашанского месторождения Республики Татарстан или с золой гидроудаления Казанской ТЭЦ-2 в присутствии модифицирующих добавок до оптимального значения удельной поверхности. Содержание активной минеральной добавки в вяжущем изменялось от 10 до 50%. Такой способ приготовления смешанного вяжущего позволяет активизировать не только клинкерную часть портландцемента, но и активную минеральную добавку за счет дополнительной аморфизации силикатной фазы ЦСП или стеклофазы золы ТЭЦ [8].

Учитывая, что бетоны на данных видах смешанных вяжущих наиболее рационально использовать после тепловлажностной обработки (ТВО), а также сложившееся мнение, что защитные свойства пропаренных бетонов, особенно на пористых заполнителях, ниже, чем бетонов на плотных заполнителях естественного твердения, исследования выполнялись на образцах бетона после ТВО при температуре 90°C по следующему режиму: выдержка – 2 ч, подъем температуры до 90°C – 3 ч, изотермический прогрев при 90°C – 8 ч, охлаждение до 40°C – 3 ч. Испытание образцов производилось в возрасте 27, 180 и 360 сут последующего твердения в нормальных условиях с относительной влажностью 50–55%.

Экспериментальные данные по влиянию состава смешанного вяжущего на защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре приведены в табл. 1. За критерий оценки защитных свойств бетона на смешанном вяжущем принято значение плотностей тока стальной арматуры в пропаренном мелкозернистом бетоне состава 1:3 по ГОСТ 310–76 при потенциале 0,3 В по отношению к хлорсеребряному электроду сравнения в возрасте 28 сут воздушно-влажного хранения.

Как видно из данных табл. 1, АД, вводимые в состав смешанного вяжущего до 30%, не снижают защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре, о чем свидетельствует значение плотности тока стали в бетоне ниже критического. Это обусловлено высокой плотностью защитного слоя бетона оптимальной поровой структуры, способного сопротивляться диффу-

зионному проникновению воды и CO₂ к поверхности стали. С увеличением содержания АД в составе вяжущего более 30% защитные свойства бетона падают, и сталь находится в активном состоянии.

При содержании в смешанном вяжущем АД более 30% происходит увеличение раздвижки зерен портландцемента, уменьшается плотность упаковки, повышается пористость цементного камня и соответственно облегчается доступ воды и CO₂ к поверхности стали.

Поскольку увеличение доли АД в составе смешанного вяжущего более 30% вызывает коррозию арматурной стали в бетоне, то представляет интерес проверить эффект введения

в состав бетона ингибитора коррозии – нитрита натрия с целью расширения области применения бетонов на данном виде вяжущего.

В эксперименте использовался мелкозернистый бетон состава 1:3. Бетон изготовлялся из смешанного вяжущего, в котором доля ЦСП составляла 50%. Нитрит натрия как ингибитор коррозии стали вводился в количестве 0,3–2% от массы вяжущего с водой затворения. Контрольные образцы мелкозернистого бетона с арматурными стержнями пропаривали при 90°C, а затем выдерживали 27 сут в камере с температурой 20°C и относительной влажностью 95–100%, затем подвергали испытанию ускоренным электрохимичес-

Таблица 4

Доля ЦСП в вяжущем, %	Интегральная пористость, %	Средний радиус капилляров	Однородность пор по размерам	pH водной вытяжки
0	7,37	0,54	0,6	12,9
10	7,01	0,39	0,65	12,9
20	6,81	0,32	0,55	12,8
30	6,91	0,35	0,56	12,7
40	7,5	0,51	0,62	12,3
50	8,5	0,56	0,76	11,6

ким методом. Влияние нитрита натрия на защитные свойства бетона на смешанном вяжущем приведены в табл. 2. Как следует из данных табл. 2, применение добавки нитрита натрия в количестве 1–2% в бетоне на смешанном вяжущем с высокой долей АД дает положительный эффект. Это обусловлено активным влиянием нитрита натрия на формирование поровой структуры цементного камня. Известно [2], что введение нитрита натрия в бетонную смесь обеспечивает пассивацию стали за счет создания на ее поверхности защитной пленки из групп NO_2^- , препятствующей совместно с гидроксил-ионами анодному растворению стали.

Механизм защитного действия бетона на смешанном вяжущем, по нашим данным, заключается в повышении плотности бетона, главным образом за счет уменьшения радиуса капиллярных пор, а также более полной гидратации цемента и пониженной капиллярной пористости.

При использовании ингибиторов коррозии стали в бетонах, применяемых в ответственных сооружениях, важно, чтобы они не давали побочных явлений, например снижения прочности бетона. С этой целью были выполнены исследования по влиянию нитрита натрия на прочность пропаренного мелкозернистого бетона на смешанном вяжущем, с содержанием в своем составе 30 и 50% ЦСП (табл. 3).

Известно, что защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре существенно зависят от плотности защитного слоя бетона. В табл. 4 приведены данные, характеризующие строение порового пространства защитного слоя бетона на смешанном вяжущем.

Поровая структура бетона определялась по кинетике водопоглощения в соответствии с ГОСТ 12730.0–5–78

Из данных, приведенных в табл. 4, следует, что наибольшую интегральную (кажущуюся) пористость имеет

бетон с максимальным содержанием активной минеральной добавки в составе смешанного вяжущего, а наименьшую – бетон, содержащий до 30% активной минеральной добавки; наибольший средний радиус капилляров характерен для структуры бетона, изготовленного на смешанном вяжущем с содержанием ЦСП 50% от массы вяжущего; а наименьший – для структуры бетона на смешанном вяжущем, содержащем 20% ЦСП; наиболее однородной по размерам пор является структура бетона на смешанном вяжущем с максимальным содержанием ЦСП, а соответственно наименее однородной – структура бетона на смешанном вяжущем, содержащем 20% добавки.

Одним из условий обеспечения долговечности железобетонных конструкций является плотность защитного слоя бетона, способного сопротивляться проникновению к поверхности стальной арматуры паров воды и углекислого газа, совместное влияние которых приводит к карбонизации бетона и понижению величины pH.

С целью определения срока полной карбонизации защитного слоя бетона исследуемых составов и сравнительной оценки их проницаемости был определен эффективный коэффициент диффузии углекислого газа в карбонизованном слое бетона.

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что увеличение дозировки в составе смешанного вяжущего как золы, так и ЦСП

приводит к повышению его проницаемости для углекислого газа, следовательно, со временем защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре понизятся.

Определение расчетного периода нейтрализации защитного слоя бетона показало, что в бетоне класса В25, содержащего более 50% золы и ЦСП от массы портландцемента при толщине защитного слоя 20 мм, фронт карбонизации может достигнуть поверхности арматуры уже через 20 лет. В бетоне класса В15 на данном виде вяжущего период нейтрализации защитного слоя толщиной 20 мм не превышает 10 лет.

Сохранность стальной арматуры в бетонах на смешанных вяжущих оптимального состава различного возраста и условий твердения может быть связана с высокой плотностью структуры, достаточным содержанием гидроксил-ионов для поддержания щелочности среды на уровне $\text{pH}=12$.

Плотная структура цементного камня и растворной составляющей бетона на смешанных вяжущих оптимального состава ограничивает диффузионную проницаемость бетона для кислорода и углекислого газа. Это приводит к уменьшению доступа газа к поверхности арматуры и карбонизации защитного слоя. Анализ кинетики карбонизации пропаренного бетона на смешанном вяжущем как с использованием золы, так и с использованием ЦСП показывает ее затухающий характер. Толщина карбонизи-

Таблица 5

Расход материалов, кг/м ³							Прочность в возрасте 28 сут, МПа	pH в возрасте, сут	
Цемент	Гравий	Керамзит	Песок	Вода	ЦСП, %	ЛСТ, %		28	360
410	1253	–	518	222	–	–	28,9	12,5	12,3
350	1287	–	432	190	15	–	31,4	12,2	12
350	1287	–	432	163	15	0,25	38	12,7	12,3
330	1287	–	432	170	20	0,8	35,1	12,4	12,2
325	–	475	409	305	–	–	14,3	12,3	12,1
260	–	473	350	259	20	–	15,6	12	12
260	–	473	350	230	20	0,25	20,3	12,5	12,2
260	–	473	350	235	20	0,8	17,6	12,1	12,1

ванного слоя зависит от условий твердения образцов. Так, например, при попеременном увлажнении и высушивании бетона при комнатной температуре толщина карбонизованного слоя как в возрасте 180, так и в возрасте 360 сут меньше на 2–3 мм, чем у аналогичных образцов, твердевших в комнатных условиях в среде с относительной влажностью 50–55%. Это обусловлено дополнительным сопротивлением проникновению кислорода и углекислого газа через капилляры, заполненные водой. Это приводит к карбонизации лишь поверхностного слоя бетона, вблизи поверхности стали через 1–5 лет хранения образцов в атмосферных условиях сохраняется величина $pH=12,45-12,47$, достаточная для пассивации стали и гарантии ее сохранности.

В табл. 5 приведены составы тяжелого и легкого бетона с применением ЦСП и результаты определения pH водной вытяжки образцов в возрасте 28 и 360 сут последующего нормального твердения.

После того как были сняты поляризационные кривые, образцы были разрушены, а арматура извлечена из бетона. Осмотр арматурной стали под микроскопом показал, что на ее поверхности отсутствуют признаки коррозии.

Таким образом, ни уменьшение количества цемента, ни возможность поглощения части $Ca(OH)_2$ активным кремнеземом ЦСП и стеклофазой золы гидроудаления в бетонах на смешанных вяжущих оптимального состава не приводят к снижению pH до величин, опасных с точки зрения коррозии арматуры.

Анодные и катодные гальваностатические кривые стали в исходном состоянии и после 12 мес хранения на воздухе показывают, что замена 20% цемента на АМД фактически не влияет на анодную поляризуемость стали; в то же время угол наклона катодных поляризационных кривых увеличивается, свидетельствуя о затрудненности поступления кислорода к арматуре.

Список литературы

1. *Алексеев С.Н.* Коррозия и защита арматуры в бетоне. М.: Стройиздат. 1968. 230 с.
2. *Алексеев С.Н., Иванов Ф.М, Модры С., Шисль П.* Долговечность железобетона в агрессивных средах. М.: Стройиздат. 1990. 320 с.
3. *Алексеев С.Н., Чернышев Ю.П.* Защита арматуры от коррозии в бетонах на шлаковых и зольных материалах // Бетон и железобетон. 1978. № 8. С. 10–12.

4. *Hsu T.T.C. Slate F.O. Sturman G. Winter G.* Microcracking of Plain Concrete and the Shape of the Stress Strain Curve // J. Amer. Conc. Inst. 1963. № 2. Prog. 60. P. 209–224.
5. *Кокубу М., Ямада Д.* Цементы с добавкой золы-уноса // Труды Шестого международного конгресса по химии цемента. Т. 3. Цементы и их основные свойства. М: Стройиздат. 1976. С. 83–94.
6. Зола-унос — замедлитель коррозии стальной арматуры в бетонах // Пром. строит. материалов. Реф. инф. Сер. 3. Промышленность сборного железобетона. ВНИИ-ЭСМ. 1973. Вып. 6. С. 32–34.
7. *Павленко С.И., Якущенко В.Ф., Крылов Б.А.* Свойства тяжелого бетона с повышенной дозировкой золы ТЭС // Бетон и железобетон. 1976. № 12. С. 9–12.
8. *Изотов В.С., Морозова Н.Н.* Смешанное вяжущее для бетонов, твердеющих при пропаривании // Строит. материалы. 1998. № 12. С. 19–20.
9. *Изотов В.С.* Формирование структуры и свойств бетонов на активированных смешанных вяжущих // Материалы академических чтений РААСН. Новые научные направления строительного материаловедения. Белгород. 2005. С. 185–196.

Сварка полимерных труб



ООО «ТЭП» оказывает научно-техническую помощь строительным фирмам по следующим направлениям:

- консультации по производству и применению полимерных труб;
- организация производства и применения полимерных труб и фитингов;
- обучение инженеров, контролеров и сварщиков трубопроводов.

Поставляет машины для контактной сварки полимерных труб диаметром 63–1200 мм.

Предоставляет сварочное оборудование в аренду и выполняет шефмонтаж.

Выполняет техническую экспертизу аварий полимерных трубопроводов.

Наше сварочное оборудование успешно эксплуатируется в различных регионах – от Санкт-Петербурга до Сахалина и от Республики Коми до Казахстана.

Оптимальное соотношение цены и качества объясняет предпочтение, которое оказывают специалисты именно нашим сварочным установкам. Варианты расширенных комплектаций включают устройства для компьютерного протоколирования и импортные комплектующие.

ООО «ТЭП»
420073, Казань, ул. Гвардейская 14, оф. 1
Тел./факс: (843) 295-23-15, 295-49-85
E-mail: kim@mi.ru

www.ooo-tep.ru

УДК 552.513.54:666.712



Н.Е. Вороновский



А.И. Каймаков

Н.Е. ВОРОНОВСКИЙ, А.И. КАЙМАКОВ,
кандидаты техн. наук, Казанский государственный
архитектурно-строительный университет

Перспективы использования глауконитсодержащих пород Татарстана в технологии керамического кирпича

При анализе состояния и перспектив добычи твердых полезных ископаемых Республики Татарстан [1] рассматривался вопрос о наращивании производства местных фосфорсодержащих удобрений. Глауконитсодержащие подстилающие породы (ГСП) считались отходами добычи фосфоритов [2], очевидно, в связи с отсутствием исследований возможности их использования в производстве различных строительных материалов, в частности керамических.

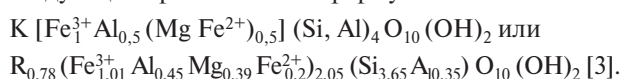
В Республике Татарстан разведано более 20 месторождений фосфоритов. Однако почти все они мелкие. Наиболее мощным является Сюндюковское месторождение фосфоритов, разрабатываемое с 70-х годов прошлого века. Перспективным также является Вожжанское месторождение.

Термин «глауконит» не имеет однозначного понимания. Существуют в первую очередь минералогический и литологический его аспекты, вместе с тем и минералогический аспект имеет по крайней мере два толкования.

В минералогии глауконитом называется богатая железом диоктаэдрическая слюда политипной модификации 1M и 1Md.

С другой стороны, этот же термин широко применяется в литологии как морфологический – для обозначения округлых зеленоватых зерен (pellets) или зернистых агрегатов с колломорфной структурой, распространенных в осадочных породах.

Для глауконита – диоктаэдрической железистой слюды – с учетом его изменчивого состава предложены следующие приближенные формулы:



В табл. 1 приведен химический состав ГСП наиболее крупных разрабатываемых месторождений Татарстана.

В глауконитсодержащих породах РТ присутствуют микроэлементы, относимые к токсичным: свинец, кадмий, фтор в количестве соответственно 6–7 мг/кг, менее 0,5 мг/кг, 550–2360 мг/кг, но это меньше ПДК.

Естественные радионуклиды, присутствующие в ГСП Вожжинского, Сюндюковского, обладают суммарной удельной эффективной активностью $A_{эфф.}$ 107–360 Бк/кг, что позволяет считать их пригодными для использования во всех строительных материалах, изделиях и в земледелии [3]. Таким образом, по экологическим параметрам все исследованные пробы удовлетворяют требованиям, предъявляемым к аналогичным видам сырья при использовании их в сельском хозяйстве и в качестве компонентов строительных материалов.

В работах, проведенных на кафедрах строительных материалов и технологии строительных материалов, изделий и конструкций (ТСМИК) Казанского ГАСУ в 1995–1999 г., показана возможность и целесообразность использования ГСП как наполнитель и пигмент в производстве ПВХ-линолеума. При этом одновременно с красящим эффектом обнаружено и заметное термостабилизирующее действие ГСП в пластифицированных поливинилхлоридных композициях.

Были проведены исследования влияния ГСП на технологические и функциональные свойства строительной керамики. Для эксперимента использовали глины наиболее крупных месторождений РТ, характеристика которых приведена в табл. 2.

Таблица 1

Месторождение		Na ₂ O	K ₂ O	CaO	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	P ₂ O ₅	SO ₃	ППП
Вожжинское	Партия 2-97	0,47	2,67	20,58	36	0,17	6,15	8,21	0,67	2,52	13,19	0,1	9,27
	Партия 5-97	0,45	2,84	1,72	71,78	0,51	7,97	6,05	0,26	1,06	2,05	–	5,31
Сюндюковское	Партия 12-97	0,68	2,89	2,92	67,78	0,49	8,43	6,98	0,31	0,03	1,45	–	8,04

Таблица 2

Месторождение	Массовая доля компонентов, %						Массовая доля, %, фракций, мкм			Число пластичности
	Al ₂ O ₃	Na ₂ O+K ₂ O	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	менее 5	5–50	Более 50	
Кошцаковское	9,4–10,9	2,8+1,2	68–71	3,6–5,8	1,8–4,8	–	6	12	82	8–12
Нижнеувельское	13	1,3+0,9	57,7	5,2	1,8	0,6	22,7	54,8	22,4	18,1

ГСП, %	Прочность при сжатии, МПа			Плотность, кг/м ³			Водопоглощение, %		
	900°C	950°C	1000°C	900°C	950°C	1000°C	900°C	950°C	1000°C
0	$\frac{18,8}{0}$	$\frac{19,4}{0}$	$\frac{19}{0}$	$\frac{1250}{0}$	$\frac{1220}{0}$	$\frac{1310}{0}$	$\frac{23}{0}$	$\frac{23,5}{0}$	$\frac{24,5}{0}$
5	$\frac{26,5}{+4,1}$	$\frac{19,8}{+2}$	$\frac{20,4}{+7,80}$	$\frac{1310}{+4,8}$	$\frac{1270}{+4,1}$	$\frac{1280}{-2,3}$	$\frac{24}{+4,35}$	$\frac{25}{+6,38}$	$\frac{28}{+14,28}$
10	$\frac{20,8}{+10,6}$	$\frac{16,6}{-14,5}$	$\frac{15,9}{-16,32}$	$\frac{1310}{+4,8}$	$\frac{1340}{+9,8}$	$\frac{1320}{+0,7}$	$\frac{23}{0}$	$\frac{24}{+2,13}$	$\frac{24}{-2,05}$
20	$\frac{15,6}{-17,1}$	$\frac{14}{-28}$	$\frac{16,8}{-11,58}$	$\frac{1350}{+8}$	$\frac{1360}{+11,47}$	$\frac{1380}{+5,3}$	$\frac{23}{0}$	$\frac{23}{-2,2}$	$\frac{23}{-6,13}$
40	$\frac{13,5}{-28,8}$	$\frac{11,6}{-40,1}$	$\frac{12,5}{+5,6}$	$\frac{1320}{+5,6}$	$\frac{1390}{+13,93}$	$\frac{1340}{+2,29}$	$\frac{24}{+4,35}$	$\frac{23}{-2,2}$	$\frac{24}{-2,05}$

Примечание. Над чертой: значение показателя; под чертой: + прирост показателя; – уменьшение показателя.

Образцы для исследований изготавливались методами пластического и полусухого формования и обжигали при температуре 900–1000°C. В табл. 3 приведены физико-механические свойства образцов пластического формования.

Полученные результаты показывают, что для всех исследованных образцов наблюдается экстремальный характер изменения прочности при сжатии, причем максимум прочности приходится на минимальное количество добавки ГСП 5%. Максимальная абсолютная величина прочности при сжатии достигает 26,5 МПа, что в процентном выражении соответствует приросту прочности более 40%.

Плотность образцов изменяется неоднозначно: основная тенденция проявляется в увеличении плотности с ростом количества добавки, но в относительном выражении максимальный прирост плотности при количестве добавки ГСП 5–10% составляет всего 5–9%, что свидетельствует об иной причине повышения прочности, нежели из-за простого уплотнения образца.

При повышении прочности и плотности образцов водопоглощение изменяется незначительно.

При концентрации ГСП в шихте более 15–20% практически для всех составов и температур обжига наблюдается ухудшение основных эксплуатационных показателей, что связано, как мы полагаем, с возрастающей долей песчаной фракции в общей массе, при которой ГСП уже играет роль отощающей добавки и ее вклад в изменение показателей становится доминирующим по сравнению с влиянием калий- и натрийсодержащих компонентов ГСП.

Характер изменения физико-механических показателей образцов керамики с различным содержанием добавки ГСП, обожженных при разной температуре, по всей вероятности, связан с двумя конкурирующими процессами:

- с одной стороны, увеличивается доля кварцевого песка – кристаллического компонента, подверженному многочисленным полиморфным превращениям в процессе обжига;
- с другой стороны, часть оксидов железа, натрия, калия и других ингредиентов переходит в железисто-щелочной расплав с образованием стекловидной фазы, которая характеризуется независимо от природы составляющих меньшей степенью упорядоченности и соответственно меньшей величиной истинной плотности.

Таким образом, результаты экспериментов подтверждают выдвигаемую гипотезу о преимущественном образовании в составах с малым количеством ГСП именно стекловидной, а не кристаллической фазы.

Подводя итоги серии опытов с образцами, изготовленными на основе жирных глин, можно констатировать положительное влияние добавки ГСП практически на все свойства керамических образцов, и в первую очередь при более низкой температуре обжига.

Анализ изображений шлифов керамических образцов с различным содержанием ГСП, полученных как с помощью оптического, так и электронного микроскопа, не выявил специфических игольчатых кристаллов муллита.

При рентгеноструктурном анализе в некоторых случаях были обнаружены новообразования волластонита или геленита. Это объясняет повышение прочности образцов.

Дилатометрические исследования подтвердили факт образования жидкой фазы в системе на более ранней стадии обжига и предполагаемый механизм влияния оптимальных количеств ГСП на процесс спекания керамической массы. Применение методики прямого определения количества стеклофазы, образовавшейся в процессе обжига, по ГОСТ 9758-86 однозначно свидетельствует об увеличении последней на 5–25% при оптимальном содержании добавки и температуре обжига.

При анализе дилатометрических кривых образцов полусухого прессования наблюдается аналогичная картина с той лишь разницей, что температуры фазовых переходов сдвинуты в область более высоких значений, что, в свою очередь, связано с меньшим количеством контактных зон, характерных для полусухого способа формования.

На кирпичном производстве ОАО «Завод ЖБИ-3» (Казань) выпущена опытная партия кирпича полусухого прессования (50 шт.), обожженного при температуре 980°C, который при испытании показал следующие результаты [4]: прочность при сжатии с добавкой – 12,6 МПа, без добавки – 10 МПа, при изгибе – 1,92/1,67 МПа, водопоглощение – 13/8–12%, морозостойкость – 25/25 соответственно.

Проведенные эксперименты и промышленная апробация показывают, что глауконитсодержащие породы, являющиеся многотоннажным отходом добычи фосфоритов, могут быть вовлечены в промышленное производство, что повысит эффективность использования природных ресурсов Татарстана.

Список литературы

1. Нерудные минеральные ресурсы ТАССР, В.Ф. Семенов и др., Казань: Тат. кн. изд-во. 1982. 86 с.
2. Минерально-промышленный комплекс твердых полезных ископаемых Республики Татарстан. Казань. Изд. «ФЭН» АН РТ. 1990. 88 с.
3. Методические рекомендации по применению геолого-промышленных классификаций и ППК на нетрадиционные виды полезных ископаемых. Вып. VIII: Глаукониты // Министерство геологии СССР. Всесоюзный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых. Казань. Изд-во Тат. респ. управлен. статистики, 1990. 32 с.
4. Патент РФ № 2160240. Сырьевая масса для изготовления керамических изделий / Каймаков А.И., Вороновский Н.Е., Тюрин А.Н., Хозин В.Г. Оpubл. 10.12.2000 в БИ. № 34.



А.М. Салахов



Г.Р. Туктарова



В.П. Морозов

А.М. САЛАХОВ, канд. техн. наук, доцент Казанского архитектурно-строительного университета, директор НПО «Строительная керамика», Г.Р. ТУКТАРОВА, магистр, Казанский государственный технологический университет, В.П. МОРОЗОВ, канд. геол.-мин. наук, Казанский государственный университет

Особенности структурообразования модифицированных керамических масс при сушке и обжиге

Известны различные способы модификации керамического сырья: добавление в керамическую массу техногенных отходов, химических реагентов и других добавок, при введении которых обязательным условием является нейтрализация вредных для здоровья человека элементов [1]. Модификация малоценных полиминеральных глин дорогостоящими беложгущими каолиновыми глинами улучшает технологические и эксплуатационные свойства изделий, однако их применение лимитируется высокой стоимостью и значительными транспортными издержками.

В данных исследованиях использовано только местное природное сырье: красножгущие глины Кошачковского и Нижне-Суксинского месторождений, а также глинистый мергель Максимковского месторождения Республики Татарстан, который в виду высокого содержания карбоната кальция ранее не рассматривался в качестве керамического сырья.

В европейских странах глины с большим содержанием карбонатов находят широкое применение, что становится возможным при качественной глиноподготовке [2, 3]. Опыт работы ряда предприятий Республики Татарстан также показывает возможность использования карбонатсодержащего сырья в качестве модифицирующей добавки к красножгущим глинам при производстве различных изделий строительной керамики.

Нами установлено, что добавка максимковского мергеля к красножгущим глинам позволяет значительно улучшить технологические свойства, среди которых не последнее место занимает снижение чувствительности керамической массы к сушке.

Введение добавки мергеля ведет к увеличению критической влажности и соответственно к снижению воздушной усадки глин: для композиции с кошаковской глиной критическая влажность увеличивается от 4,3 до 6,7%, усадка снижается с 8,9% до 5,9%. Аналогичные результаты получены и для других красножгущих глин. Эти данные хорошо коррелируют с данными, полученными с помощью традиционных методов определения чувствительности глин к сушке. Например, чувствительность к сушке, определенная по методу Чижского, для глины Кошачковского месторождения составляет 104 с. При добавке 50% глинистого мергеля время образования первых трещин возрастает до 166 с, то есть чувствительность снижается.

Отсюда следует, что добавка мергеля, улучшая реологические свойства глиномассы, в то же время приво-

дит к формированию в ней определенной структуры, обеспечивающей снижение усадки при сушке. Вероятно, оба явления (увеличение числа пластичности и снижение воздушной усадки) обусловлены созданием в глиномассе коагуляционной структуры, что требует дополнительного экспериментального подтверждения.

Следующей отличительной характеристикой модифицированных глин является их поведение при обжиге. Результаты термоаналитического изучения композиций глинистых пород Кошачковского и Нижне-Суксинского месторождений с мергелем Максимковского месторождения показывают наличие характерных для монтмориллонитовых глин термических превращений: удаление адсорбированной и слабосвязанной воды (интервал превращения 40–350°C), дегидроксидацию структурных ОН-групп (400–550, 580, 850°C), а также диссоциацию карбонатных примесей, которая происходит при более низких температурах 600–830°C.

Температурный максимум эндоэффекта диссоциации кальцита в данной композиции составляет 760–780°C, тогда как из литературных источников [4, 5] известно, что термическая диссоциация кальцита, связанная с его разложением до оксида кальция и углекислого газа, происходит при температуре более 800°C. Столь существенное отличие с нашей точки зрения обусловлено различиями в химическом составе анализируемых карбонатов. Ранее отмечалась уникальная структура данных мергелей [6]. Микрондовый анализ подтверждает его органоминеральную природу [7].

Изучение процессов, происходящих при обжиге композиционной глиномассы, проводилось рентгенографическим методом. Для выявления последовательности минеральных преобразований в обжигаемой массе помимо конечных продуктов обжига изучались образцы, обожженные в температурном интервале 20–1100°C с шагом обжига 100°C. Результаты анализов приведены в табл. 1 и 2.

Сравнение данных, приведенных в таблицах, показывает, что отличия заключаются прежде всего в составе новообразованных фаз. Так, обжиг глины приводит к появлению при 500–600°C новообразованных рентгеноаморфной фазы и гематита, что совпадает с температурным интервалом исчезновения монтмориллонита — основного минерала, обеспечивающего процесс спекания. Тогда как обжиг смеси глины и мергеля обуславливает появление других новообразований — волластонит-

Таблица 1

**Присутствие реликтовых и новообразованных минералов в обжигаемой кощачковской глине
(продолжительность обжига 1 ч, навеска 25 г)**

Минералы	Температура, °С											
	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
Реликтовые												
Кварц	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
КПШ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Плагиоклаз (альбит)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Гидролюда	+	+	+	+	+	+	+	+	+	следы		
Хлорит	+	+	+	+	+	+	+	+				
Монтмориллонит	+	+	+	+	+	следы						
Новообразованные												
Рентгеноаморфная фаза						+	+	+	+	+	+	+
Гематит							+	+	+	+	+	+

Таблица 2

**Присутствие реликтовых и новообразованных минералов в обжигаемой смеси: кощачковская глина – 70%,
максимковский мергель – 30% (продолжительность обжига 1 ч, навеска 25 г)**

Минералы	Температура, °С											
	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
Реликтовые												
Кварц	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
КПШ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Плагиоклаз (альбит)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Гидролюда	+	+	+	+	+	+	+	+				
Хлорит	+	+	+	+	+	+	+	+				
Монтмориллонит	+	+	+	+	+	следы						
Кальцит	+	+	+	+	+	+	+	+	следы			
Новообразованные												
Рентгеноаморфная фаза	Не обнаружено											
Гематит	Не обнаружено											
Воластонит										+	+	+
Пироксены										+	+	+

та и пироксенов, являющихся продуктами взаимодействия реликтов монтмориллонита и оксида кальция, которые образуются при разложении монтмориллонита и кальцита соответственно.

Отсутствие гематита в обожженных образцах смеси глины и мергеля обусловлено, вероятно, созданием восстановительной среды при обжиге. При этом освобождающееся из монтмориллонита и других слоистых силикатов железо входит в структуру пироксенов, что приводит к осветлению образцов.

Одновременно установлено, что модифицированная керамическая масса позволяет получать изделия с большим водопоглощением, что говорит о высокой поризации и, как следствие, улучшении теплофизических свойств.

Таким образом, исследования показали существенные отличия в поведении при сушке и обжиге модифицированных красножгущихся глин как в части минерального состава изделий, так и их текстуры, что позволяет варьировать цветовую гамму керамического черепка от розового до светло-желтого и увеличивать прочностные характеристики изделий, то есть повысить их марочность.

Модификация красножгущихся глин мергелем Максимковского месторождения позволила внести су-

щественные изменения в технологический регламент Казанского комбината строительных материалов, что привело к повышению эффективности производства, в частности к снижению потерь от брака и расширению номенклатуры изделий.

Список литературы

1. *Салахов А.М.* Увлекательная керамика. Казань: Центр инновационных технологий. 2004. 192 с.
2. *Technologia ceramica, Gruppo Eitoriale Faenza Editrice S.p.a.* 1999. 385 с.
3. *Jean Sigg.* Les produits de terre cuite. Editions septima, Paris, 1991. 494 p.
4. *Берг Л.Г.* Введение в термографию. М.: Наука, 1969. 396 с.
5. *Термический анализ минералов и горных пород.* Л.: Недра. 1974. 399 с.
6. *Салахов А.М., Морозов В.П., Туктарова Г.Р.* Совершенствование технологии производства строительной керамики и расширение номенклатуры изделий // *Стекло и керамика.* 2005. № 3. С. 18–21.
7. *Кораго А.А.* Введение в биоминералогию. СПб.: Недра. 1992. 280 с.

Влияние размера пор на термическое сопротивление пористой керамики

Исследования строительной пустотело-пористой керамики показали, что при изменении технологических параметров изменяются структурные параметры черепка. Экспериментальным и расчетно-графическим способами доказана возможность целенаправленного регулирования пористости (количества и размеров пор), а следовательно, теплопроводности и термического сопротивления материалов [1, 2]. Для успешной реализации поставленных задач авторы использовали ПК «Структура» и «База-Теплопрогноз 1.0» [3, 4].

Для установления динамики влияния размера пор и создаваемого ими термического сопротивления в пористой керамике были использованы те же составы, технология изготовления контрольных образцов, режимы их сушки и обжига, что и в работе [2]. Для регулирования средней плотности пористой керамики, теплопроводности и термического сопротивления в состав шихты вводили древесные опилки (ДО), древесную пыль (ДП) или шелуху гречихи (ШГ) в количестве до 60 об. %.

Для установления существования связи между изменением размера пор и термическим сопротивлением, создаваемым в черепке этими порами, на рис. 1 попарно приведены кривые изменения размера пор (слева) и термосопротивления (справа) для различного содержа-

ния добавки в шихте. Для возможности оценки вклада микро-, средних и макропор в изменение указанных свойств черепка полученные кривые были разделены на три отдельные ветви: I – для пор менее 50 мкм, II – для пор от 50 до 200 мкм, III – для пор от 200 до 700 мкм. Очевидно, что характер зависимости распределения пор по размеру (рис. 1 а, б, в, г) совпадает с характером зависимости термического сопротивления от размера пор (рис. 1 д, е, ж, з).

Интенсивное снижение количества макропор можно наблюдать, например, по снижению уровня III ветви кривых (слева) или уменьшению количества пор размером 300 мкм со 117 (рис. 1а) до 467 (рис. 1б), 667 (рис. 1в) и 1435 (рис. 1г) при соответствующем увеличении количества добавки от 0 до 60 об. %. Аналогичен характер изменения кривых термосопротивления черепка, создаваемого этими порами при тех же условиях.

Особенно интенсивно возрастает уровень кривых термосопротивления для макропор. Это подтверждает факт существования тесной связи между размером и количеством пор в черепке и термическим сопротивлением, создаваемым этими порами. Следовательно, используя такой традиционный технологический прием, как введение выгорающих добавок в шихту при

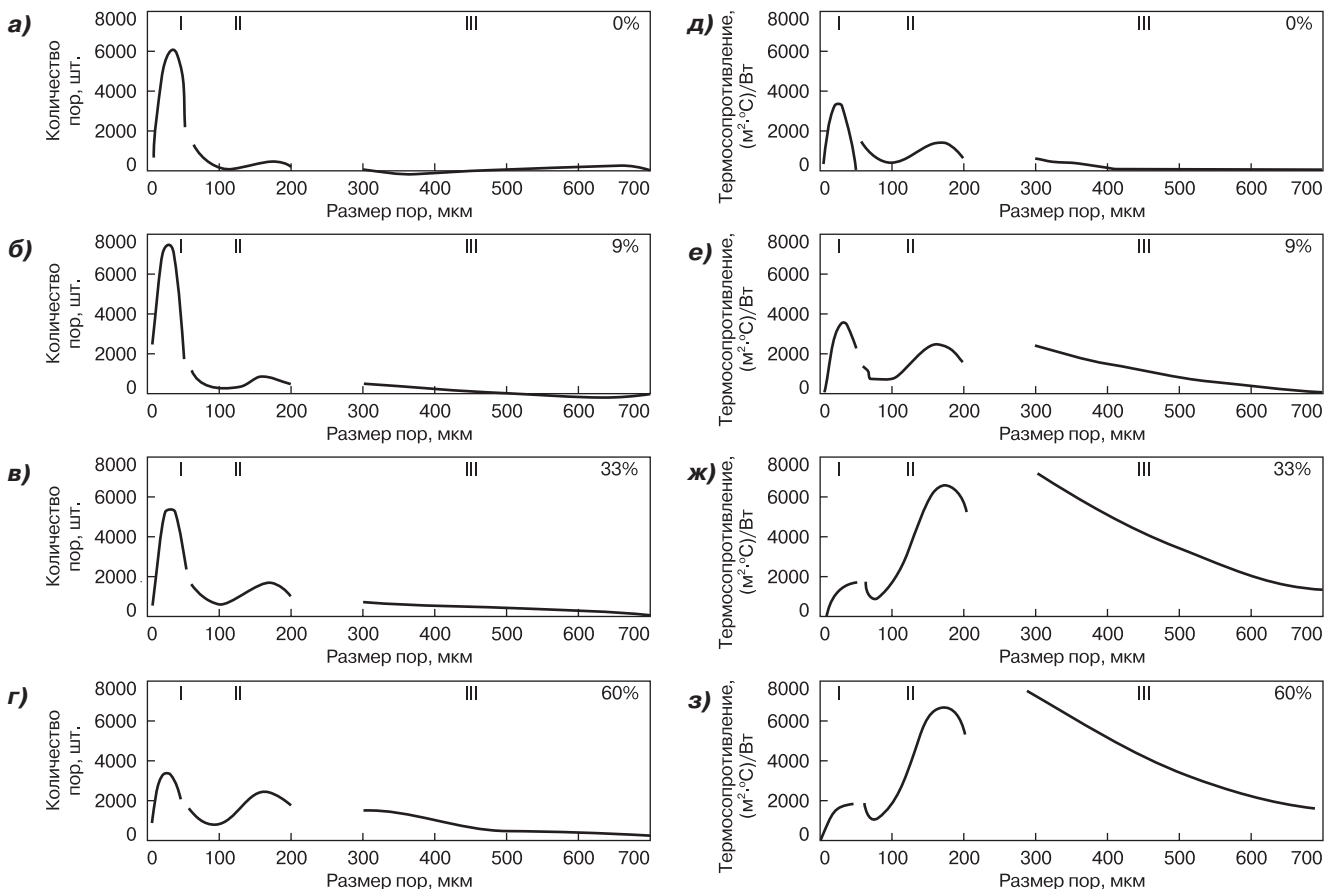


Рис. 1. Зависимости изменения количества пор в черепке и доли термосопротивления черепка при увеличении в шихте объемной доли выгорающей добавки в виде древесных опилок: I – ветвь кривой для микропор; II – то же для средних пор; III – то же для макропор

Таблица 1

Объемная доля добавки ДО, %	Уравнения дифференциальной пористости для черепка при размере пор, мкм		
	4<50	50<200	200<700
0	$Y_1 = -9,4407x^2 + 554,21x - 1872,9$	$Y_2 = -0,0037x^3 + 1,5564x^2 - 206,37x + 9015,6$	$Y_3 = 0,0016x^2 - 1,8624x + 518,23$
9	$Y_1 = -10,585x^2 + 568,53x - 240,6$	$Y_2 = -0,004x^3 + 1,6259x^2 - 204,79x + 8590,1$	$Y_3 = 0,0037x^2 - 4,7531x + 1549,7$
33	$Y_1 = -7,7054x^2 + 460,37x - 1488,5$	$Y_2 = -0,0057x^3 + 2,2836x^2 - 280,27x + 11518$	$Y_3 = 0,0052x^2 - 6,7504x + 2225$
60	$Y_1 = -4,2777x^2 + 255,49x - 470$	$Y_2 = -0,0065x^3 + 2,5105x^2 - 294,18x + 11621$	$Y_3 = 0,01x^2 - 13,051x + 4401,7$

Примечание. Y_1, Y_2, Y_3 – количество пор, шт.; x – размер пор, мкм.

Таблица 2

Объемная доля добавки ДО, %	Уравнения термического сопротивления черепка, создаваемого порами размером, мкм		
	4<50	50<200	200<700
0	$Y_1 = -0,0002x^2 + 0,0109x - 0,0384$	$Y_2 = -2 \cdot 10^{-7}x^3 + 7 \cdot 10^{-5}x^2 - 0,0084x + 0,3494$	$Y_3 = 3 \cdot 10^{-7}x^2 - 0,0003x + 0,0836$
9	$Y_1 = -0,0001x^2 + 0,0099x - 0,0504$	$Y_2 = -2 \cdot 10^{-7}x^3 + 8 \cdot 10^{-5}x^2 - 0,0099x + 0,3826$	$Y_3 = 3 \cdot 10^{-7}x^2 - 0,0005x + 0,1984$
33	$Y_1 = -0,0001x^2 + 0,0091x - 0,0695$	$Y_2 = -3 \cdot 10^{-7}x^3 + 0,0001x^2 - 0,0145x + 0,5458$	$Y_3 = 6 \cdot 10^{-7}x^2 - 0,0008x + 0,3025$
60	$Y_1 = -5 \cdot 10^{-5}x^2 + 0,0042x - 0,0249$	$Y_2 = -4 \cdot 10^{-7}x^3 + 0,0002x^2 - 0,0176x + 0,6305$	$Y_3 = 8 \cdot 10^{-7}x^2 - 0,0013x + 0,5314$

Примечание. Y_1, Y_2, Y_3 – доля термического сопротивления черепка, создаваемого в нем соответственно микро-, средними и макропорами, ($m^2 \cdot ^\circ C$)/Вт; x – размер пор, мкм.

производстве пористого кирпича или камня, можно целенаправленно регулировать как теплопроводность материала, так и термическое сопротивление ограждения.

Впервые для пористого черепка стеновой керамики, изготовленного путем введения выгорающих добавок в шихту на основе типичных кирпично-черепичных глин, получены корреляционные зависимости изменения количества микро-, средних и макропор и термического сопротивления черепка, создаваемого этими порами в зависимости от увеличения в шихте выгорающих добавок. Уравнения, описывающие эти зависимости, представлены в табл. 1, 2.

Приведенные уравнения показывают:

- между количеством выгорающей добавки в шихте, размером пор и количеством микро-, средних и макропор в черепке существует определенная корреляционная зависимость;
- между количеством выгорающей добавки в шихте, размером микро-, средних и макропор и термическим сопротивлением также существует корреляционная связь.

Экспериментально и графически доказана возможность целенаправленного регулирования термического сопротивления пористого черепка путем изменения состава шихты. Если фигуративные точки, соответствующие суммарным долевым вкладам термического сопротивления, создаваемого поровыми фазами в черепке толщиной 0,64 м, расположить на треугольной диаграмме « $R_{T<50} : R_{T50<200} : R_{T200<700}$ » (рис. 2), где R_T – термическое сопротивление поровых фаз, то для микро-, средних и макропор можно установить траектории изменения термического сопротивления с увеличением количества выгорающей добавки. Из рис. 2 видно, что с увеличением ДО от 0 до 60% эта траектория располагается по линии Д-И-К-Л. Сравнивая данные рис. 1 и 2 можно отметить, что с увеличением добавки от 0 до 60% происходит перераспределение количества микро-, средних и макропор: уменьшается число пор размером

менее 50 мкм; незначительно изменяется число средних пор; существенно увеличивается число макропор. Это способствует увеличению общего термического сопротивления, создаваемого всеми поровыми фазами черепка с 0,64 до 1,39, а в целом черепка (в том числе СФ и Кр.Ф) – с 1,01 до 1,63 ($m^2 \cdot ^\circ C$)/Вт.

Таким образом, показано, что графически можно установить области расположения фигуративных точек, отвечающих за термическое сопротивление, создаваемое в черепке порами определенного размера, и траектории их перемещения при изменении технологических факторов, например при увеличении дозировки выгорающей добавки в шихте. Меняя состав шихты черепка в заданных пределах, можно целенаправленно изменять на треугольных диаграммах траектории перемещения

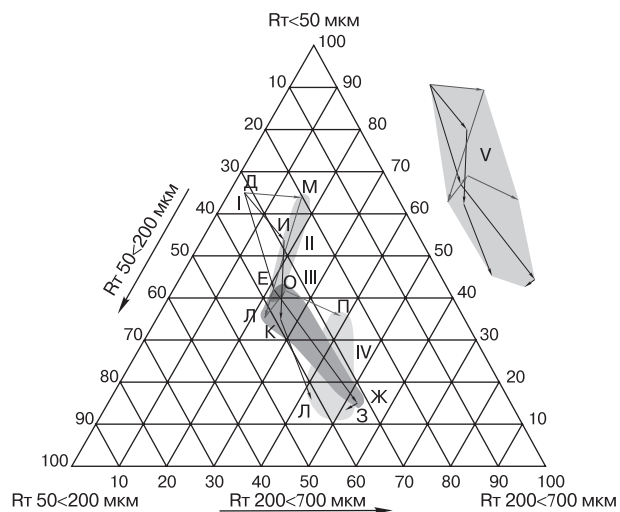


Рис. 2.

фигуративных точек, отвечающих как соотношению структурных составляющих, так и долевого вкладу термического сопротивления поровых фаз для черепка определенного состава.

Значительное влияние на теплофизические свойства пористого черепка оказывают и другие его структурные составляющие: стеклофаза (СФ), кристаллические новообразования и реликты глинистых минералов (Кр.Ф). Для того чтобы рассчитать полное термическое сопротивление пористого черепка, необходимо дополнительно установить долевого вклад в этот показатель СФ и Кр.Ф, которые составляют соответственно 0,132 и 0,106 ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт. Очевидно, что в общем термическое сопротивление рассматриваемой модели решающий вклад вносится порами, так как их доля от общего термического сопротивления составляет 85,36%, в то время как вклады стеклофазы и кристаллических фаз составляют соответственно 8,08% и 6,49%.

Для Казани термическое сопротивление стен принято равным 3,37 ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт, следовательно, из полнотелого кирпича на основе красногорской глины и ДО в объеме 60% невозможно создать эффективное однослойное ограждение. Дальнейшее снижение теплопроводности такого кирпича может быть достигнуто увеличением его пустотности, значение которой в зависимости от пористости и состава шихты может быть рассчитано с использованием ПК «База-Теплопрогноз 1.0» [4].

Подводя итоги представленных исследований, можно утверждать:

— для высокопористых керамических материалов на основе типичных кирпично-черепичных глин разработана новая методология определения и представления структуры пористого черепка в системе поры — стеклофаза — кристаллические новообразования;

- экспериментальным и расчетно-графическим способом доказана возможность целенаправленного регулирования пористости, структуры, термического сопротивления высокопористого черепка по траекториям перемещения фигуративных точек, отвечающих за расположение «порового облака», структурных составляющих, термического сопротивления;
- установлена динамика взаимосвязи размера пор и создаваемого ими термического сопротивления в пористой керамике при увеличении в шихте выгорающих добавок.

Результаты исследований предлагается применять для расчетов и прогнозирования теплофизических свойств строительных керамических материалов и ограждений на их основе. Это позволит повысить точность и достоверность расчетных данных.

Список литературы

1. Габидуллин М.Г., Каюмов Р.А., Рахимов Р.З., Темляков А.В. Исследование пор керамических строительных материалов с использованием программного комплекса «Структура» // Строит. материалы. 2005. № 7. С. 50–53.
2. Габидуллин М.Г., Каюмов Р.А., Рахимов Р.З., Темляков А.В. Взаимосвязь структуры и теплофизических свойств пористой керамики // Строит. материалы. 2005. № 9. С. 62–65.
3. Габидуллин М.Г., Киямов И.Х. «Структура» // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 20046611087 от 29.04.2004 г. в Роспатенте по заявке № 2003612545 от 4.12.2003 г.
4. Габидуллин М.Г., Рахимов Р.З., Темляков А.В., Валиуллин Р.Г. «База-Теплопрогноз 1.0.» // Свидетельство об официальной регистрации базы данных № 2004620058 от 25.02.2004 г. в Роспатенте по заявке № 2003620297 от 25.12.2003 г.

КАЗАНЬ 2006

XI международная специализированная выставка ВОЛГАСТРОЙЭКСПО

25-28 апреля








Технологии строительства, реконструкции и реставрации

Строительные комплексы, машины и механизмы

Техника, оборудование, инструмент и материалы для строительных работ

Строительный и специальный транспорт

Строительные конструкции, отделочные материалы

Россия, 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, 8, ОАО "Казанская ярмарка"

тел./ факс: (843) 570-51-27, 570-51-11, 570-51-15

e-mail: d1@vico.bancorp.ru, vico@tbit.ru, www.volgastroyexpo.ru, www.expokazan.ru

Новый автоматизированный завод фирмы LINGL в США

В октябре 2003 г. в г. Кантон, штат Огайо (США), компания Belden Brick Company запустила в эксплуатацию автоматизированный завод по производству строительных керамических изделий широкого ассортимента.

Семейное предприятие, основанное в 1885 г., всегда имело репутацию производителя высококачественного керамического кирпича. Для того чтобы поддерживать этот статус в будущем, было принято решение поручить фирме LINGL (Германия) разработать и построить полностью автоматизированный завод.

Новый завод является примером инноваций для кирпичной промышленности. Не только компоновка машин производит впечатление, но и гибкость технологии, которая позволяет выпускать расширенный ассортимент продукции.

На новом заводе Belden Brick Company работают две экструзионные линии. На одной выпускается традиционный ассортимент изделий – лицевой архитектурный кирпич и брусчатка. Это продукты особенно высокого качества, к которым предъявляются повышенные требования по точности размеров, морозостойкости и цветовой однородности.

На второй линии производятся новые изделия – химически стойкие плиты для полов. Эта продукция широко применяется в пищевой промышленности, так как имеет высокую плотность и стойкость к воздействию кислот и других химических веществ.

Для получения плит формуют заготовки коробчатого сечения, которые после сушки и обжига разделяют на две части с помощью специальной машины. Полученные плиты пригодны для бесшовной укладки. Для точного совмещения кромок плит на заготовки наносятся фаски двунаправленным обрезчиком, который является новой разработкой фирмы LINGL. Он впервые был представлен на выставке Ceramitec-2003 в Мюнхене.

В комплект оборудования для мокрой стороны получения лицевого кирпича и брусчатки включен комбинированный поворотный и опрокидывающий грейфер с электронным управлением, который позволяет осуществлять три варианта установки кирпича в садку: на плашок, тычок и ложок. Имеется возможность нанесения песка на каждый слой садки – это важно для ряда специальных заказов.

Значительный шаг вперед для качественной резки представляет собой новая резательная машина фирмы LINGL – проходная «Арфа», которая была разработана на основании изучения поведения глиняного бруса при резке. Специально для компании Belden Brick машина модернизирована, в ней предусмотрена возможность быстрой и экономичной смены формата продукции.

Сушка кирпича-сырца осуществляется непосредственно на печных вагонетках. Два робота-садчика выполняют компоновку сырцов в группы для последующей перегрузки на печные вагонетки через большой грейферный портал. Предварительное группирование позволяет формировать множество вариантов садки.

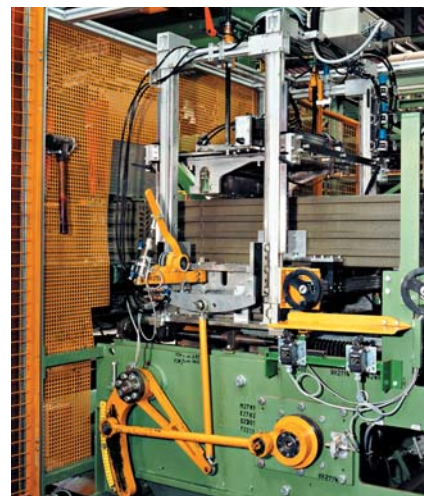
Путем смешивания красной и белой глины, а также созданием окислительной или восстановительной среды обжига компания Belden Brick выпускает широкий спектр цветов кирпича от белого до черного. Фирма гарантирует сохранение первоначального цвета на весь срок службы.

Фирме LINGL было поставлено условие: в новой печи необходимо выпускать изделия тех цветов, которые уже выпускаются на предприятии. В соответствии с этим заданием была разработана печь со сводовыми горелками. Также предусматривается заполнение всей площади печных вагонеток, что обеспечивает максимальную гибкость при выборе схемы садки для достижения желаемых результатов обжига. Плиты платформы вагонеток для оптимального газообмена перфорированы.

Новая печь фирмы LINGL имеет приспособления для постоянного восстановительного обжига и для так называемого flash-восстановления. Для получения водопоглощения черепка менее 1% требуется температура обжига до 1150°C в восстановительной среде. В связи с этим высота садки составляет только 700 мм, что предотвращает деформирование изделий при обжиге и обеспечивает сохранение высокой точности размеров.

Разгрузка лицевого кирпича, брусчатки и кислотостойких плит осуществляется роботами на индивидуальных линиях упаковки. Из лицевого кирпича и брусчатки формируются отгрузочные пакеты без поддонов с двумя отверстиями для вилочного погрузчика, как это принято в Америке. Но при необходимости продукцию можно укладывать на поддоны. Для повышения сохранности кирпича между слоями пакета укладывается картон, а в места для вилочного захвата – деревянные рейки.

Плиты для полов направляются на отдельную линию упаковки, оснащенную роботами. Перед упаковкой на поддоны плиты проходят через четыре станции разбрызгивания воска, который служит для защиты лицевой стороны от применяемой смолы для укладки полов. После отверждения смолы воск на лицевой стороне отмывается паром. Так образуется практически герметичное покрытие, которое выдерживает самые жесткие эксплуатационные нагрузки.



Обрезчик вертикальный двунаправленного действия



Резчик «Арфа»



Туннельная сушилка



Линия пакетирования брусчатки

Значительный шаг Belden Brick Company в направлении автоматизации производства завершился полным успехом. Вместе с заказчиком фирма LINGL доказала, что автоматизация производства архитектурного кирпича технически возможна и экономически обоснована. При этом можно сохранить широкий ассортимент продукции и снизить трудозатраты.



Н.В. КЛЮЧНИКОВА, канд. техн. наук, Е.А. ЛЫМАРЬ, А.М. ЮРЬЕВ, инженеры,
Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова

Проблемы совместимости керамической матрицы и металлического наполнителя при изготовлении композитов строительного назначения

Создание композиционных материалов стало особенно актуально в последние 25–30 лет. Цель создания композитов состоит в том, чтобы достичь комбинации свойств, не присущих каждому из исходных материалов в отдельности.

Одним из направлений создания композиционных материалов является совмещение неметаллической матрицы с металлическим наполнителем. Композиционные материалы, сочетающие пластичный металлический наполнитель и твердые прочные неметаллические армирующие компоненты, обладают совокупностью физико-механических и эксплуатационных свойств, так как, с одной стороны, пластичный металлический наполнитель позволяет изделию работать в условиях растягивающих и изгибающих напряжений, ударных нагрузок, повышенных температур, а с другой стороны, жесткий неметаллический каркас обеспечивает высокую прочность при сжатии. Таким образом, неметаллическая матрица дополняет металлический наполнитель и получаемый композит превосходит по физико-механическим показателям исходные свойства наполнителя и матрицы. Удешевление композиционных материалов, по сравнению с металлическими изделиями обеспечивается за счет замены части металла менее дорогим неметаллическим компонентом.

Металлический наполнитель имеет ряд преимуществ благодаря высокому уровню прочностных характеристик, пластичности, вязкости, хорошим литейным и технологическим свойствам.

На кафедре неорганической химии БГТУ им. В.Г. Шухова получены керамические композиционные материалы с высоким содержанием металлического наполнителя методом полусухого прессования с последующей сушкой и обжигом. Керамика характеризуется низкой прочностью при растяжении в сочетании с высоким модулем Юнга, низкой ударной вязкостью. При высоких температурах одной из причин выхода из строя изделий из керамики является растрескивание. Введение металлического наполнителя позволило получить интересное сочетание важнейших эксплуатационных характеристик — высокий предел прочности, усталостную прочность и др. Основные преимущества таких композиционных материалов связаны с высокими температурами эксплуатации при одновременном значительном повышении прочностных свойств.

В качестве металлического наполнителя выбран алюминий, так как он относительно дешев, обладает хорошей пластичностью, низкой температурой плавления. В качестве матрицы использовали каолиновые и монтмориллонитовые глины, начало появления жидкой фазы у которых 1300 и 800°C соответственно.

Одной из главных проблем, возникших при получении композиционного материала предложенным методом, явилось достижение совместимости гидрофильных глин с гидрофобным металлическим наполнителем. При этом необходимо было решать две задачи:

обеспечение прочной связи между компонентами и предотвращение выделов алюминия на стадии обжига. Алюминий при спекании практически в любой среде окисляется, и дальнейшее уплотнение образца зависит, среди прочих факторов, и от фазовых трансформаций вновь образовавшегося оксида. Поэтому содержание металла, превышающее оптимальное, приводит иногда к выделкам и испарению избытка металла (в вакууме), а чаще к разрыхлению структуры большими прослойками нестабильного оксида алюминия.

Введение в небольших количествах добавок, которые химически взаимодействуют как с металлом, так и с керамикой, способствует образованию прочной связи между разными по химической природе частицами. В работе [1] был проведен эксперимент на смачивание алюминием неметаллических подложек, который показал, что алюминий можно использовать в качестве наполнителя для получения композитов. Для лучшей смачиваемости расплава металла с наполнителем его поверхность обрабатывали специальными добавками, среди которых растворы солей щелочных металлов, гидроксида кальция, селена, хрома, солей минеральных и органических кислот [2].

В наших исследованиях для обеспечения совместимости матрицы с металлическим наполнителем и создания однофазной структуры получаемого композита проводилась активация поверхности глин механической обработкой, термической и химической модификацией. Для улучшения смачиваемости в глину вводили поверхностно-активные вещества (ПАВ) в количестве 0,1–1%. Химическая модификация глин ионами Al^{+3} из водных растворов и термомеханическая модификация алюминиевой матрицы с одновременным диспергированием позволили увеличить содержание алюминия в композите до 20%, при этом избежать выделов металлов и разрыхления структуры прослойками нестабильного оксида алюминия, снизить температуру образования жидкой фазы на 80–120°C, а также сместить максимумы на кривых вязкости в область более низких температур.

Процесс спекания протекает с участием жидкой фазы, реагирующей с твердой. Расплавленный алюминий в составе массы способствует увеличению количества и снижению вязкости расплава. Чтобы снизить температуру обжига, в композит вводили добавки оксидов металлов второй группы (кальция, магния, цинка), которые сдвигают температуру появления расплава и температуру максимума первого экзотермического эффекта на 50–80°C. При введении оксидов щелочно-земельных металлов в глину возрастает скорость кристаллизации муллита. Обогащение расплава ионами Al^{+3} и Ca^{+2} приводит к ускорению объемной диффузии и кристаллизационных процессов. Образование алюмосиликатов протекает интенсивно уже при температуре 900°C.

Физико-механические свойства получаемых материалов в большой степени зависят от вида адгезионного взаимодействия матрицы и наполнителя. В зави-

Используемая глина	Содержание модифицированного алюминия в смеси, %	Температура обжига, °С	Предел прочности при сжатии, МПа	Водопоглощение, %	Полная усадка, %
Глуховецкий каолин	10	900	35	19,1	3,2
	15		38	20	3
	20		43	21	2,6
	30		33	21,5	2,2
	10	1000	94	9,3	3,5
	15		115	10,1	3,3
	20		127	11	2,8
	30		93	11,9	2,4
	10	1100	163	2,2	5,6
	15		180	3,2	5,2
	20		192	3,9	4,9
	30		140	4,8	3,9
	10	1200	239	1,2	9
	15		243	1,5	8,8
	20		246	1,7	8,4
	30		198	2,3	7,9
	10	1300	247	0,7	9,2
	15		253	0,8	9
	20		265	0,9	8,7
	30		201	1,9	8,2
Краснояржская глина	10	900	39	20,2	3,6
	15		41	21	3,2
	20		44	22	2,9
	30		36	23,1	2
	10	1000	95	11,1	4
	15		112	11,5	3,7
	20		123	11,9	3,1
	30		77	12,8	2,5
	10	1100	98	8	6,1
	15		115	8,9	5,8
	20		132	9,5	5,5
	30		82	10,4	4,8
	10	1200	100	6	7,1
	15		118	6,2	6,7
	20		137	6,4	6,2
	30		86	7	5,8

симости от физико-химических свойств отдельных компонентов и механизма образования связей на границе раздела фаз адгезионное взаимодействие можно разделить на три группы [3]. Это механическая адгезия, обусловленная отсутствием химического взаимодействия; физическая адгезия, обусловленная взаимодействием электронов на атомном уровне; физико-химическая адгезия, определяемая необратимым смачиванием расплавом наполнителя матрицы, их взаимным растворением и последующим образованием химических соединений и твердых растворов.

Так как в предложенном методе получения композиционного материала металлический наполнитель принимает участие в стадиях формирования структуры, в композите наблюдается как физическая адгезия компонентов, так и химическое взаимодействие матрицы и наполнителя.

В процессе спекания композита происходит ряд физических превращений, к которым можно отнести: объемную диффузию, пластическое течение, поверхностную диффузию и испарение-конденсацию. Так, поверхностная диффузия, испарение и конденсация способствуют сфероидизации пор, увеличению контактов между частицами, что приводит к упрочнению (но не уплотнению) материала.

Структурные изменения, происходящие в керамических массах в присутствии металлического наполнителя в процессе модификации и термической обработки при получении композита, отражаются на структуре и свойствах получаемого материала. В таблице представ-

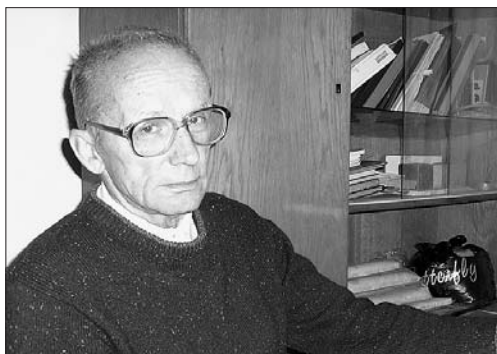
лены характеристики композитов различного состава, полученные при температуре обжига от 900 до 1300°С.

Получаемые материалы обладают низкой теплопроводностью, повышенной механической прочностью за счет свойств металлического наполнителя, малой открытой пористостью за счет плотной упаковки частиц при прессовании с оптимальной влажностью и в результате последующих физико-химических процессов, протекающих во время обжига, малой гидрофобностью и пониженной хрупкостью.

Список литературы

1. *Болдырев А.М., Орлов А.С., Рубцова Е.Г.* Исследование смачиваемости металлическими расплавами минеральных заполнителей в металобетонах // Междун. конф. «Промышленность стройматериалов и стройиндустрия, энерго- и ресурсосбережение в условиях рыночных отношений»: Изд-во БелГТАСМ. 1997. Ч. 1. С. 42–44.
2. *Потанов Ю.Б., Соломатов В.И.* Метоны – эффективные металобетонные композиты // Пятое академическое чтение РААСН «Современные проблемы строительного материаловедения». Воронеж. 1999. С. 350–354.
3. *Болдырев А.М., Орлов А.С., Рубцова Е.Г.* Структурообразование и свойства бетонов // Сб. докл. междун. конф. молодых ученых и аспирантов «Передовые технологии в промышленности и строительстве на пороге XXI века»: Изд-во БелГТАСМ. 1998. Ч. 1. С. 314–318.

Юрию Георгиевичу Мещерякову – почетному работнику Высшего профессионального образования РФ, доктору технических наук, профессору кафедры строительных материалов Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета исполняется 70 лет.



Ю.Г. Мещеряков родился 23 декабря 1935 г. в Ленинграде, житель блокадного города. После окончания школы, а затем Ленинградского строительного техникума добровольно поехал на Сахалин, работал мастером на заводе железобетонных изделий. В 1963 г. с отличием окончил Ленинградский инженерно-строительный институт (ныне СПбГАСУ) по специальности «Промышленное и гражданское строительство». С этого года жизнь Юрия Георгиевича неразрывно связана с научно-преподавательской деятельностью на кафедре «Строительные материалы».

Ю.Г. Мещеряков – один из крупнейших специалистов в области гипсовых вяжущих веществ. Им впервые разработана и внедрена технология производства вяжущих на базе

фосфогипса на заводе по производству серной кислоты в г. Комсомольске-на-Амуре и объединении «Волховгипс» в Ленинградской области. Впервые в России по рецептуре Ю.Г. Мещерякова здесь налажен выпуск сухих строительных смесей на базе гипсовых вяжущих.

На промышленной базе Череповецкого объединения «Северсталь» по инициативе Ю.Г. Мещерякова была разработана и внедрена технология комплексного использования доменных шлаков. Оригинальна его разработка по получению безобжиговых теплоизоляционных изделий на основе вермикулита-сырца, производство которых основано на химическом вспучивании этого минерала под действием растворов серной кислоты, перекиси водорода.

Ю.Г. Мещеряков является автором многочисленных научных и методических трудов, монографий и учебных пособий, имеет 16 авторских свидетельств и патентов. Им подготовлены 12 кандидатов и 3 доктора технических наук.

Редакция и редакционный совет, коллеги от души желают Юрию Георгиевичу Мещерякову доброго здоровья, долгих лет жизни, благополучия.

УДК 666.91

Ю.Г. МЕЩЕРЯКОВ, д-р техн. наук, С.В. ФЕДОРОВ, канд. техн. наук,
Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет

Энергосберегающие технологии переработки фосфогипса и фосфополугидрата

При производстве ортофосфорной кислоты и суперфосфата путем разложения фосфатного сырья серной кислотой образуется промышленный отход, состоящий из сульфата кальция. В зависимости от режима разложения сырья образуются отходы, состоящие преимущественно из гипса (фосфогипс), полуводного сульфата кальция (фосфополугидрат). Отходы направляются в накопители (отвалы) двумя способами.

Остаток с фильтра разбавляется оборотной водой, производится нейтрализация кислоты в жидкой фазе известью, и пульпа подается в накопитель гидротранспортом (Волховский алюминиевый завод (ВАЗ), ОАО «Аммофос»).

Остаток с фильтра подается в накопитель автотранспортом или по канальной дороге, нейтрализация кислот не производится (ОАО «Фосфорит»).

По содержанию сульфата кальция фосфогипс и фосфополугидрат являются гипсовым сырьем высшего качества, объем их производства значительно превышает потребность промышленности строительных мате-

риалов в гипсовом сырье. В накопителях Северо-Запада РФ находится до 100 млн т фосфогипса. До последнего времени фосфогипс и фосфополугидрат в производстве строительных материалов не применялись, что связано с особенностями их химического состава и свойств. Это обусловлено тем, что отходы содержат примеси, которые замедляют процессы гидратации и твердения гипсовых вяжущих и понижают прочность изделий.

Фосфогипс и фосфополугидрат содержат растворенные в воде кислоты, и их переработка связана с введением дополнительной технологической операции нейтрализации кислот. Остаток на фильтре, а также отходы в накопителях содержат 28–40 % жидкой фазы и их промышленная переработка связана со сравнительно высокими затратами топлива и энергии на сушку.

По приведенным выше обстоятельствам строительные материалы из фосфогипса и фосфополугидрата не могут конкурировать с аналогичной продукцией, полученной из природного гипсового сырья.

В некоторых условиях из фосфогипса и фосфополугидрата можно получить конкурентоспособную продукцию. В первую очередь это относится к тем регионам, где отсутствуют разведанные запасы природного гипсового камня, например Северо-Запад РФ. Успешное использование отходов требует разработки и внедрения эффективных технологических процессов, характеризующихся минимальными приведенными затратами на производство. Ниже приведены некоторые разработки кафедры строительных материалов СПбГАСУ, посвященные решению этой проблемы.

Фосфополугидрат

При разложении фосфатного сырья полуводный сульфат кальция представляет собой технический продукт (α -полугидрат), характеризующийся сравнительно невысокой водопотребностью и потенциально являющийся вяжущим веществом высокого качества.

Проведенные исследования проб фосфополугидрата, отобранных с фильтра цеха экстракции ВА3, показали, что полуводный сульфат кальция характеризуется замедленной гидратацией и твердением из-за присутствия растворенных в воде ортофосфорной кислоты, фосфатов и фторидов. Содержание фосфорной кислоты и фосфатов в пробах может достигать 2 мас. % в пересчете на P_2O_5 . Для промывки остатка на фильтре используется вода из замкнутого заводского водооборота, в котором накапливаются растворимые в воде фосфаты и фториды. Поэтому фосфополугидрат ВА3 не может быть использован в производстве гипсовых строительных материалов в условиях существующих технологий, рассчитанных на природное сырье.

Предложена технология производства строительных материалов из фосфополугидрата ВА3, включающая механохимическую активацию отхода — введение комплексной добавки-активатора и механическую обработку на бегунах с последующим формованием изделий (авторское свидетельство СССР №1235843). Активатор состоит из двух компонентов — твердого и жидкого. Твердый компонент должен содержать силикаты кальция. В качестве твердого компонента используется портландцемент и промышленные отходы — шлаки, нефелиновый шлам и др. Жидкий компонент — водный раствор сильной кислоты — серной, кремнефтористоводородной и др. При обработке на бегунах в фосфополугидрат вводится твердый компонент и распределяется в смеси, далее добавляется жидкий компонент. Оптимальный расход компонентов (% от массы сухого фосфополугидрата): твердого — 1 и жидкого — 2.

При взаимодействии силиката кальция с кислотой выделяется высокодисперсный кремнегель, который является эффективным ускорителем процессов гидратации и твердения фосфополугидрата. Механохимическая обработка позволила получить вяжущие и формовочные смеси, соответствующие требованиям ГОСТ 125-79. В условиях ВА3 влажность остатка на фильтре изменяется в пределах от 21 до 34%. Значительное количество жидкой фазы расходуется на гидратацию полуводного сульфата кальция, поэтому в ряде случаев можно исключить процессы сушки изделий. Исключение процессов производства гипсового вяжущего и в ряде случаев сушки изделий позволило существенно понизить себестоимость продукции. Технология, включающая механохимическую активацию фосфополугидрата, может быть использована в производстве материалов различного назначения: гипсовых гранул, применяемых в качестве добавки в производстве портландцемента, и гипсовых строительных изделий — блоков и плит для стен малоэтажных зданий и межкомнатных перегородок.

Фосфогипс нейтрализованный

Остаток с фильтра удаляется гидротранспортом, производится нейтрализация кислот в жидком виде (ВА3, ОАО «Аммофос»).

При производстве строительных материалов и изделий целесообразно использовать фосфогипс, находящийся в шламохранилищах. При длительном хранении фосфогипс промывается талой и дождевой водой, что сокращает содержание растворимых в воде примесей. Производится предварительная нейтрализация кислот известью, что позволяет исключить одну из дополнительных технологических операций. Влажность фосфогипса в накопителе можно понизить до 15–20%.

Производство гипсового вяжущего из фосфогипса ВА3 организовано ОАО «Волховгипс» в г. Волхов Ленинградской области. Используется технология производства гипсового вяжущего путем совмещенных сушки, измельчения и обжига в трубе-сушилке (патент РФ 1794925). Путем последовательного совершенствования технологии в 1990–2000 г. показатели по удельному расходу топлива и электроэнергии были приближены к средним по отрасли. В этих условиях конкурентоспособность вяжущего обеспечена за счет сравнительно низкой стоимости сырья — фосфогипса. Производство гипсового вяжущего марок Г-2–Г-4 осуществляется с 1990 г.

Гипсовое вяжущее используется для изготовления строительных материалов различного назначения: сухих строительных смесей — клеевых, шпатлевочных и растворных; гипсовых блоков для стен и перегородок малоэтажных зданий; высокопрочных облицовочных гипсовых плит.

Производится также строительство монолитных малоэтажных домов из жестких гипсоопилочных смесей (арболита).

Проведен отбор проб и опытные варки фосфогипса из накопителя ОАО «Аммофос». Испытания показали, что из отвального фосфогипса можно получать гипсовые вяжущие марок Г-3–Г-5.

Кислый фосфогипс

Остаток с фильтра удаляется в накопитель без репульсации и нейтрализации (ОАО «Фосфорит»).

Для этих условий предложена технология без дегидратации гипса при обжиге. Влажный фосфогипс из накопителя смешивается с известью. Расход извести изменяется в пределах от 3 до 5% от массы сухого фосфогипса. Далее производится механохимическая активация фосфогипса — обработка под давлением на бегунах в течение 5–10 мин. При обработке на бегунах существенно изменяются физические свойства фосфогипса. Сыпучий влажный отход переходит в пластичное состояние и уплотняется, его средняя плотность увеличивается с 800 до 1800 кг/м³. При этом пластическая прочность повышается с 0,1 до 0,7 кгс/см². Процессы активации на бегунах условно можно разделить на механическую составляющую, связанную с изменением зернового состава, объема межзерновых пустот, удалением воздуха и др., и поверхностную составляющую, обусловленную увеличением поверхностной энергии, образованием контактов — адгезионных, фазовых и др.

Последующая сушка фосфогипса при температуре 40–70°C приводит к образованию искусственного камня. Прочность при сжатии контрольных образцов достигает 5–6 МПа. Введение поверхностно-активных веществ, виброобработка позволяют повысить прочность при сжатии до 7–8 МПа. Технология переработки фосфогипса, предусматривающая механохимическую активацию, может быть использована для производства различных материалов и конструкций: гипсовых гранул для цементной промышленности; строительных изделий — гипсовых блоков и плит для межквартирных перегородок; в дорожном строительстве — для укрепления оснований под дорожные покрытия.

Таким образом, фосфогипс и фосфополугидрат, полученные в различных условиях, могут быть использованы как гипсовое сырье для производства строительных материалов и изделий.

Применение белого портландцемента при производстве сухих строительных смесей

Компания Holcim является одним из крупнейших в мире поставщиков цемента, бетона, заполнителей, а также услуг в области смежных производств. Ее подразделения расположены более чем в 70 странах мира, а суммарный объем выпуска цемента превышает 100 млн т в год. Дочерняя компания Holcim White специализируется на производстве и реализации специальных вяжущих, среди которых основным видом продукции является белый портландцемент, выпускаемый тремя заводами в Восточной Европе – в городах Рогожник (Словакия), Турда (Румыния) и Коломна (Россия). Holcim Rus является российским подразделением компании Holcim White, занимающимся реализацией белого портландцемента производства ОАО «Щуровский цемент».

Компания Holcim White ориентирована на развитие областей применения белого цемента. Основная цель ее состоит в том, чтобы помочь своим клиентам добиться наилучших результатов в области качества и прибыльности производства конечной продукции.

Рынок потребителей белого портландцемента

Как на западноевропейском, так и на российском рынках строительных материалов выделяется пять основных сегментов потребления белого портландцемента. К ним относятся производители декоративного товарного бетона, сборных железобетонных конструкций, штучных бетонных элементов и сухих строительных смесей. Среди последних выделяются производители штукатурных смесей, строительных растворов и производители строительной химии (адгезивов).

В настоящее время производство декоративного товарного бетона и декоративных железобетонных элементов в России развито слабо. Активно выпускаются штучные бетонные изделия (декоративный облицовочный камень, тротуарная плитка, изделия малых архитектурных форм и др.) и декоративные сухие строительные смеси.

Основой качества любого из вышеперечисленных продуктов является грамотный подбор сырьевых материалов и правильный расчет состава сырьевых смесей. Именно этому вопросу посвящена статья.

Принцип расчета рецептур

В состав любой декоративной сухой смеси входит белый портландцемент, заполнители или наполнители, а также химические добавки, придающие сухой смеси специальные свойства.

В качестве заполнителей для производства декоративных сухих смесей используют белые кварцевые пески, мраморную, известняковую, доломитовую или гранитную крошку. Размер частиц заполнителей колеблется в пределах 0,16–3 мм.

Наполнители представляют собой более тонкомолотые продукты с размером частиц 0,05–0,16 мм. В составе сухих смесей заполнители и наполнители занимают до 80% объема и оказывают наряду с цементом определяющее влияние на технические свойства строительного раствора.

При расчете состава сухих смесей главную роль играет количественное соотношение между различными фракциями заполнителя. При подборе фракционного состава должна быть обеспечена наиболее плотная упаковка частиц заполнителя, что позволяет получить оптимальную структуру растворной смеси и сократить расход цемента. Только

при оптимальном гранулометрическом составе заполнителя возможно получить плотную структуру строительного раствора, обладающую наименьшей проницаемостью. Такие растворы обладают хорошей морозостойкостью, что обеспечивает их долговечность в эксплуатации. При введении в состав смеси оптимального количества цемента вероятность возникновения усадочных деформаций резко снижается, что способствует увеличению трещиностойкости строительного раствора и готового бетона.

Наиболее важным фактором в оптимизации состава сухой смеси является уменьшение расхода цемента, так как именно он является одним из наиболее дорогостоящих компонентов. Уменьшение расхода цемента позволяет существенно снизить себестоимость конечного продукта, в результате чего стоимость цемента становится менее затратной статьей на фоне увеличения отпускной цены декоративной смеси.

При несоблюдении правильных пропорций между фракциями заполнителя количество пустот между зернами песка увеличивается, а следовательно, увеличивается расход цемента, который является связкой, скрепляющей частицы песка в единый монолит. Очень часто при неправильном подборе состава смеси производитель пытается скомпенсировать плохое качество продукта введением либо большего количества цемента, либо комплекса дорогостоящих химических добавок. Однако каждая добавка имеет свой механизм действия и, как правило, при взаимодействии с цементом проявляет как положительные, так и отрицательные эффекты. При использовании комплекса добавок в сочетании с неправильным соотношением цемента и заполнителей происходит значительное удорожание себестоимости сухой смеси и ухудшение ее рабочих характеристик.

Принцип подбора сырья

Подбор цемента для производства сухих смесей можно осуществлять, опираясь на два различных принципа. Первый из них – описательный, он оперирует значениями качественных характеристик цементов и требованиями государственных стандартов (ГОСТ, EN, DIN), нормирующих эти значения. Однако требования к цементу производителей различных видов сухих смесей на основе белого цемента значительно отличаются, а система стандартизации сухих смесей, например шту-

катурных растворов или затирок для швов, в настоящее время в России развита очень слабо. Поэтому производители при выборе сырьевых материалов и составлении рецептур зачастую руководствуются случайными факторами, а технологический процесс ведут на основе стандартов предприятия.

В конечном итоге производители даже при наличии стандартов не берут за основу общепринятые требования, они ориентированы не на нормы и правила, а на выпуск конкурентоспособной продукции, обладающей минимальной себестоимостью и хорошими строительно-техническими характеристиками.

Чтобы удовлетворить эти требования, компания Holcim White активно применяет на рынке стратегию продаж, основанную на принципе производительности, или Performance principle, который базируется на оценке эффективности применения белого цемента для производства конечной продукции для конкретного потребителя. Ведь очень часто производитель не имеет возможности выбирать между несколькими видами различного сырья, так как в большинстве случаев рентабельным с точки зрения логистики является использование именно местных сырьевых материалов. Поэтому в каждом конкретном случае для оптимизации производства требуется проявить немалую изобретательность и обеспечить высокое качество конечного продукта на основе имеющихся сырьевых компонентов.

Точно такой же принцип продаж используют и производители сухих строительных смесей, они продают свой конечный продукт, основываясь не на требованиях стандартов, а на требованиях, предъявляемых строительными организациями к рабочим характеристикам и качеству сухих смесей с учетом применяемых ими технологий работы.

Требования конечных потребителей к цементу

Сейчас производители сухих строительных смесей выпускают широкий спектр продукции для различных областей применения, которые значительно отличаются по своим строительно-техническим характеристикам. Поэтому для производства различных видов сухих смесей требования к сырью, а именно к белому цементу, могут быть диаметрально противоположными. Причиной этому может служить не только широкий ассортимент продукции. Свое влияние оказывают региональные климатические условия, привычки и предпочтения строителей, использующих различные технологии работы со строительными растворами, а также наличие профессиональных навыков работы с сухими смесями.

Удовлетворить все потребности рынка, предлагая только один тип цемента, просто невозможно. В первую очередь производители сухих смесей предъявляют различные требования к кинетике набора прочности цемента. Очевидно, что для штукатурных смесей требуется большая жизнеспособность строительного раствора, обеспечивающая, например, возможность его фактурной

обработки, а для адгезивов, наоборот, требуется быстрое схватывание и высокая скорость набора прочности. Основными характеристиками цемента, влияющими на качество конечного продукта, являются водопотребность, время потери подвижности, сроки схватывания, прочность на ранних стадиях твердения, теплота гидратации и др.

Чтобы удовлетворить запросы всех производителей, на своих цементных заводах компания Holcim старается выпускать два вида цемента – СЕМ I 52,5 N и СЕМ I 52,5 R, которые различаются прежде всего кинетикой набора прочности. С учетом климатических условий России было принято решение производить только «быстрый» цемент, обладающий высокой тонкостью помола и отличающийся высокой кинетикой набора прочности. Преимуществом тонкомолотого цемента является повышенная эффективность работы в сочетании с пластификаторами и суперпластификаторами, которые входят в состав практически любых видов сухих смесей. Пластифицирующие добавки позволяют снизить водоцементное отношение смеси и получить строительные растворы с плотной структурой, обладающие низкой проницаемостью. Кроме того, строительные растворы на тонкомолотом цементе обладают лучшей подвижностью, чем растворы на обычном цементе.

Специалистами компании были проведены исследования по влиянию тонкости помола цемента на реологические характеристики строительных растворов с использованием различных видов пластификаторов и суперпластификаторов. В ходе эксперимента был использован стандартный раствор, приготовленный на основе смеси цемента с песком в пропорции 1:3, концентрация пластификаторов составляла 0,3% от массы цемента. В ходе эксперимента измерялась растекаемость стандартного конуса в различное время.

Полученные результаты показали, что более тонкий помол цемента способствует существенному увеличению подвижности строительных растворов, что свидетельствует об увеличении его способности заполнять пустоты между строительными элементами, выравнивать поверхности и др. Это позволяет сократить расход цемента на изготовление смеси при сохранении ее подвижности и удобоукладываемости.

Таким образом, главным критерием при оптимизации составов сухих смесей является достижение необходимого значения их эксплуатационно-технических характеристик при минимизации себестоимости. Подбор сырьевых материалов, в том числе и белого цемента, для производства сухих строительных смесей является многофакторной задачей, требующей комплексного подхода к анализу всех сырьевых материалов, входящих в состав рецептуры.

Компания Holcim White готова помочь вам и словом, и делом. Прежде всего рекомендациями по оптимизации рецептур, выбору сырьевых компонентов и советами по вопросам применения конечных продуктов. Ждем ваших вопросов, предложений и пожеланий.



3AO Holcim Rus Ltd

109428 Москва, Рязанский пр-т, д. 8-а, стр. 1, оф. 311
Телефон: (095) **956-85-41, 956-85-43, 956-85-45**
Факс: (095) **956-75-14**

www.holcim.com/white

Пути повышения рентабельности новых механизированных отделочных технологий

Основной оценкой эффективности производства является рентабельность. Этот параметр определяется оптимизацией затрат на единицу продукции и учитывает не только сохранение коммерческой привлекательности продукта, но и ее повышение.

Рост спроса на предлагаемую продукцию достигается, во-первых, путем увеличения уровня качества товара и услуги, а во-вторых, за счет снижения себестоимости товара (услуги) в процессе производства.

Качество конечных продуктов строительных технологий в первую очередь определяется техническими свойствами исходных материалов. Основу традиционных технологий составляет приготовление простых растворов для штукатурных работ непосредственно на стройплощадке, их качество зависит в том числе и от квалификации рабочих. Для создания более эффективных материалов требуется высокотехнологичное, стабильное производство. Поэтому приход на рынок новых технологий требует привлечения дополнительных средств, а это создает впечатление возможного удорожания объектов строительства.

Себестоимость конечного продукта определяется не только стоимостью использованных материалов, но и величиной затраченного труда на единицу продукции. Согласно данным наших производственных смет и норм, основную часть в себестоимости продуктов традиционных строительных технологий составляют издержки на оплату труда. Производство строительных растворов на основе примитивных, дешевых материалов требует значительных трудозатрат. Так, в стоимости 1 м² оштукатуренной поверхности, выполняемой на наших строительных объектах традиционными известковыми растворами, большая часть приходится на оплату труда штукатуров — до 75%. Применение новой технологии позволит в достаточной степени сократить трудозатраты. Даже если учесть использование дорогостоящего материала, то удорожания конечного продукта может и не произойти. Механизированная технология применения сухих смесей в области массового строительства в состоянии продемонстрировать этот механизм повышения рентабельности.



Традиционный подход к штукатурным работам

Штукатурные работы

Применение традиционных цементно-известковых и известковых растворов, цена которых составляет 0,9–1,1 р/кг, оборачивается в 35–45 р/м² оштукатуренной поверхности. Использование штукатурных станций типа «Тальмера» обеспечивает производительность труда в 10–15 м² чел./смена, что позволяет снизить трудозатраты в стоимости 1 м² обрабатываемой поверхности до 50–80 р, при этом уровень зарплаты квалифицированного штукатура составляет 10–15 тыс. р в месяц. Таким образом, прямые затраты равны 100–120 р/м².

При использовании приготовленных в заводских условиях на высокотехнологичном оборудовании сухих строительных смесей величина затрат на 1 м² готовой оштукатуренной поверхности составляет 70–90 р, трудозатраты — 20–30 р/м². Таким образом, прямые затраты составляют 110–130 р/м², при этом качество повышается, сроки работ сокращаются.

Именно высокая технологичность строительных растворов, полученных из готовых модифицированных сухих смесей, определяет высокую продуктивность работ и позволяет компенсировать цену материала, при этом увеличивая прибыль строительной компании.

Технологии механизации труда

Немаловажным фактором в повышении рентабельности современных технологий является вопрос рационального выбора средств механизации и инструмента. Затраты, связанные с инвестициями для оснащения строительных бригад, могут быть оптимизированы и в пределах 6–10% от себестоимости 1 м² штукатурных работ, если сделан правильный выбор оборудования. Уменьшение издержек особенно важно в условиях массового строительства, где расценки на 1 м² максимально снижены и особую роль играют темпы работ и экономия по каждой затратной позиции. В этих случаях простота, функциональность и невысокая стоимость являются приоритетными в вопросах выбора средств механизации и других расходных эле-





Новые механизированные отделочные технологии

ментов процесса. Инвестирование в престижные марки не всегда является экономически обоснованным и рациональным, хотя с точки зрения других задач может быть оправданным. Широкое и быстрое распространение оборудования марки KALETA на строительном рынке РФ является наглядным тому подтверждением.

Подготовка кадров

Важным моментом в повышении качества работ является квалификация строительных рабочих, применяющих новые технологии. Несмотря на то что новые технологии имеют много общего с традиционными, техника и методы работы с материалами очень отличаются. Без специальной подготовки рабочие не смогут реализовать все возможности современных материалов и техники, и, сле-

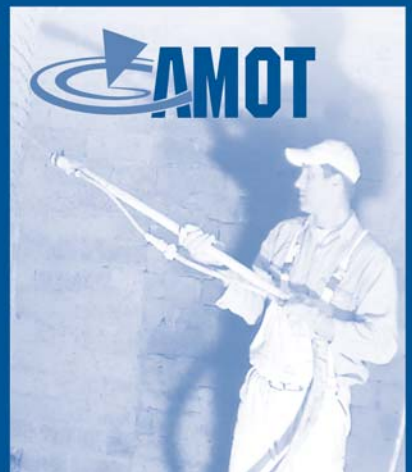
довательно, не будет достигнут планируемый экономический эффект. Специальная система обучения готовит специалистов, способных на практике использовать преимущества высококачественных строительных материалов вместе с современными средствами механизации.

Реализация современных технологий в массовом строительстве требует предельной рациональности, выражающейся в тщательном выборе действительно качественных, проверенных сухих смесей, гарантирующих экономическую эффективность их применения; в разумном выборе средств механизации, определяющем объем инвестиций в оборудование; в наличии качественного сервиса и в правильном выборе компании — поставщика технологии, способной обеспечить квалифицированную подготовку строительных рабочих.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ ОТДЕЛОЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В АРСЕНАЛЕ «АМОТ»

- 10-летний опыт применения механизированных технологий в Европе и 5-летний в России.
- Осуществление отделочных работ любой сложности в условиях дефицита времени.
- Большой опыт работы с оборудованием марок Kaleta, Uelzener, PFT, m-tec, Putzmeister.
- Организация практических семинаров на всей территории России.
- Анализ рынка.
- Поставка сухих строительных смесей отечественного и импортного производства.
- Поставка средств механизации — оборудования европейских и российских производителей.
- Поставка профессионального строительного инструмента.
- Сервисное обслуживание и ремонт оборудования.
- Обучение.
- Стажировка в европейских строительных компаниях.



Москва, 5-й Монетчиковский пер., д. 20, стр. 3, офис 105

Тел.: (095) 775-8750
Тел./факс: (095) 959-2659

Компания «АМОТ» — эксперт в области механизированных технологий применения сухих строительных смесей.

www.amot.ru

А.М. СУЛЕЙМАНОВ, канд. техн. наук, Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Работа, старение и разрушение материалов ограждений мягких оболочек

С момента широкого внедрения и бурного развития мягких оболочек пневматических и тентовых сооружений прошло более 50 лет. С тех пор значительно расширилась область применения мягких оболочек как строительных сооружений, накопился опыт эксплуатации, получила развитие теория расчета и формообразования, сформулированы требования и разработаны новые эффективные материалы ограждений. В настоящее время остаются малоизученными вопросы долговечности и прогнозирования срока службы этих материалов. Напряженно-деформированное состояние является условием существования мягких оболочек в ограждающих конструкциях и их расчет производится по главным растягивающим нагрузкам. Однако изучение большого числа аварий мягких оболочек показывает [1], что места разрыва материалов ограждений во многих типах сооружений, находившихся в эксплуатации, как правило, не совпадают ни с одним из мест наибольших растягивающих усилий, выявленных в результате расчета.

Цель исследований – выявление механизма старения и разрушения материалов мягких оболочек под воздействием эксплуатационных факторов.

Для обеспечения сопоставимости и строгой регламентации условий испытания исследования проводили по лабораторным режимам на специально разработанных установках [2, 3], где моделировали основные факторы, приводящие к старению материалов в сооружениях, такие как УФ-радиация, темпе-

ратура, влага, жидкие химически активные среды, механическая нагрузка. В лабораторных режимах энергетические значения климатических факторов были приведены к условному году [4]. При проведении испытаний напряженно-деформированное состояние материалов охватывало весь реальный диапазон механических нагрузок в сооружениях – от одноосного по одному ортогональному направлению, через различные степени двухосности, до одноосного по другому ортогональному направлению материала. Соотношения растягивающих нагрузок при испытаниях на старение, их векторы и уровни приведены в табл. 1.

Степень двухосности (α) – соотношение нагрузок по ортогональным направлениям.

Параллельно образцы испытывали в натуральных условиях на стендах крышной станции под воздействием естественных климатических факторов в том же диапазоне соотношений и уровней механических нагрузок. В процессе старения регистрировали деформации образцов и остаточную прочность по ортогональным направлениям.

Результаты экспериментальных исследований приведены на рис. 1–3 и в табл. 2. На рис. 1а показано падение прочности материала при воздействии только температуры и механических нагрузок. При таком старении снижение прочности материала тем интенсивнее, чем больше нагрузка в данном направлении. При этом максимальное падение прочности происходит при увеличе-

нии степени двухосности. Простое объяснение такой закономерности можно найти из соотношений, приведенных в [5]:

$$P_{0(2)} = P_{0(1)} \cdot n_0 \cdot \cos \gamma_0; \quad (1)$$


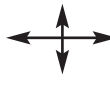
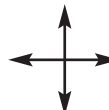


$$P_{y(2)} = P_{y(1)} \cdot n_y \cdot \cos \gamma_y; \quad (2)$$

где $P_{0(2)}$, $P_{y(2)}$ – прочность материала по ортогональным направлениям (по основе и утку соответственно) при двухосном напряженном состоянии; $P_{0(1)}$, $P_{y(1)}$ – то же при одноосном напряженном состоянии; n_0 , n_y – плотность нитей на единицу ширины по основе и утку материала; $\cos \gamma_0$, $\cos \gamma_y$ – угол искривления нитей основы и утка в плоскости материала (табл. 2.1).

Из формул 1 и 2 следует, что в двухосно нагруженном материале напряжение в армирующих нитях всегда больше нагрузки, прикладываемой в данном направлении. Таким образом, при одинаковом уровне нагрузки с увеличением степени двухосности возрастает искривление армирующих нитей, а вместе с тем и напряжение в них. В итоге максимальное понижение прочности в обоих направлениях материала под воздействием температуры и механических нагрузок при старении приходится на соотношение нагрузок $\alpha = 2:2$, то есть на область максимальных напряжений в нитях.

При дополнительном воздействии климатических факторов (в основном УФ-облучения) механизм старения и разрушения материала резко изменяется. Максимальное падение прочности (рис 1б) смещается на соотношения $\alpha = 1:2$ и $\alpha = 2:1$ соответственно по основе и утку материа-

Таблица 1

Степень двухосности (α) (основа : уток)	0:2	1:2	2:2	2:1	2:0
Удельная доля нагрузки от разрывной (основа : уток), %	0:10	5:10	10:10	10:5	10:0
Схемы векторов соответствующего вида растяжения					

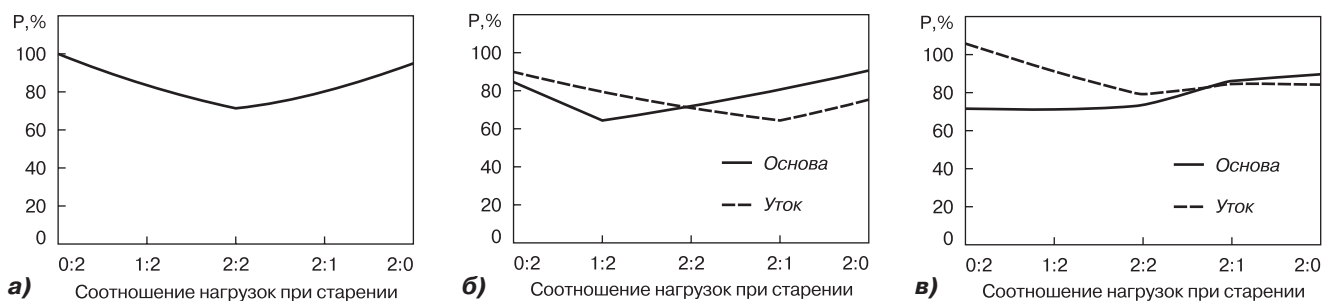


Рис. 1. Падение прочности материалов мягких оболочек при воздействии эксплуатационных факторов в зависимости от соотношения нагрузок при старении: а – действие температуры и механических нагрузок; б – действие температуры, механических нагрузок и климатических факторов, в основном УФ-облучения для материала симметричной структуры; в – то же для материала несимметричной структуры

Таблица 2

№ снимка	Снимок	Кратность увеличения	Описание образца
1		×10	Поперечное сечение исходного материала
2		×10	Поперечное сечение деформированного материала
3		×10	Поперечное сечение материала после старения
4		×10	Поверхность материала после 1000 часов ускоренного старения
5		×10	Поверхность материала после 15 лет старения на крышной станции
6		×3	Поверхность материала после 15 лет старения на крышной станции

ла. При соотношении $\alpha = 1:2$ материал старится при нагрузке 5% по основе и 10% по утку от разрушающей нагрузки, а падение прочности по этим направлениям – 35 и 20% соответственно. В направлении, где старение образцов проводили без нагрузки, например при соотношении $\alpha = 0:2$ основа, а при соотношении $\alpha = 2:0$ уток не нагружены, падение прочности происходит на 10 и 20% соответственно. Такое на первый взгляд парадоксальное явление нашло объяснение после исследования микрофотографий исходных и «состаренных» материалов, представленных на рис. 1 и 2. Материалы мягких оболочек представляют собой композиты (табл. 2.1) пленочного покрытия (матрицы) из эластомеров или термопластов с тканой армирующей основой из высокопрочных синтетических нитей. Эластичная матрица служит для фиксации и защиты армирующей основы от действия атмосферных факторов и придания мягким оболочкам герметичности.

Анализ результатов показал, что механизм старения и разрушения материалов мягких оболочек в напряженном состоянии под действием климатических факторов при двухосном растяжении композита происходит в результате кинематического взаимодействия ортогональных нитей тканой структуры с выпрямлением более нагруженных и искривлением менее нагруженных нитей (табл. 2.2). Искривленные нити создают локальные зоны перенапряжений в пленочном покрытии, что, в свою очередь, приводит к увеличению скорости старения матрицы в этих зонах с образованием сквозных трещин (табл. 2.3, 4). В результате обнажаются искривленные нити армирующей основы и открывается доступ к ним УФ-радиации, что, в свою очередь, приводит к резкому увеличению скорости старения материала в менее нагруженном направлении. Данный механизм старения и разрушения материалов мягких оболочек подтверждают результаты экспериментов в натуральных условиях (табл. 2.5, 6).

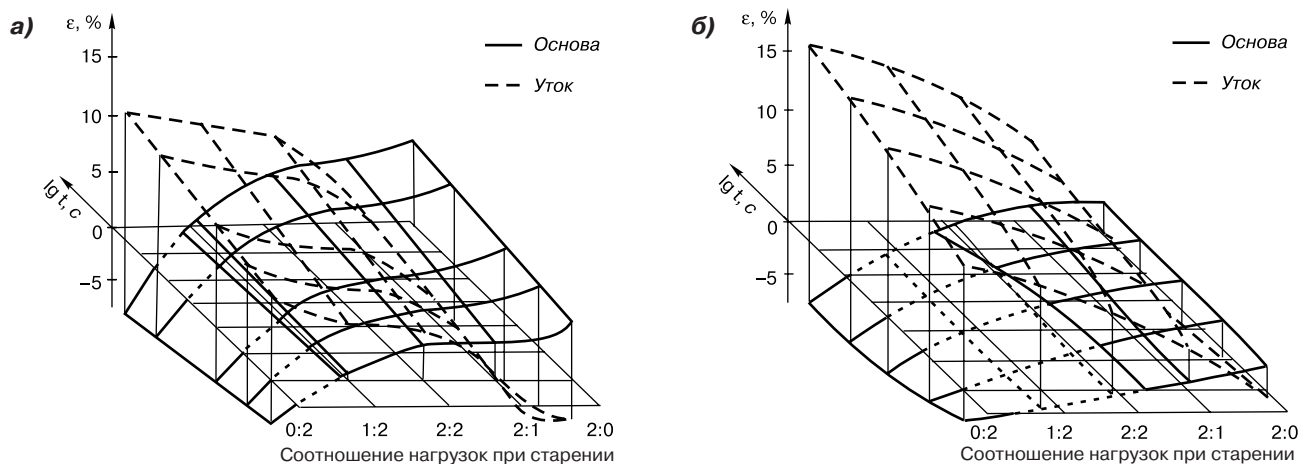


Рис. 2. Ползучесть материалов ограждений мягких оболочек при воздействии эксплуатационных факторов в зависимости от соотношения нагрузок

На рис. 2 и 3 приведены графики ползучести и падения прочности материалов ограждений мягких оболочек под воздействием эксплуатационных факторов. Ползучесть определяли при нагружении с помощью датчиков во времени по формуле:

$$\varepsilon = \frac{l_{\text{кон}} - l_0}{l_0} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где ε — относительное удлинение (ползучесть); l — длина образца после деформации; l_0 — исходная длина.

Падение прочности определяли в % от исходной прочности материала при разрыве при растяжении на разрывной машине.

При сопоставлении зависимости деформации материалов для различных соотношений нагрузок при старении (рис. 2), с зависимостью падения прочности при тех же соотношениях нагрузок (рис. 1в и 3), наблюдается отрицательная корреляция между величиной деформации и остаточной прочностью в данном направлении. Долговечность материала в данном направлении тем ниже,

чем выше деформации при эксплуатации в ортогональном направлении. Причем если исходная искривленность армирующих нитей по ортогональным направлениям имеет одинаковый угол наклона, то есть $\gamma_0 \approx \gamma_y$, то поверхности ползучести и падения прочности по ортогональным направлениям (рис. 2а и 3) симметричны относительно друг друга. У материалов с несимметричной исходной структурой армирующих нитей при воздействии эксплуатационных нагрузок появляются значительные (более 15%) деформации в направлении утка (большой исходной искривленности нитей), и соответственно в значительном диапазоне соотношения нагрузок (рис. 2б) в ортогональном направлении появляются отрицательные деформации — в направлении основы материал сжимается. Соответственно отличается и скорость старения материала по ортогональным направлениям. В направлении основы, где армирующие нити изначально были практически прямыми, при воздействии эксплуатационных нагрузок

происходит их искривление, что приводит к появлению над ними локальных зон перенапряжений в матрице композита и к разрушению материала по вышеуказанному механизму. Падение прочности материала в этом направлении (рис. 1в) в диапазоне соотношения нагрузок от $\alpha = 0:2$ до $\alpha = 2:2$ находится практически на одном уровне. Это говорит о том, что сквозные трещины в матрице композита в этом диапазоне соотношения нагрузок образовались примерно в одно время.

Выявленный в результате экспериментальных исследований механизм климатического старения и разрушения композиционных материалов данного типа в напряженном состоянии позволяет сделать следующие выводы и рекомендации по монтажу и эксплуатации мягких оболочек.

Результаты экспериментальных исследований подтвердили и объяснили ранее приведенные в [1] данные о том, что места разрывов материалов в мягких оболочках, как правило, не совпадают ни с одним из мест наибольших растягивающих

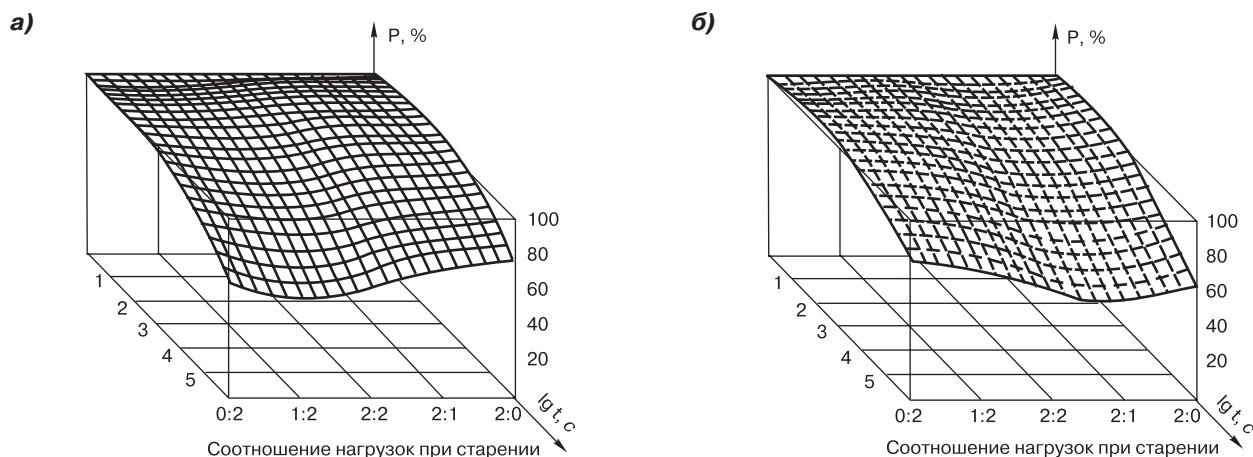


Рис. 3. Падение прочности материалов ограждений мягких оболочек с симметричной структурой при воздействии эксплуатационных факторов: а — по основе; б — по утку

усилий. Таким образом, возникает противоречие: оболочки разрушаются в тех местах, которые не считаются критическими. Поэтому в теории мягких оболочек расчетный аппарат создается для таких ситуаций, которые для оболочек не являются критическими. Задача расчета прочности мягких оболочек в настоящее время ставится конструкторами неточно или неполно, так как из нее выпадает весьма существенный аспект — действие климатических факторов, что приводит к сложным изменениям свойств материалов во времени.

К сожалению, не все отечественные изготовители материалов мягких оболочек комплектуют свои технологические линии устройствами, обеспечивающими сохранение геометрических размеров по ширине при каландровании, то есть исключая «каландровый эффект». При нанесении полимерной матрицы на тканую армирующую основу на каландрах или шпрединг-машинах происходит выпрямление нитей основы и искривление нитей утка, затем фиксация их в таком положении. В результате формируется композит с анизотропией физико-механических свойств, что создает дополнительные трудности при раскрое и формообразовании мягких оболочек.

Учитывая специфику эксплуатационных свойств материалов мягких оболочек, конструкторам и специалистам по монтажу и обслуживанию такого рода строительных сооружений можно рекомендовать:

- для симметричных структур армирующей основы материалов ($\gamma_0 \approx \gamma_y$) при монтаже и эксплуатации мягких оболочек необходимо добиваться равных нагрузок по ортогональным направлениям материала. При таком соотношении нагрузок (рис. 16) скорость старения материала минимальна и равна по ортогональным направлениям;
- при использовании материалов с несимметричной структурой оболочку необходимо рассчитывать так, чтобы максимальные нагрузки совпадали по направлению с меньшим искривлением армирующих нитей, что обеспечит снижение напряжений в полимерной матрице композита и тем самым приведет к увеличению долговечности материала.

Список литературы

1. Ермолов В.В., Берд У.У., Бубнер Э. и др. Пршлось, настоящее и будущее пневматических строительных конструкций // Пнев-

матические строительные конструкции. / Под ред. В.В. Ермолова. М.:Стройиздат. 1983. 439 с.

2. Сулейманов А.М., Курянов В.Н. Установки и методы оценки работоспособности тентовых материалов в условиях воздействия различных эксплуатационных факторов // Работоспособность строительных материалов в условиях воздействия различных эксплуатационных факторов. Межвузовский сборник. Казань: КХТИ им. С.М. Кирова. 1981. С. 40—43.
3. Курянов В.Н., Шелихов Н.С., Камалова З.А., Сулейманов А.М. Стенды и методы для оценки долговечности тканепленочных материалов // Труды Седьмой Дальневосточной конференции по мягким оболочкам. ДВВИМУ. Владивосток. 1983. С. 60—62.
4. Сулейманов А.М. Исследования эксплуатационных свойств композиционных материалов для мягких оболочек // Материалы докладов Академического чтения РААСН. Ч. II. Белгород, 2005. С. 150—162.
5. Гогешвили А.А. Геометрическая структура ткани и ее влияние на прочность и деформативность // Сообщение ДВВИМУ. Вып. 25. Владивосток. 1973. С. 52—59.



СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО
СКБ СТРОЙПРИБОР
ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Лицензия Госстандарта РФ на изготовление средств измерений №000110-ИР
Приборы сертифицированы, имеют энергонезависимую память, режим связи с ПК.

ПГМ-100 / ПГМ-500 / ПГМ-1000

Прессы испытательные гидравлические малогабаритные на 100, 500 и 1000 кН. Снабжены электрическим приводом (сеть 220 В, 50 Гц) и тензометрическим силоизмерителем. Диапазон нагрузок 1...100 / 5...500 / 10...1000 кН



ПОС-30(50)МГ4 «Отрыв»



Измерители прочности бетона методом отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690.
Диапазон.....5... 100 МПа
Максимальное усилие вырыва анкера:
ПОС-30МГ4.....29,4 кН(3000кгс)
ПОС-30МГ4.....49,0 кН(5000кгс)

ПСО-МГ4



Измерители прочности сцепления защитных и облицовочных покрытий с основанием по ГОСТ 28089, ГОСТ 28574, а также усилия вырыва анкерных болтов и тарельчатых добелей.
Максимальное усилие отрыва:
ПСО-2,5МГ4.....2,45кН (250кгс)
ПСО-5МГ4.....4,9кН (500кгс)
ПСО-10МГ4.....9,80кН (1000кгс)

Влагомер-МГ4У



Измеритель влажности древесины, бетона, сыпучих по ГОСТ 16588 и ГОСТ 21718.
Может комплектоваться зондовым преобразователем.
Диапазон измерения влажности1...60%

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 стержней.....3... 40 мм

ИПС-МГ4.03




Измеритель прочности бетона, раствора методом ударного импульса по ГОСТ 22690.
Расширенный режим измерений с возможностью выбора вида заполнителя, возраста и условий твердения бетона.
Диапазон измерения прочности.....3...100 МПа

ПОС-50МГ4 «Скол»



Измерители прочности бетона методами скалывания ребра и отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690.
Диапазон:
методом скалывания ребра.....10... 70 МПа
методом отрыва со скалыванием.....5... 100 МПа

ПОС-2МГ4П



Измеритель прочности ячеистых бетонов методом вырыва спирального анкера.
Предусмотрена возможность корректировки результатов испытаний в зависимости от влажности бетона.
Диапазон.....0,5...8 МПа

ИТП-МГ4 «100/250»



Измерители теплопроводности и термического сопротивления материалов при стационарном режиме по ГОСТ 7076 и методом теплового зонда по ГОСТ 30256.
Диапазон.....0,02...1,5 Вт/м·К

Измерители теплопроводности, плотности тепловых потоков, параметров вибрации, влажности строительных материалов. Термометры, гигрометры, анемометры, пирометры, толщинометры, твердомеры, дефектоскопы, лазерные дальномеры.

454084, г. Челябинск, а/я 8538, ул. Калинина, 11г. тел./факс (351) 790-16-85, 790-16-13,
г. Москва, тел.(095) 964-95-63, 220-38-58 сот. 8912-479-58-81
E-mail: stroypribor@chel.surnet.ru http://www.stroypribor.ru

Р.В. ЛЕСОВИК, М.С. АГЕЕВА, кандидаты техн. наук,
В.Г. ГОЛИКОВ, Ю.В. ФОМЕНКО, инженеры, Белгородский
государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Мелкозернистые бетоны для малых архитектурных форм

Задачи функционально-художественного наполнения городского пространства оптимально решают малые архитектурные формы (МАФ), к ним относится большое количество элементов благоустройства и оборудования улиц, дорог, площадей, бульваров, дворов, то есть всей той промежуточной зоны, которая находится

между объектами «объемной» архитектуры. Как правило, трактовка этих элементов как составляющих малой архитектуры достаточно широка: в их номенклатуру входят объекты, начиная от питьевых фонтанчиков и скамеек и заканчивая арками входов или павильонами с закрытыми помещениями (рис. 1).

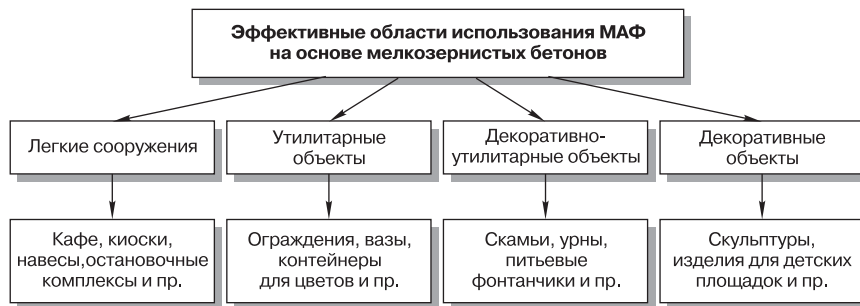


Рис. 1. Схема эффективных областей использования МАФ

Таблица 1

Вид заполнителя	В/Ц	Диаметр распыла конуса, мм	Водопотребность, %	Прочность образцов при сжатии, МПа
Отходы ММС	0,59	171	24	13,5
Вольский песок	0,41	171,5	4	34,4
Нижнеольшанский песок	0,48	170,5	8,3	32,1
Отсев дробления кварцито-песчаника фракции 5–2,5 мм	0,46	170	6,5	30,7
2,5–1,25 мм	0,5	171	8,5	23,1
1,25–0,63 мм	0,54	171,5	10,8	19,3
0,63–0,314 мм	0,57	169,5	12,3	14,1
0,314–0,16 мм	0,67	169	17	13,5
менее 0,16 мм	0,85	170	26,8	11,6

Таблица 2

Вид заполнителя	Насыпная плотность	Ц/В	Диаметр распыла, мм	Цементопотребность, %
Отходы ММС	1300	2,5	170	0,56
Вольский песок	1400	2,5	169,5	0,49
Нижнеольшанский песок	1300	2,5	170	0,532
Отсев дробления кварцито-песчаника фракции 5–2,5 мм	1315	2,5	171	0,516
2,5–1,25 мм	1250	2,5	170	0,515
1,25–0,63 мм	1215	2,5	170	0,544
0,63–0,314 мм	1220	2,5	171,5	0,613
0,314–0,16 мм	1215	2,5	171	0,811

Малые архитектурные формы как неотъемлемая часть промежуточной зоны служат строго утилитарным целям и вместе с тем являются композиционными деталями среды, составляющими связующий элемент в масштабном сопоставлении человека и застройки [1].

В настоящее время все шире в строительстве используются мелкозернистые бетоны (МЗБ) на основе средне- и крупнозернистых природных песков. Месторождения таких песков встречаются очень редко и поэтому при их использовании резко возрастают транспортные расходы. Таким образом, экономическая привлекательность использования мелкозернистых бетонов связана с заменой привозного природного минерального сырья и части порتلандцемента на местное сырье и отходы промышленности. Наряду с этим актуальной проблемой для Белгородской области является утилизация отходов Курской магнитной аномалии (КМА). Использование отходов мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов (ММС) – наиболее крупнотоннажного техногенного сырья на территории КМА и отсева дробления кварцито-песчаника является актуальным при производстве МАФ [2, 3].

Существующие стандартные испытания дают в основном лишь качественную оценку заполнителя – пригодности данного заполнителя для бетона заданного класса. Для количественной оценки влияния заполнителя на свойства и экономичность бетона (не касаясь частных случаев, таких как влияние заполнителя на морозостойкость, усадку и т. д.) необходимо знать влияние данного заполнителя на подвижность или водоцементопотребность бетонной смеси, а также на прочность бетона при сжатии.

Свойства искусственных песков, бетонных смесей и бетонов на их основе зависят от многих факторов, обусловленных свойствами исходных пород, способами их измельчения и методами обогащения полученного продукта. Наиболее существенное влияние оказывают прочность, структура и состав породы. При сопоставлении свойств природных и искусственных песков

Наименование состава	Содержание материалов в смеси, кг/м ³			Плотность, кг/м ³	Прочность образцов, МПа
	Вяжущее	Мелкий заполнитель	Вода		
ПЦ 500 Д0 с вольским песком	504	1462	212	2185	55,25
ВНВ с высокоплотной упаковкой заполнителя	395	1916, в том числе: 1095 (фр. 5–2,5 мм) 383 (фр. 2,5–1,25 мм) 274 (фр. 1,25–0,63 мм) 165 (фр. 0,63–0,15 мм)	128	2410	58,5
ВНВ-50 с отсевом дробления кварцитопесчаника	493	1528	202	2215	61,3
ВНВ-50 с вольским песком	461	1548	189	2198	48,2
ВНВ-50 с нижнеольшанским песком	573	1294	248	2115	31,7

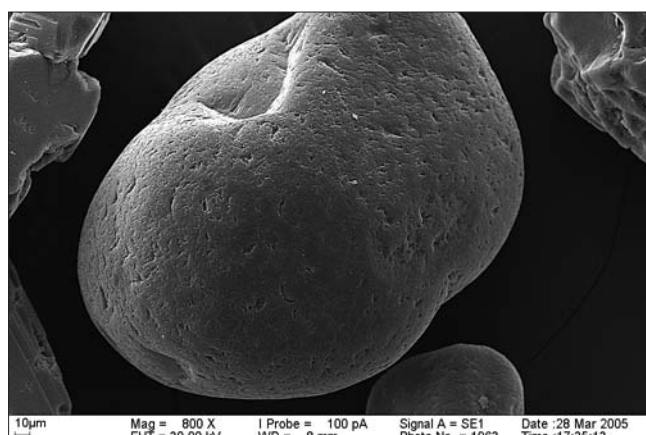


Рис. 2. Зерно кварца природного песка

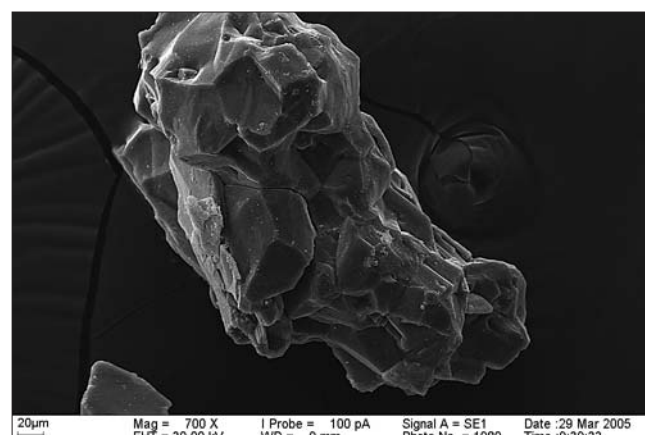


Рис. 3. Зерно кварца техногенного песка

необходимо обращать внимание на принципиальные различия этих материалов. Если первые являются в основном кварцевыми песками с округлой формой зерен и гладкой поверхностью, то вторые имеют существенные различия по составу и свойствам исходных пород, форме зерен и шероховатости их поверхности (рис. 2, 3).

Важнейшими интегральными характеристиками песков являются водо- и цементопотребность. Их определяли путем сравнительных испытаний цементного теста, растворной и бетонной смеси (табл. 1, 2).

Показатели водопотребности заполнителей позволяют не только более точно определять расход воды в бетонных смесях разной консистенции, но также определять сроки схватывания и предельное значение водоцементного отношения (В/Ц), при которых получается нерасплаиваемая бетонная смесь и действует линейная зависимость прочности бетона от В/Ц.

Из результатов, приведенных в табл. 1, видно, что водопотребность отсева дробления кварцитопесчаника увеличивается от 6,5% у фракции 5–2,5 мм до 46,8% у фракции менее 0,14 мм. Также увеличивается цементопотребность техногенных песков от

0,49 до 0,81, что свидетельствует о нецелесообразности применения заполнителя с большим содержанием фракций 0–0,314.

При этом водопотребность отходов ММС железистых кварцитов составляет 24%, что обусловлено их гранулометрическим составом и полиминеральным строением с большим количеством дефектов в агрегатах, при этом значения прочности бетона на отходах ММС равны прочности бетона на отсева дробления кварцитопесчаника фракции 0,314–0,16 мм с водопотребностью 17%. Это объясняется хорошей адгезией цементного камня к отходам ММС.

Цементопотребность определяли следующим образом: приготавливали смесь с постоянным соотношением Ц/В = 2,5, а количество отсева дробления кварцитопесчаника подбирали, добиваясь расплыва конуса 170 мм. Цементопотребность рассчитывали по формуле:

$$C_{номп} = V_{ц.т} / V_n \quad (1)$$

где $V_{ц.т}$ – объем цементного теста в смеси; V_n – объем песка в смеси. Результаты испытаний приведены в табл. 2.

На основании данных результатов нами были рассчитаны составы мелкозернистых бетонов, которые

приведены в табл. 3. Также были определены плотность и прочность мелкозернистого бетона на цементе и на ВНВ, в которых использовался фракционированный заполнитель.

Из приведенных результатов видно, что прочность и плотность бетона с использованием фракционированного заполнителя выше по сравнению с обычным бетоном.

Таким образом, в результате экспериментов установлено влияние состава и свойств техногенных песков на такие интегральные количественные показатели, как водо- и цементопотребность бетонных смесей. На основе данных заполнителей разработаны составы мелкозернистых бетонов для изготовления малых архитектурных форм.

Список литературы

1. Николаевская И.А. Благоустройство территорий. М.: Академия: Мастерство. 2002. 268 с.
2. Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Воронин В.В. Прогнозирование свойств бетонных смесей и бетонов с техногенными отходами // Изв. вузов. Строительство. 1997. № 4. С. 68–72.
3. Лесовик В.С. Строительные материалы из отходов горно-рудного производства КМА. М.: АСВ. 1996. 155 с.