

СОДЕРЖАНИЕ

Учредитель журнала:
ООО Рекламно-издательская
фирма «Стройматериалы»

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

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

Главный редактор
ЮМАШЕВА Е.И.

Редакционный совет:

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

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

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

Перепечатка
и воспроизведение статей,
рекламных и иллюстративных
материалов из нашего журнала
возможны лишь с письменного
разрешения главного редактора
Редакция не несет ответственности
за содержание рекламы и объявлений

Адрес редакции:
Россия, 117997, Москва,
ул. Кржижановского, 13
Тел./факс: (095) 124-3296
124-0900
E-mail: rifsm@ntl.ru
http://www.ntl.ru/rifsm

А.М. Шаммазов. Уфимскому государственному нефтяному техническому университету – 55 лет	2
Р.Ш. Сагитов. Состояние и перспективы развития промышленности строительных материалов Республики Башкортостан	3
ЭФФЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ НАРУЖНЫХ СТЕН	
Р.Ф. Мамлеев, Р.Ш. Сагитов, Г.С. Колесник, В.В. Бабков, Р.Р. Гареев, А.М. Гайсин, А.П. Москалев, Ю.М. Коробейников, Г.Ф. Разумова, А.Н. Чикота, И.В. Федорцев, Х.Д. Мавляров, А.Л. Яровенко, В.Б. Карташов, Д.А. Сеницин. Опыт реализации новых российских нормативов по теплозащите ограждающих конструкций зданий в Республике Башкортостан	6
В.В. Бабков, А.М. Гайсин, В.Г. Архипов, И.М. Нафтулович, Р.Р. Гареев, А.П. Москалев. Многоэтажные облицовки в конструкциях наружных теплоэффективных трехслойных стен зданий	10
Р.Ф. Мамлеев. ОАО «Крупнопанельное домостроение» – лидер строительного комплекса Республики Башкортостан	14
В.В. Бабков, А.М. Гайсин, А.Е. Чуйкин, Г.С. Колесник, Р.Ф. Мамлеев, Р.Р. Гареев, Г.Ф. Разумова. Оптимизация составов бетонных смесей в технологии производства стенowych и дорожных изделий на вибропрессовом оборудовании фирмы «Бессер» ...	16
А.К. Ахметгареева, В.А. Никонов, Г.Ф. Разумова. Пенообразователь для получения пенобетонов неавтоклавного твердения	18
СТАЛЕФИБРОБЕТОН В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	
В.В. Бабков, В.Н. Мохов, М.Б. Давлетшин, А.В. Парфенов, А.Е. Чуйкин. Технологические возможности повышения ударной выносливости цементных бетонов	19
Ш.Х. Аминов, И.Б. Струговец, И.В. Недосеко, В.П. Климов, В.В. Бабков. Водопропускные трубы для автомобильных дорог из сталефибробетона	21
ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ В СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ	
Р.Н. Мирсаев, В.В. Бабков, А.Е. Чуйкин, Н.Х. Каримов, И.В. Недосеко, Р.Р. Сахибгареев, М.Р. Латыпов, Р.Р. Салихов, Л.А. Хамзина, А.А. Шатов, А.А. Оратовская. Промышленные отходы предприятий Урало-Башкирского региона в строительных технологиях	22
Р.С. Мусавилов, И.А. Массалимов, В.В. Бабков, А.Е. Чуйкин, М.А. Балобанов, М.В. Шарабыров. Пропиточные гидрофобизирующие композиции на основе водорастворимой серы ...	25
А.Е. Чуйкин, О.М. Сафина, Т.В. Мансуров, Л.В. Старцева, И.А. Массалимов. Опыт производства труб из пластмасс для использования мелкоштучных дорожных вибропрессованных бетонных изделий	28
Ш.Х. Аминов, И.Б. Струговец, Э.Г. Теляшев, Ю.А. Кутын. Неокисленные дорожные битумы и асфальтобетоны на их основе	30
КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ	
В.В. Яковлев. Кинетика коррозии портландцементного бетона в растворах кислот ...	32
В.М. Латыпов, Т.В. Латыпова, Л.Н. Валишина, Е.В. Луцк, Р.Р. Ахмадуллин, А.Р. Анваров. Стойкость бетона и железобетона в емкостных сооружениях водоочистки ...	36
А.И. Габитов, Д.Л. Рахманкулов. Современные ингибиторы коррозии на основе гетероциклических соединений	38
В.И. Агапчев, Д.А. Виноградов, В.А. Мартяшова, Н.Г. Пермяков. Применение труб из пластмасс для современной бестраншейной технологии восстановления изношенных трубопроводных коммуникаций	40
РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	
В.В. Бабков, Р.Р. Сахибгареев, А.Е. Чуйкин, Р.А. Анваров, П.Г. Комохов. Особенности структурообразования высокопрочного цементного камня в условиях длительного твердения	42
Ф.Е. Волков. Роль растворов едкой щелочи в процессе формирования микроструктуры грунтобетона	44
ИНФОРМАЦИЯ	
М.А. Корякова. Пути снижения толщины трехслойных ограждающих конструкций без потери теплофизических свойств	47
Осенние промышленные выставки в «Экспоцентре»	48



А.М. ШАММАЗОВ,
ректор Уфимского государственного
нефтяного технического университета,
Д-р техн. наук, профессор

Уфимскому государственному нефтяному техническому университету – 55 лет

Уважаемые коллеги!

В 2003 г. Уфимскому государственному нефтяному техническому университету (УГНТУ) – одному из ведущих российских вузов нефтегазового профиля исполняется 55 лет.

Официально датой рождения вуза является октябрь 1948 г. Однако старшее поколение нефтяников страны справедливо ведет иной отсчет его истории с тех осенних дней 1941 г., когда в Уфу с трудностями и лишениями прибыли первые преподаватели и студенты эвакуированного из столицы Московского нефтяного института имени академика П.М. Губкина. В 1945 г. институт вернулся в Москву, а оставшийся в Уфе филиал продолжил традиции ведущего учебного заведения нефтяного профиля, превратившись в один из крупнейших технических университетов в стране.

Прошло более полувека с той поры, когда первые студенты, увлеченные романтикой новых профессий, заполнили аудитории Уфимского нефтяного института. Инженеры первых буровых и геолого-разведочных партий навсегда останутся в ис-

тории развития нефтяной промышленности России и Башкортостана. Нашим выпускникам принадлежит особая роль в открытии и освоении месторождений нефти Волго-Уральского региона, Сибири и Сахалина, а в настоящее время и зарубежные нефтяные компании считают честью иметь их среди сотрудников.

УГНТУ – это 10 факультетов и три филиала, где обучаются около 14 тыс. студентов по 32 специальностям и 20 специализациям. На 65 кафедрах университета трудятся 136 профессоров, докторов наук и 480 доцентов, кандидатов наук. Работает 5 докторских советов по защите диссертаций по 14 специальностям. В аспирантуре и докторантуре ведется подготовка 460 специалистов высшей квалификации.

Одной из важнейших сфер деятельности вуза в современных условиях является его международное сотрудничество в области науки и образования с зарубежными университетами и организациями. В университете обучаются более 270 иностранных студентов из 26 стран. В последние годы было заключено более 20 соглашений с образовательными и науч-

ными учреждениями многих стран мира. Подтверждением признания нашего университета в мировом образовательном пространстве является принятие УГНТУ в Международную ассоциацию университетов (МАУ).

Высокая востребованность наших выпускников ведущими предприятиями топливно-энергетической и строительной отраслей объясняется тем, что УГНТУ комплексно готовит специалистов разного профиля – от геологов до нефтепереработчиков, от архитекторов и строителей до специалистов по связям с общественностью.

Уфимский государственный нефтяной технический университет является в Республике Башкортостан основной учебной базой подготовки специалистов для топливно-энергетической и строительной отраслей экономики, а также обладает огромным научно-техническим потенциалом для разработки и внедрения современных технологий в этих областях. В последние годы в нашей республике развернута широкая программа строительства жилья, и в настоящее время по объему жилищного строительства Башкортостан занимает одно из ведущих мест в Российской Федерации. Строительный комплекс республики располагает мощной производственной базой, строительная промышленность является одной из приоритетных отраслей экономики. Средние и руководящие звенья строительных объединений республики практически полностью укомплектовываются выпускниками архитектурно-строительного факультета УГНТУ, ведущего подготовку инженеров по пяти специальностям. Значительная часть выпускников строительных специальностей ежегодно распределяется и на предприятия топливно-энергетического комплекса Западной Сибири.

Как выпускник нефтяного университета, душой болеющий и делами радеющий за родной вуз, я верю, что его значительный потенциал откроет перед студентами новые горизонты.



Главный корпус УГНТУ



Р.Ш. САГИТОВ,
первый заместитель министра строительства,
архитектуры и транспорта Республики Башкортостан

Состояние и перспективы развития промышленности строительных материалов Республики Башкортостан

Строительный комплекс Республики Башкортостан является одним из наиболее крупных в Российской Федерации. В строительстве действует более 3 тыс. предприятий различных форм собственности, на которых трудятся 145 тыс. человек. Республика вводит в действие 3,2% основных фондов, осваивает капитальных вложений 3,1%, выполняет 3,3% подрядных работ от объемов Российской Федерации. За 6 месяцев 2003 г. объем инвестиций в отрасль составил 13,6 млрд р. Объем работ по договорам строительного подряда за этот период составил 101,8% к соответствующему периоду прошлого года.

Жилищное строительство в республике рассматривается как одно из важных направлений подъема экономики и качества жизни населения. В последние 4 года в республике вводится ежегодно около 1,5 млн м² жилья. По объемам введенного жилья республика занимает пятое место в Российской Федерации.

В соответствии с программой газификации Республики Башкортостан в 2002 г. построено и введено в эксплуатацию 1293 км распределительных газовых сетей, газифицировано свыше 33 тыс. квартир.

Сеть автомобильных дорог общего пользования в республике составляет 24825 км, являясь самой протяженной сетью среди регионов России. Из 4,5 тыс. сельских населенных пунктов 98% имеют связь по дорогам с твердым покрытием. Мощности дорожно-строительного комплекса позволяют ежегодно вводить 700–800 км автодорог, в том числе асфальтировать более 600 км, ремонтировать более 1000 км, строить и реконструировать до 2 тыс. погонных метров мостов и мостовых переходов.

В республике в настоящее время возводятся крупнейшие объекты в масштабах Российской Федерации по народнохозяйственной значимости и объемам капитальных вложений – комплекс «Полиэф» по производству широкой номенклатуры полимерных материалов и Юмагузинское водохранилище с энергетическим комплексом.

Базой строительного комплекса Республики Башкортостан является динамично развивающаяся промышленность строительных материалов. Статистические данные за последние 5 лет показывают устойчивое ежегодное приращение индекса физического объема выпускаемой строительной продукции. За I полугодие 2003 г. по отношению к I полугодию 2002 г. индекс физического объема составил 108,7%.

По ряду материалов наблюдается значительное увеличение объемов производства по сравнению с уровнем прошлого года:

- цементу – на 27%;
- мягким кровельным материалам – на 61%;
- шиферу – на 14%;
- стеклу полированному – на 9%;
- гипсу – на 3%;
- линолеуму – на 27,2%;
- плитам ЦСП – на 15,6%.

Работа по развитию промышленности строительных материалов ведется в соответствии с концепцией Минстройтранса РБ по структурной перестройке производственной базы строительства, принятой постановлением Кабинета министров РБ от 26 июня 2002 г. №196 в рамках целевой жилищной программы Республики Башкортостан на 2002–2005 гг.

За последние три года введены и реконструированы следующие крупные предприятия:

- МУП «Сангалыкский диорит» – производство диоритового щебня мощностью 1 млн м³ в год;
- ООО «Полимер» – производство пеностирольного утеплителя на австрийском оборудовании мощностью 300 тыс. м³ в год;
- ОАО «Салаватстекло» – линия по производству 25 тыс. м² в год одно- и двухкамерных стеклопакетов на импортном оборудовании;
- ОАО «Сода» – введен в эксплуатацию завод по производству сухих строительных смесей мощностью 100 тыс. т в год на австрийском оборудовании;
- Салаватский завод теплоизоляционных изделий – пущена в эксплуатацию линия гидрофобизированных минераловатных плит мощностью 20 тыс. м³ в год;
- ОАО «Башводмелиорация» – введен в эксплуатацию кирпичный завод мощностью 8 млн шт. в год по технологии полусухого прессования;
- ОАО «Мансуровский КСМ» – введены мощности по производству гранитных ступеней, бордюров, парапетов и плит мощения;
- АК «Башстром» – установлены на трех заводах линии фирмы «Боймер» по производству силикатного кирпича; сдана в эксплуатацию линия по производству 750 тыс. м³ в год известнякового щебня, ведутся работы по подготовке строительства производства известняковой муки мощностью 250 тыс. т в год;
- ГУП «Орлец» – введен цех по распиловке мраморной плитки мощностью 120 тыс. м² в год;
- ООО «Италбашкерамика» – введены в эксплуатацию две линии по производству напольной и настенной керамической плитки

Наименование продукции	2002 г., отчет	2003 г., оценка	2004 г., прогноз	2006 г., прогноз	2010 г., прогноз
Цемент, тыс. т	764,1	790	800	820	1280
Листы асбестоцементные (шифер), млн усл. плиток	81,1	78	80	82	85
Мягкие кровельные материалы, млн м ²	27,5	52	62	65	75
Линолеум, млн м ²	2,7	2,54	2,6	2,6	2,8
Плитка керамическая, млн м ²	–	0,9	2	2,3	3,4
Стекло листовое, млн м ²	20,76	20	21	21	22
Теплоизоляционные материалы на основе минеральных волокон, тыс. м ³	111,3	80	100	105	110
Стеновые материалы, млн шт. усл. кирпича	550,4	480	500	530	600
Сборный железобетон, тыс. м ³	703,2	700	720	760	820
Нерудные строительные материалы, млн м ³	6,4	5	6	6,5	7
Плиты ЦСП, тыс. м ³	3,9	4	4,2	4,5	4,8

на итальянском оборудовании мощностью 2,2 млн м² в год;

- ОАО «Кровля» — проведена крупномасштабная реконструкция завода и начат выпуск 8 наименований новой продукции.

Перечень введенных основных предприятий показывает, какое значение придается Правительством и Минстройтрансом РБ развитию и обновлению материальной базы строительства республики.

Концепция и стратегия развития промышленности строительных материалов до 2005 г. и далее до 2010 г. определяется следующими направлениями:

- удовлетворение внутреннего рынка в современных строительных материалах;
- повышение эффективности их производства;
- развитие мощностей по выпуску конкурентоспособной импортозамещающей продукции;
- комплексное использование природного сырья, вторичных ресурсов и отходов промышленных предприятий для производства строительных материалов;
- обеспечение потребности капитального строительства качественными, экологически чистыми, современными материалами, отвечающими по ассортименту и номенклатуре платежеспособному спросу различных слоев населения.

Для достижения указанных целей в промышленности строительных материалов до 2010 г. намечено осуществить следующие мероприятия.

1. Провести обновление основных фондов предприятий отрасли с переходом на более высокий уровень технического оснащения.

Износ оборудования многих предприятий достиг 50 и более про-

центом. Многие предприятия, особенно кирпичные заводы, оснащались оборудованием стран СНГ, и в лучшем случае эта продукция может быть использована как базовая по запасным частям.

Новых отечественных технологических линий практически нет. Наиболее экономичным вариантом становится приобретение оборудования и технологий в высокоразвитых странах Европы и Азии.

Прочные связи у республики сложились с такими странами, как Германия, Австрия, Китай, Словакия, Италия, Англия и др. В настоящее время рассматриваются возможности приобретения кирпичного завода мощностью 72 млн шт./год из Германии, решаются вопросы расширения производства пенополистирольного утепления на ООО «Полимер» на австрийском оборудовании, приобретения итальянского оборудования по производству напольной и бордюрной плитки мощностью 1,1 млн и 0,5 млн м² соответственно, обновления оборудования завода в г. Октябрьский по производству фаянсовых изделий, обновления оборудования по производству санитарно-технических изделий в г. Туймазы, приобретения карьерной техники для действующих предприятий горнодобывающей промышленности.

2. Добиться снижения ресурсоемкости, энергетических и трудовых затрат на изготовление продукции и как следствие обеспечить выпуск конкурентоспособной продукции.

В этом направлении принято решение об организации паспортизации предприятий с выявлением излишних энергетических мощностей, введения автоматизации источников теплоснабжения, внедрения систем коммерческого учета элект-

ричества и газа. Значительная роль отводится экспертизе номенклатуры и ассортимента выпускаемой продукции.

3. Увеличить объем рационального использования минеральных природных ресурсов и вовлечения в производство техногенных отходов различных отраслей промышленности.

Башкортостан по запасам и содержанию полезных ископаемых является наиболее богатым регионом Южного Урала. Приоритетной остается добыча и переработка залежей гранита, мраморизированных известняков, диоритов, серпентинита, яшмы.

В особую группу входят минеральные красители, переработка которых пока недостаточно развита в республике. Имеется ряд пиррофиллитовых проявлений талька, слюды и др.

Необходима широкомасштабная доработка сырья для производства строительной керамики, фарфоровой и фаянсовой продукции.

Из техногенных отходов промышленности для переработки перспективны известесодержащие отходы содового производства и фосфогипс.

Перспективное значение имеет развитие и переработка природных гипсов для получения высококачественных гипсовых вяжущих, ангидритовых вяжущих и производство строительных материалов на их основе. Широкие возможности имеются в товарной поставке гипсов низких марок для производства плит ГКЛ и ГВЛ.

4. Организовать подготовку и переподготовку специалистов всех уровней на базе институтов и колледжей.

В Уфе есть архитектурно-строительный факультет нефтяного тех-

нического университета, ведущий подготовку инженеров по пяти специальностям, и ряд строительных колледжей в городах республики. Кроме того, на договорных условиях ведется подготовка технологов в казанском, оренбургском и магнитогорском вузах, имеющих соответствующие факультеты.

5. *Направить инвестиционную политику на создание совместных предприятий с внедрением современных технологий.*

В республике развитие производственных мощностей по выпуску строительных материалов, изделий и конструкций должно быть экономически обосновано с учетом спроса, природно-климатических условий, оптимального использования имеющейся сырьевой базы отрасли, попутно добываемых продуктов и отходов других отраслей промышленности.

Территориально выгодное расположение Башкортостана позволяет ориентировать поставку продукции в первую очередь в регионы Урала и Сибири.

Наработаны и сохраняются деловые отношения с Санкт-Петербургом, Москвой, Самарой, Ульяновском, другими городами и областями.

Ряд материалов, выпускаемых в республике, соответствует требованиям мировых стандартов (стекло, цемент, гидроизоляционные материалы, сухие строительные смеси и др.). Однако в условиях подготовки вступления России в ВТО этого не достаточно. В Минстройтрансе РБ создан координационный совет по качеству, который определяет основные направления совершенствования контроля качества, в том числе внедрение на предприятиях систем качества ИСО-9000. Проводится большая работа по адаптации нормативно-технической и законодательной базы республики к действующим мировым стандартам.

Одной из стратегических задач является ликвидация имеющихся перекосов территориального размещения производительных сил, которые резко увеличивают стоимость материалов франко-стройплощадка из-за высокой стоимости услуг железнодорожного и автомобильного транспорта.

Основными источниками финансирования остаются внебюджетные, однако Правительство РБ ежегодно также выделяет средства на развитие промышленности строительных материалов.

В результате к 2010 г. планируется рост объемов производства материалов на 130–180% (см. таблицу).

На прогнозные данные во многом влияет разработка и подготовка региональных законодательных и нормативных актов, направленных на создание цивилизованного рынка строительных материалов, стимулирование привлечения отечественных и иностранных инвесторов, повышение качества и конкурентоспособности продукции отрасли, максимальное использование местных ресурсов.

Развитие отрасли предопределяет решение на местах экологических проблем по снижению отрицательного воздействия на окружающую среду при производстве материалов, организацию кадрового обеспечения специалистами, совершенствование торгово-сбытовой системы по стабилизации и в дальнейшем снижению цен и т. д.

Реализация концепции развития промышленности строительных материалов до 2010 г. в Республике Башкортостан позволит стимулировать дополнительный спрос на продукцию смежных отраслей экономики – машиностроения, нефтеперерабатывающей, химической.

информация

Архитектурно-строительный факультет УГНТУ

Инженерно-строительный факультет Уфимского государственного нефтяного технического университета был образован в 1969 г. Необходимость создания факультета была обусловлена потребностью в подготовке специалистов строительного профиля в связи с бурным развитием строительных организаций республики и увеличением объемов промышленного и гражданского строительства.

В настоящее время факультет включает семь кафедр:

- «Строительные конструкции» (зав. кафедрой профессор, доктор технических наук В.М. Латыпов);
- «Технология строительного производства и фундаменты» (зав. кафедрой доцент, кандидат технических наук М.М. Фаттахов);
- «Архитектура» (зав. кафедрой доцент, заслуженный архитектор РФ И.Н. Сабитов);
- «Экономика и организация строительства» (зав. кафедрой профессор, доктор технических наук О.Л. Денисов);
- «Водоснабжение и водоотведение» (зав. кафедрой профессор, доктор химических наук М.С. Клявлин);
- «Прикладная математика и механика» (зав. кафедрой профессор, доктор технических наук В.И. Агапчев);
- «Прикладная физика и химия» (зав. кафедрой профессор, доктор химических наук А.К. Мазитова).

На АСФ идет обучение по специальностям: архитектура, промышленное и гражданское строительство, водоснабжение и водоотведение, экономика и управление на предприятиях строительного комплекса, автомобильные дороги, подготовка бакалавров строительного профиля.

Профессорско-преподавательский состав факультета учит будущих специалистов решать технические и технологические задачи с применением компьютерных технологий, овладевать основами программирования и вычислительной техники.

За эти годы факультетом выпущены тысячи инженеров-строителей, более шестисот архитекторов. Сотни его выпускников стали руководителями трестов, строительных и монтажных управлений, занимают высокие посты в главках и отделах министерства, в научно-исследовательских и проектных институтах, архитектурных мастерских.

Факультет постоянно развивается, совершенствуются формы и методы обучения. Расширяется его материально-техническая база. В состав факультета входит вычислительный центр, спортивный комплекс, два 12-этажных корпуса общежития.

Студенты активно участвуют в культурной жизни факультета. На факультете есть студенческий театр, свои музыканты, проходят веселые фестивали и КВН.

Республика Башкортостан, 450080 Уфа, ул. Менделеева, 197, к. 430, Архитектурно-строительный факультет УГНТУ
Телефоны: (3472) 28-28-11, 28-29-88; e-mail: asfugntu@yandex.ru

Р.Ф. МАМЛЕЕВ, канд. техн. наук, Р.Ш. САГИТОВ, Г.С. КОЛЕСНИК, канд. техн. наук, В.В. БАБКОВ, д-р техн. наук, Р.Р. ГАРЕЕВ, канд. техн. наук, А.М. ГАЙСИН, канд. техн. наук, А.П. МОСКАЛЕВ, Ю.М. КОРОБЕЙНИКОВ, Г.Ф. РАЗУМОВА, канд. техн. наук, А.Н. ЧИКОТА, канд. техн. наук., И.В. ФЕДОРЦЕВ, канд. техн. наук, Х.Д. МАВЛИЯРОВ, А.Л. ЯРОВЕНКО, В.Б. КАРТАШОВ, Д.А. СИНИЦИН (ОАО «КПД»), Минстройтранс РБ, БашНИИстрой, Уфимский государственный нефтяной технический университет, ОАО «БНЗС», Уфа)

Опыт реализации новых российских нормативов по теплозащите ограждающих конструкций зданий в Республике Башкортостан

Доля энергопотребления на эксплуатацию зданий в Российской Федерации составляет около 37% от общего расхода тепловой энергии, включая потребности промышленности и сельского хозяйства. В западных странах при более высокой удельной обеспеченности населения жильем этот показатель составляет 18–20% [1].

Жилой фонд Республики Башкортостан превышает 75 млн м² общей площади, и на его содержание по статьям «отопление + горячее водоснабжение» расходуется ежегодно свыше 5 млн т у.т. При средней цене жилья в настоящее время около 12 тыс. р за 1 м², стоимости электроэнергии 0,7 р за кВт·ч, среднем энергопотреблении по жилью около 500 кВт·ч на 1 м² в год энергозатраты на отопление и горячее водоснабжение за 25 лет эксплуатации оказываются эквивалентными исходным затратам на возведение здания.

Госстроем Российской Федерации в 1995–2000 гг. был введен пакет нормативных документов (Изменения № 3 и № 4 к СНиП П-3–79** «Строительная теплотехника», СП 23-101–2000 «Проектирование тепловой защиты зданий»), резко повысивший требования к теплозащите ограждающих конструкций зданий, отстававшие на этом этапе по уровням термосопротивлений элементов строительной оболочки здания от западных стран в 2,5–4 раза.

Согласно новым нормативам расчет требуемого термосопротивления увязывается с числом градусо-суток отопительного периода (ГСОП) для данного климатического района. Для условий Республики Башкортостан при числе градусо-суток для жилых зданий от 5700 до 6400 требуемое сопротивление теплопередаче для наруж-

ных стен выросло в 3,4–3,8 раза (до 3,4–3,7 м²·°С/Вт), по оконным блокам – в 1,5–2 раза (до 0,56–0,59 м²·°С/Вт). Применявшиеся в течение последних 40 лет в республике в жилищном строительстве кирпичные стены толщиной 640 мм (2,5 кирпича) и керамзитобетонные стеновые панели толщиной 350–400 мм имели показатели по термосопротивлению 0,9–1,1 м²·°С/Вт.

Реализация новых нормативов по теплозащите ограждающих конструкций зданий, предполагающих сокращение энергопотребления на отопление примерно на 40%, стала возможной на основе перехода от монослойных наружных стен к двух-, трехслойным, включающим слой из эффективного утеплителя, переход от двойного к тройному остеклению и исполнению оконных блоков с улучшенными показателями по потерям тепла от инфильтрации наружного воздуха.

В рамках программы повышения теплозащиты ограждающих конструкций зданий институтом БашНИИстрой и кафедрой «Строительные конструкции» Уфимского государственного нефтяного технического университета в 1995–97 гг. были разработаны и введены в действие приказами Госстроя Республики Башкортостан альбомы технических решений наружных теплоэффективных трехслойных стен зданий на основе керамического, силикатного кирпича и вибропрессованных бетонных блоков, производимых на нескольких предприятиях республики на оборудовании фирмы «Бессер» [2, 3]. Эта региональная документация ориентировала проектировщиков и строителей на отказ от применения штучных стеновых материалов во вновь строящихся зда-



Рис. 1. Всероссийский центр глазной и пластической хирургии. Несущие стены выполнены из керамического кирпича, система теплоизоляции – плитный утеплитель, оштукатуренный по сетке



Рис. 2. Общеобразовательная школа в микрорайоне Сипайлово (Уфа). Несущая часть стены выполнена из высокопустотных вибропрессованных бетонных блоков. Облицовочный слой – цветные сплитерные бетонные блоки

ниях. С ее использованием в 1996–2003 гг. в Уфе институтами КПД-проект, ПТИ БНЗС, УГНТУ и БашНИИстрой были запроектированы, а ОАО «КПД», ОАО «БНЗС» возведены серии жилых домов и других гражданских зданий с наружными трехслойными стенами с приведенным термосопротивлением 3–3,5 м²·°С/Вт. Это 9–11-этажные жилые дома по ул. Адмирала Макарова, 10–16-этажные дома по ул. Крупской, 6-этажные дома по ул. Социалистической, 7-этажные дома по ул. Жукова в микрорайоне Сипайлово, ряд объектов соцкультбыта в столице и на территории республики и др. (рис. 1, 2, 3, 4).

Трехслойная конструкция наружной стены, включающая внутренний несущий (самонесущий) слой, средний теплоизолирующий, наружный облицовочный, является наилучшим техническим решением теплоэффективной стены. Разделение функций по основным элементам в трехслойной стене позволяет рационально использовать конструкционный и теплоизоляционный материалы и достичь оптимальных удельных показателей по несущей и теплоизолирующей способности наружной стены.

Утеплитель в решениях трехслойных стен наиболее рационально использовать в виде непрерывного теплоизоляционного экрана. Применение утеплителя в виде термовкладышей в конструкциях колодцевых кладок стен с периодической перевязкой наружного и внутреннего слоев, а также путем заполнения пустот бессервочных блоков с различной пустотностью резко снижает приведенное сопротивление теплопередаче из-за формирующихся мостиков холода и понижения теплотехнической однородности стены.

Классическая трехслойная стена на основе штучных стеновых материалов достаточно надежна и долговечна при условии ее надлежащего исполнения. Этот вариант наружной стены является основным для практики Канады. Здания с такой стеной после 30 и более лет эксплуатации в климате Канады как с применением пенополистирола, так и минераловатных утеплителей находятся в хорошем состоянии. Главные вопросы, которые должны быть решены при возведении трехслойной стены, – качественное исполнение теплозащитного экрана (плотность стыков теплоизоляции, обеспечение прижатия изоляции к внутреннему слою стены), обеспечение отведения конденсатной влаги из межслоевого пространства, обеспечение коррозионной стойкости гибких связей, объединяющих внутренний и наружный слои трехслойной стены для совместной работы, качественное исполнение кладки внутреннего и облицовочного слоев с заполнением вертикальных кладочных швов.

ОАО «КПД» уже около четырех лет использует линию термодиффузионного оцинкования металлических гибких связей и другой металлофурнитуры для

трехслойных стен. Эта технология дает лучшее качество защиты по сравнению с традиционными технологиями. Легированная нержавеющая проволока для гибких связей, примененная в Башкирии на первом объекте с трехслойной стеной, дорога и нерентабельна. В практике проектирования и строительства в Канаде применяются оцинкованные металлические гибкие связи.

УГНТУ и БашНИИстрой в дополнение к уже разработанной документации по трехслойным стенам на основе штучных материалов (альбомы технических решений, ТСН на расчет и проектирование стен [4]) подготовлен и утвержден Минстройтрансом Республики Башкортостан ТСН на технологию возведения таких стен, где отражен 8-летний опыт строительства на объектах ОАО «КПД» и многолетний опыт канадских строителей.

Трудоёмким элементом трехслойной стены является опорный столик под облицовочный слой при поэтажном его устройстве. В настоящее время авторами разработаны технические решения опорных столиков под многоэтажные облицовки в железобетоне с их силовым и температурным расчетом. Для стен из вибропрессованных бетонных блоков 4-этажные облицовки с опиранием на один опорный столик реализованы на 14-этажном доме по ул. Дорофеева и 10-этажном по ул. Крупской (рис. 5, 6).

Другое техническое решение теплоэффективной стены реализуется сегодня в рамках возведения сборного панельного жилья ОАО «КПД». В этом решении трехслойная стеновая панель с облицовочным слоем из бессервочных блоков или керамического кирпича отличается от стены на основе мелкоштучных стеновых материалов необходимостью засверливания гибких связей в железобетон внутреннего слоя вместо их укладки в кладочные швы. Реконструированное производство на заводе железобетона этого объединения рассчитано на возведение сборного панельного жилья в объеме более 100 тыс. м² в год. ОАО «КПД» в 2000–2003 гг. возвело серии панельных многоэтажек с применением этого решения в микрорайонах Сипайлово и Белореченский (Уфа), имеющих интересный внешний вид, аналогичный домам из штучных стеновых материалов (рис. 7).

Другим вариантом трехслойных стен с жесткими облицовками в системе вентилируемого фасада является конструкция типа «Марморок». Система «Марморок» реализуется в Уфе на большом числе объектов (жилые дома) при застройке квартала «0» фирмой «Жилстройинвест». Надежность этой системы связана с тщательностью исполнения монтажных работ. Достоинство этого решения, как и вентилируемого фасада с использованием фиброцементных плит, состоит в высокой ремонтпригодности стены, возможности всесезонного производства работ. Однако с позиции долговечности в системе вентилируемый фасад с применением фибро-



Рис. 3. Административно-бытовое здание лыжероллерной трассы «Биталон» (Уфа). Несущий слой стен – пустотелые вибропрессованные бетонные блоки, утеплитель – минераловатные плиты, облицовочный слой – сплитерные и гладкие бетонные блоки



Рис. 4. Жилой дом по ул. Социалистической (Уфа). Несущий слой стен – высокопустотные вибропрессованные бетонные блоки, утеплитель – минераловатные плиты, облицовочный слой – цветные сплитерные бетонные блоки



Рис. 5. Жилые дома по ул. Крупской (Уфа). Несущий слой стен – полнотелые вибропрессованные бетонные блоки, утеплитель – минераловатные плиты Rockwool, облицовочный слой – сплитерные пустотелые цветные блоки



Рис. 6. Жилой дом с мансардой по ул. Дорофеева (Уфа). Несущий слой стен – полнотелые и пустотелые вибропрессованные блоки, утеплитель 100 мм, облицовочный слой – сплитерные цветные блоки с опиранием на железобетонный опорный пояс



Рис. 7. Жилой дом серии 121у по пр. Октября (Уфа). Несущий слой стен – железобетонные панели толщиной 140 мм, теплоизоляционный слой – минераловатные плиты толщиной 200 мм, облицовочный слой – цветные вибропрессованные блоки

цементных листов существует проблема усадочного коробления фиброцементного листа, долговечности фрагмента листа в зоне его контакта с шпуром.

В решениях трехслойных стен с жесткими облицовочными слоями оптимальными утеплителями являются полужесткие минераловатные плиты со средней плотностью 40–80 кг/м³ и пенополистирольные плиты. Современное производство качественного пенополистирола мощностью 300 тыс. м³ в год запущено НПО «Полимер» в Уфе, что в значительной степени обеспечит потребности Башкортостана в эффективных утеплителях.

По распространенности вторым конструктивным решением после трехслойной стены является теплоэффективная стена с утеплением снаружи и оштукатуриванием по сетке. Система сочетается как с плитным пенополистиролом, так и с жесткими минераловатными плитами. Это техническое решение в Уфе и Башкортостане реализует ОАО «БНЗС». За последние два года это объединение возвело с применением системы «Vaumit» (Австрия) более 15 крупноформатных объектов. Успех в данном случае в настоящее время зависит от качества комплекта материалов в системе (адгезив, базовый слой, армирующая сетка, грунтовочный, фактурный слой) и исполнения требований технологии. На объектах в Европе с применением системы «Vaumit» наружная штукатурка остается целой после 15–20 лет эксплуатации. Штукатурные слои в этих системах должны обладать высокой адгезией, водостойкостью, морозостойкостью, минимальной усадкой при сохранении паропроницаемости.

Не следует в данном случае идти на применение штукатурных составов, не проверенных на надежность во времени, так как это может привести и приводит к усадочному растрескиванию фактурного и базового слоев, отслаиванию штукатурки. Такие случаи имели место в Башкортостане и на объектах Москвы. С ОАО «БНЗС» кафедрой СК УГНТУ начата программа наблюдения за состоянием объектов с таким решением наружных стен, введенных в эксплуатацию.

В Уфе и Башкортостане реализуется техническое решение монослойной теплоэффективной стены на основе автоклавных газобетонных и неавтоклавных пенобетонных блоков. Для наружных стен применяются ячеисто-бетонные изделия со средней плотностью 400–500 кг/м³. В этом случае в климатических условиях Башкортостана возможно решение наружной стены толщиной 400–600 мм с необходимым термосопротивлением 3–3,5 м²·°C/Вт. Такое решение стены-заполнения применено, в частности, на строящемся 17-этажном каркасном жилом доме № 3 в микрорайоне Новиковка, возводимом ОАО «КПД». Дол-

говечность такой стены может быть обеспечена только при ее наружной защите. В идеале это сочетание поверхностной гидрофобизации ячеисто-бетонного слоя и облицовки в 1/2 керамического кирпича или в виде бесщелевого блока толщиной 90 мм. Без этого поверхностные слои в условиях эксплуатации будут достаточно быстро разрушаться, как это имело место на первых объектах в Самарской области при использовании газобетонных блоков в наружных стенах без соответствующей защиты.

Все названные решения наружных теплоэффективных стен, реализуемые на строящихся объектах в Башкортостане, имеют право на существование при условии качественного исполнения. Наблюдение за состоянием объектов в ближайшие 5–7 лет позволит классифицировать эти решения с позиции большего или меньшего соответствия климатическим условиям Башкортостана и средней полосы России.

Когда в 1995–96 гг. в директивном порядке вводились новые нормативы по теплозащите, то в России практически не существовало производства кондиционных эффективных утеплителей для ограждающих конструкций жилых и гражданских зданий, хотя существовала мощная промышленность минераловатных плит для промышленной теплоизоляции [5]. Западные же страны уже в течение десятилетий производят высококачественные утеплители с коэффициентом теплопроводности 0,03–0,045 Вт/(м·с), минимальным водопоглощением, высокой влагостойкостью, безусадочные, долговечные, технологичные в монтаже, эталонами которых являются базальто-волоконные плиты марок Rockwool, Paroc, экструдированный пенополистирол марок Styrofoam, Styrodur, Polystyrene, беспрессовый пенополистирол Styrogor. Такие утеплители в значительных объемах использовались в России и Башкортостане в 1995–2000 гг. при ценах 100–200 USD за 1 м³.

За последние 4–5 лет и в России, и в Башкортостане получены результаты по улучшению качества и организации производства теплоизоляционных материалов на отечественных предприятиях. Однако объемы производства кондиционной продукции остаются пока недостаточными.

По оценкам АО «Теплопроект», потребность в эффективных утеплителях в России по жилищному сектору строительства в 2010 г. должна составить 25–30 млн м³ при условии, что объемы строительства жилья выйдут на уровень годового прироста 0,5–0,6 м² на душу населения. При объеме строительства жилья в Республике Башкортостан в последние несколько лет порядка 1,5 млн м² в год (0,35 м² на душу населения в год) годовая потребность в утеплителях составляет 300–350 тыс м³.

В Республике Башкортостан программа расширения производства и улучшения качества собственных утеплителей реализуется на ряде предприятий: минераловатные изделия на АО «Термостепс» (г. Салават); беспрессовый пенополистирол на НПО «Полимер» (Уфа); автоклавные газобетонные изделия на УКСМ (Уфа); несколько предприятий выпускают пеноизол (Авиаспецмонтаж и др.).

Наряду с новым строительством перед республикой стоит задача санации жилых домов массовых серий постройки 50–80-х гг. Задачи санации включают прежде всего сокращение теплопотребления зданий, снижение эксплуатационных затрат, а также повышение комфортности жилья, повышение надежности и долговечности домов.

Сокращение теплопотребления должно достигаться за счет повышения теплозащиты всех ограждающих конструкций здания. Программа санации должна быть направлена в первую очередь на реконструкцию панельных домов со значительными повреждениями наружных стеновых панелей. Данный дефект характерен для десятков 5–9-этажных панельных домов в Уфе. Уже имеются положительные примеры реализации реконструкции эксплуатируемых жилых домов с повышением теплозащиты и восстановлением гидроизоляционной способности стеновых панелей.

В 2001 г. в Республике Башкортостан приняты и введены в действие территориальные строительные нормы ТСН 23-318–2000 РБ «Тепловая защита зданий» [6], распространяющиеся на проектирование новых и реконструкцию существующих жилых и общественных зданий. Нормы разработаны по заданию Минстроя Республики Башкортостан Научно-исследовательским институтом строительной физики на основе общероссийского СП 23-101–2000 «Проектирование тепловой защиты зданий» с учетом климатических особенностей Республики Башкортостан.

В ТСН 23-318–2000 РБ заложены два альтернативных подхода к выбору теплозащитных свойств здания:

- потребительский, когда теплозащитные свойства определяются по нормативному значению удельного энергопотребления здания в целом или его отдельных замкнутых объемов (блок-секций, пристроек и т. д.);
- предписывающий, когда нормативные требования предъявляются к отдельным элементам теплозащиты здания.

Поэлементные требования к теплозащите ограждающих конструкций по предписываемому подходу назначаются в соответствии с действующим СНиП П-3–79* «Строительная теплотехника» в части допустимого приведенного сопротивления теплопередаче (согласно второму этапу повышения уровня теплозащиты из условия энергосбережения), минимально допустимым температурам внутренней поверхности ограждений, максимально допустимой воздухопроницаемости отдельных конструкций ограждения, к которым добавляются показатели компактности здания, минимально допустимый предел огнестойкости и максимально допустимый класс пожарной безопасности.

Интерес представляет потребительский подход к выбору теплозащитных свойств жилых и общественных зданий, дающий проектировщикам более широкие возможности обеспечения снижения энергозатрат за счет варьирования конструктивных, объемно-планировочных и инженерных решений проектов зданий.

При потребительском подходе удельный расход тепловой энергии на отопление проектируемого здания $q_{h,des}$, определяемый на 1 м² отапливаемой площади [кДж/(м²·°С сут)] или на 1 м³ отапливаемого объема [кДж/(м³·°С сут)], должен быть меньше или равен требуемому значению $q_{h,req}$ для жилых зданий с высотой этажа 2,8 м (см. таблицу).

Расчетная величина удельного расхода тепловой энергии на отопление здания может быть снижена как за счет

Число этажей	1	2	3	4–5	6–9	10 и более
Требуемый удельный расход, кДж/(м ² ·°С сут)	115	106	100	95	80	70

использования эффективных теплоизоляционных материалов и конструкций и рационального расположения их в структуре ограждений, так и за счет оптимизации объемно-планировочного решения здания, повышения эффективности систем обеспечения микроклимата за счет применения современных приборов отопления и вентиляции и более рационального их расположения с целью утилизации тепла удаляемого внутреннего воздуха и поступающей в помещение солнечной радиации.

При разработке проектной документации на строительство здания или его реконструкцию с использованием любого из двух вышеприведенных механизмов назначения теплозащитных свойств здания следует составлять энергетический паспорт здания, характеризующий его уровень теплозащиты и энергетическое качество и доказывающий соответствие проекта новым нормам.

Энергетический паспорт здания включает следующие основные разделы: общую информацию о проекте и расчетные (климатические) условия, сведения о функциональном назначении и типе здания, объемно-планировочные и компоновочные показатели здания, расчетные энергетические показатели здания, включающие величины приведенных сопротивлений теплопередаче наружных ограждений, общий коэффициент теплопередачи здания, общие теплопотери через ограждающую оболочку здания, теплопоступления бытовые и за счет солнечной радиации, потребность в тепловой энергии на отопление здания (все за отопительный период) и удельный расход тепловой энергии на отопление здания. В результате сопоставления вышеприведенных показателей с нормативными требованиями даются рекомендации по повышению энергетической эффективности здания.

Минстройтранс РБ в настоящее время реализуется программа «Энергосбережение в строительном комплексе Республики Башкортостан на 2002–2005 гг.», включающая подпрограмму «Теплозащита зданий». В разработке программы участвуют научно-исследовательские, проектные и производственные организации республики.

Список литературы

1. *Бутовский И.Н., Матросов Ю.А.* Теплозащита зданий: Обзорный доклад о мировом уровне и тенденциях развития строительной науки и техники. М.: ВНИИТПИ. 1990. 48 с.
2. *Колесник Г.С., Бабков В.В.* Перспективы использования в строительстве вибропрессованных бетонных изделий, производимых на оборудовании фирмы «Бессер» // Бюллетень строительного комплекса Республики Башкортостан. 1995. № 4. С. 19–21.
3. *Бабков В.В., Колесник Г.С., Гайсин А.М., Гареев Р.Р., Чикота А.Н. и др.* Несущие наружные трехслойные стены зданий с повышенной теплозащитой // Строит. материалы. 1998. № 6. С. 16–18.
4. ТСН 51-303–2000 РБ. Каменные и армокаменные конструкции на основе вибропрессованных бетонных изделий. Уфа. 2000. 28 с.
5. *Колесник Г.С., Бабков В.В., Демченко В.П., Гайсин А.М.* Теплоизоляционные материалы для двух-, трехслойных стен с повышенными теплозащитными характеристиками в условиях Республики Башкортостан // Бюллетень строительного комплекса Республики Башкортостан. 1995. № 6. С. 25–30.
6. ТСН 23-318–2000 РБ «Тепловая защита зданий». Уфа. 2000. 59 с.

В.В. БАБКОВ, д-р техн. наук, А.М. ГАЙСИН, канд. техн. наук,
 В.Г. АРХИПОВ, И.М. НАФТУЛОВИЧ, инженеры
 (Уфимский государственный нефтяной технический университет),
 Г.С. КОЛЕСНИК, канд. техн. наук (БашНИИстрой),
 Р.Р. ГАРЕЕВ, канд. техн. наук, А.П. МОСКАЛЕВ, инженер (ОАО «КПД», Уфа)

Многоэтажные облицовки в конструкциях наружных теплоэффективных трехслойных стен зданий

При проектировании и возведении многоэтажных зданий с наружными теплоэффективными трехслойными стенами на основе штучных стеновых материалов – вибропрессованных бетонных блоков, производимых в Республике Башкортостан на оборудовании фирмы «Бессер», традиционного керамического и силикатного кирпича существует необходимость устройства большого количества опорных столиков под наружный облицовочный слой [1, 2].

В существующих решениях опорные столики выполняют из уголкового стали или в виде железобетонных элементов с поэтажным расположением и опиранием яруса облицовки [2, 3]. Это значительно усложняет технологию и увеличивает трудоемкость возведения наружных стен. Нами предлагается количественная оценка возможности реализации многоэтажных облицовок с использованием минимума необходимых по несущей способности опорных столиков, способных нести 2–4 этажа облицовки. Изготовление таких столиков возможно из железобетона или конструкционного керамзитобетона плотностью 1800 кг/м³. Рациональным является совмещение на уровне опорного столика также и обвязочного пояса по периметру несущей стены, обеспечивающего общую объемно-пространственную жесткость здания.

Система силовых и размерных параметров для расчета наружной трехслойной стены представлена на рис. 1.

Применительно к многоэтажной конструкции трехслойной стены продольная сжимающая сила в сечении внутреннего слоя непосредственно под первым опорным столиком складывается из составляющих нагрузок от собственного веса внутреннего слоя N_1 , от перекрытий вышележащих этажей N_2 , от веса облицовки N_3 и составляет:

$$N = N_1 + N_2 + N_3, (1)$$

где $N_1 = n_1 H q_1$, $N_2 = n_2 a q_2$, $N_3 = n_3 H q_3$; n_1, n_3 – количество вышележащих этажей внутреннего и облицовочного слоев соответственно, n_2 – количество вышележащих перекрытий; H – высота этажа, м; q_1, q_3 – удельные значения нагрузки (на 1 м² площади) по элементам трехслойной стены, кН/м²; q_2 – то же, по площади перекрытия, кН/м²; a – ширина грузовой полосы плиты перекрытия, м.

Расчетный эксцентриситет суммарной продольной силы относительно центра тяжести внутреннего слоя несущей стены определяется зависимостью:

$$e_0 = \frac{N_3 e_3 - a q_2 e_2}{N_1 + N_2 + N_3} = \frac{n_3 H q_3 e_3 - a q_2 e_2}{n_1 H q_1 + n_2 a q_2 + n_3 H q_3}, (2)$$

где e_2 – эксцентриситет опорной реакции плиты перекрытия относительно центра тяжести сечения внутрен-

него слоя стены, м; e_3 – то же, для яруса стены облицовки, м; n_3 – число этажей облицовки, опирающихся на один столик.

Для самонесущей стены расчет эксцентриситета выполняется по формуле:

$$e_0 = \frac{n_3 H q_3 e_3}{n_1 H q_1 + n_3 H q_3}. (3)$$

Наиболее тяжелым силовым фактором, лимитирующим возможность реализации многоэтажной облицовки с ее опиранием на один столик, является сосредоточенный момент от веса облицовочного слоя в сечении внутреннего слоя трехслойной стены в плоскости опорного столика.

При относительно небольшой толщине внутреннего слоя стены (для стен из бессеровских блоков обычно 190–390 мм, из традиционного кирпича 250–380 мм) сосредоточенный момент обуславливает значительный эксцентриситет продольной силы в сечении внутреннего слоя. На стадии монтажа кладки, соответствующей второму ярусу из n_3 этажей (первый ярус облицовки устанавливается на фундамент и не нагружает стену изгибающим моментом), влияние сосредоточенного момента может приводить к развитию существенных растягивающих напряжений в кладке стены. Это наиболее характерно для самонесущих стен. В несущих стенах сосредоточенный момент от веса облицовки смягчается действием разгружающего момента от реакции плиты перекрытия.

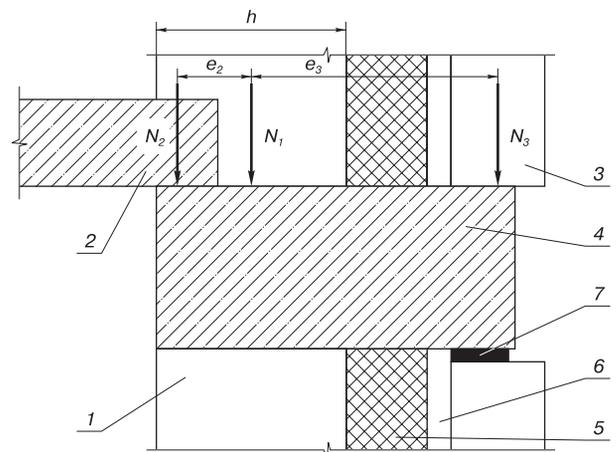


Рис. 1. Система силовых и размерных параметров трехслойной стены: 1 – внутренний слой; 2 – плита перекрытия; 3 – облицовочный слой; 4 – опорный столик; 5 – теплоизолирующий слой; 6 – воздушная прослойка; 7 – герметик

Таблица 1

Стадия монтажа для 20-этажного здания	Расчетное значение продольной силы N , кН/п. м	Требуемая марка камня (марочная прочность) при осевом нагружении, кгс/см ²	Относительный эксцентриситет приложения суммарной вертикальной нагрузки, e_0/h	Требуемая марка камня (марочная прочность) для эксцентрично нагруженного простенка, кгс/см ²
Самонесущая стена в виде кладки 2.2.1, облицовочный слой из блоков БС1 (над чертой) и БО1 (под чертой)				
2-й ярус, 8-й этаж	$\frac{241,1}{216,6}$	$\frac{<50}{<50}$	$\frac{0,35}{0,23}$	$\frac{90}{50}$
3-й ярус, 12-й этаж	$\frac{482,4}{433,3}$	$\frac{50}{<50}$	$\frac{0,18}{0,11}$	$\frac{100}{60}$
4-й ярус, 16-й этаж	$\frac{723,4}{649,9}$	$\frac{80}{70}$	$\frac{0,12}{0,08}$	$\frac{140}{100}$
5-й ярус, 20-й этаж	$\frac{964,6}{866,5}$	$\frac{130}{120}$	$\frac{0,09}{0,06}$	$\frac{170}{130}$
Несущая стена в виде кладки 2.2.1, облицовочный слой из блоков БС1 (над чертой) и БО1 (под чертой). Шаг продольных стен 6 м				
2-й ярус, 8-й этаж	$\frac{330}{305,4}$	$\frac{<50}{<50}$	$\frac{0,23}{0,13}$	$\frac{80}{<50}$
3-й ярус, 12-й этаж	$\frac{660}{610,8}$	$\frac{80}{70}$	$\frac{0,12}{0,07}$	$\frac{130}{90}$
4-й ярус, 16-й этаж	$\frac{989,7}{916,3}$	$\frac{140}{140}$	$\frac{0,08}{0,04}$	$\frac{180}{140}$
5-й ярус, 20-й этаж	$\frac{1319,7}{1221,7}$	$\frac{200}{180}$	$\frac{0,06}{0,03}$	$\frac{230}{210}$

В конструктивных решениях наружных трехслойных стен с применением бессервских блоков используются три основных варианта облицовочных слоев: толщиной 190 мм из блоков БС1 с пустотностью около 50%, толщиной 90 мм из блоков БП1, БО1 с пустотностью около 35%, толщиной 90 мм из полнотелых блоков БС-4 (маркировка блоков согласно [1]). Для данной стеновой конструкции расстояние между облицовочным и внутренним слоями стены по условию кратного формирования слоев трехслойной стены и необходимой толщины слоя теплоизоляции для климатических условий Республики Башкортостан (150–180 мм) составляет 210 мм. Для внутреннего слоя в виде кладки 2.2.1 толщиной 390 мм из блоков БС-5 с пустотностью 35% соответствуют значения $e_3 = 50$ см для облицовки толщиной 190 мм и $e_3 = 45$ см для облицовки толщиной 90 мм.

Данные расчета требуемых марок блоков БС-5 внутреннего слоя трехслойных стен толщиной 390 мм в сечении ниже первого опорного столика для характерных стадий монтажа 20-этажного жилого дома, выполненные по ТСН 51-303-00, представлены в табл. 1 и 2. Ограничения по растягивающим напряжениям во внутреннем слое трехслойной стены в этих расчетах для монтажной и эксплуатационной стадий приняты в соответствии со СНиП II.22-81 [4].

Расчеты показывают, что применительно к 4-этажной облицовке из блоков БС-1 (толщина 190 мм), устанавливаемой на опорный столик и связанной с внутренним слоем гибкими связями, лимитирующей является стадия монтажа второго 4-этажного яруса самонесущей трехслойной стены (монтаж 5–8 этажей). На этой стадии формируется значительный эксцентриситет результирующей продольной силы $e_0/h = 0,35$. В ходе монтажа третьего яруса стены

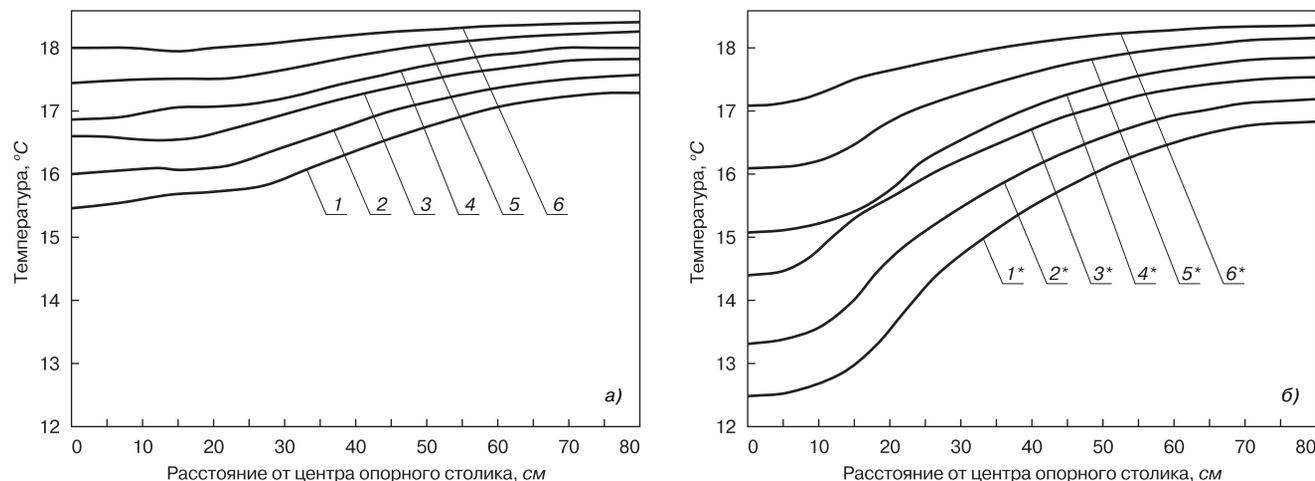
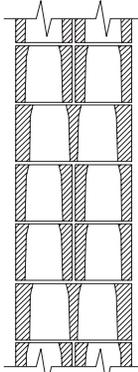
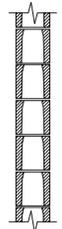
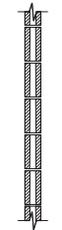
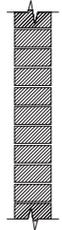
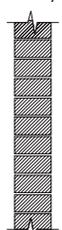


Рис. 2. Распределение температуры на внутренней поверхности наружной стены от центра опорного столика при расчетной температуре наружного воздуха -35°C , внутреннего $+20^{\circ}\text{C}$: а – для конструкционного керамзитобетона плотностью 1800 кг/м^3 , б – для тяжелого бетона; 1–3, 1*–3* – сплошной монолитный пояс высотой 400, 300, 200 мм соответственно; 4–6, 4*–6* – шпонка размером 400×400 , 300×300 , 200×200 мм соответственно

Таблица 2

Конструктивное решение и толщина внутреннего слоя	Вариант и толщина слоя облицовки	Количество этажей облицовки, опирающихся на один опорный столик	Полная расчетная продольная сила N^* , кН/м	Изгибающий момент от облицовки M_3 , кН·м/м	Отношение e_0/h для самонесущей стены	Отношение e_0/h для несущей стены при шаге стен 6 м	Возможность реализации**
<p>Вариант компоновки 2.2.1. Блок БС-5, толщина 390 мм, приведенная масса 0,58 т/м²</p> 	<p>Блок БС-1, толщина 190 мм, приведенная масса 0,22 т/м²</p> 	1	$\frac{59,6}{81,8}$	8,13	0,35	0,14	+ / +
		2	$\frac{119,3}{163,7}$	16,26		0,2	+ / +
		3	$\frac{178,9}{245,5}$	24,39		0,22	- / +
		4	$\frac{238,6}{327,4}$	32,52		0,23	- / +
		5	$\frac{298,2}{409,2}$	40,65		0,23	- / -
	<p>Блок БО-1, толщина 90 мм, приведенная масса 0,15 т/м²</p> 	1	$\frac{54,2}{76,4}$	4,85	0,23	0,04	+ / +
		2	$\frac{108,3}{152,7}$	9,7		0,1	+ / +
		3	$\frac{162,5}{229,1}$	14,55		0,12	+ / +
		4	$\frac{216,6}{305,4}$	19,4		0,13	+ / +
		5	$\frac{270,8}{381,8}$	24,25		0,04	+ / +
	<p>Блок БС-4, толщина 90 мм, приведенная масса 0,21 т/м²</p> 	1	$\frac{58,8}{81}$	6,93	0,31	0,1	+ / +
		2	$\frac{117,6}{162}$	13,86		0,16	+ / +
		3	$\frac{176,3}{243}$	20,8		0,18	- / +
		4	$\frac{235,1}{323,9}$	27,72		0,19	- / +
		5	$\frac{93,9}{404,9}$	34,65		0,2	- / +
	<p>Кирпич полнотельный, толщина 120 мм, приведенная масса 0,216 т/м²</p> 	1	$\frac{59,5}{81,7}$	7,47	0,33	0,12	+ / +
		2	$\frac{119}{163,3}$	14,95		0,18	+ / +
		3	$\frac{178,4}{245}$	22,42		0,2	- / +
		4	$\frac{237,8}{326,6}$	29,88		0,21	- / +
		5	$\frac{297,3}{408,3}$	37,36		0,21	- / +

*Над чертой – значения N для самонесущей стены, под чертой – для несущей стены. **Перед чертой – возможность (+) или невозможность (-) реализации технического решения по критерию несущей способности внутреннего слоя для самонесущей трехслойной стены, за чертой – для несущей стены.

(9–12 этажей) в критическом сечении возрастает суммарная продольная сила при неизменном значении сосредоточенного момента, что обуславливает снижение эксцентриситета до приемлемого. При этом требуемая марка камня по прочности при сжатии в критическом сечении с ростом нагрузки практически не изменяется в силу того, что рост продольной силы в данном случае компенсируется снижением действия эксцентриситета этой силы.

Данные табл. 1 и 2 показывают, что облицовки на основе блоков БО-1 толщиной 90 мм, опирающиеся на опорные столики через 3–5 этажей, могут быть использованы в рассматриваемых конструкциях стен по критерию обеспечения несущей способности и равновесия на всех стадиях монтажа без ограничений как в несущих, так и в самонесущих стенах. Облицовки на основе блоков БС-1, БС-4, в 1/2 кирпича (120 мм) могут быть применены по критерию обеспечения несущей способности внутреннего слоя трехслойной стены в несущих стенах высотой до 4–5 этажей (табл. 2). Для названных облицовок применительно к самонесущим наружным стенам 8–20-этажных домов монтаж яруса облицовки, опирающегося на первый снизу опорный столик (5–8 этажи), может быть реализован пригрузом внутреннего слоя стены за счет применения в этом слое в пределах 5–8 этажей полнотелых блоков БС-4.

Расчет опорных столиков под многоэтажные облицовки показал, что по обеспечению их несущей способности на действие изгибающего момента и поперечной силы они могут быть выполнены из железобетона с применением тяжелого бетона или из конструкционного керамзитобетона в виде сплошных или перфорированных полос высотой (толщиной) 200–400 мм и шириной на всю толщину трехслойной стены. Перфорация полосы конструктивно решается вводом несъемных опалубочных термокладышей в виде пенополистирольных блоков толщиной, равной толщине железобетонной полосы опорного столика. В последнем случае, выгодном по критерию минимизации температурного перепада в помещении и на внутренней поверхности стены, опорный столик представляет собой систему консолей прямоугольного сечения 200×200 – 400×400 мм, располагающихся в продольном

направлении с шагом в пределах 1–2 м, которая замыкается продольной балкой – опорой под облицовку.

Расчеты температурного режима на внутренней поверхности трехслойных стен в зоне теплопроводных включений выполнены по действующим нормам [5] с корректировкой коэффициента η для шпенок согласно данным [6], а также на ЭВМ с использованием программы «ANSYS» (рис. 2). Данные расчетов показали, что шпонка с размерами 200×200, 300×300, 400×400 мм, выполненная из конструкционного керамзитобетона со средней плотностью 1800 кг/м³, во всех рассмотренных вариантах трехслойных стен обеспечивает температурный перепад меньше 4°C. Удовлетворяет требованиям СНиП [5] по этому критерию также и сплошной пояс из керамзитобетона высотой (толщиной) 200 или 300 мм.

Четырехэтажные облицовки из бессеровских блоков БС-1, БО-1 были запроектированы и реализованы в Уфе на 14-этажном доме по ул. Дорофеева и 10-этажном в квартале 380.

Список литературы

1. ТСН 51-303-00. РБ Каменные и армокаменные конструкции на основе вибропрессованных бетонных изделий // Территориальные строительные нормы РБ. УГНТУ, БашНИИстрой. Уфа. 2000. 28 с.
2. ТСН 12-319-203 РБ Технология возведения наружных теплоэффективных многослойных стен зданий на основе вибропрессованных бетонных изделий, керамического и силикатного кирпича // Территориальные строительные нормы РБ. УГНТУ, БашНИИстрой. Уфа. 2003. 104 с.
3. Баршак И. С. Патент РФ № 2095533. Бюл. № 31. 1997.
4. СНиП II.22–81. Каменные и армокаменные конструкции. Минстрой России. М.: ГУП ЦПП. 1995. 40 с.
5. СНиП II-3–79*. Строительная теплотехника. Госстрой России. М.: ГУП ЦПП. 2001. 29 с.
6. Корниенко С. В. Температурный режим трехслойной стеновой панели // Жилищное строительство. 2001. № 9. С. 20–21.

НОВЫЕ КНИГИ

Структурообразование и разрушение цементных бетонов.

В. В. Бабков, В. Н. Мохов, С. М. Капитонов,
П. Г. Комохов П. Г.

В монографии освещены вопросы взаимосвязи структуры и свойств, рассмотрены элементы механики разрушения цементных бетонов. Представлены результаты исследований, касающиеся специфических свойств цементных бетонов – ударной выносливости, морозостойкости. Рассмотрены теоретические аспекты влияния пористости на прочность и механизм повышения прочности цементного камня при введении микронаполнителей.

Описаны современные представления о бетоне как о композиционном материале. Приведены теоретические модели и экспериментальные данные о влиянии демпфирующих компонентов на структуру и свойства бетонов, показана возможность оптимизации структуры цементных бетонов введением демпфирующих добавок.

Для научных и инженерно-технических работников научно-исследовательских организаций, а также для преподавателей и студентов вузов.

Бабков В. В., Мохов В. Н., Капитонов С. М., Комохов П. Г. Структурообразование и разрушение цементных бетонов. Уфа: ГУП «Уфимский полиграфкомбинат». 2002. 376 с.

Утилизация осадков сточных вод гальванических производств.

Х. Н. Зайнуллин, В. В. Бабков, Д. М. Закиров,
А. Н. Чулков, Е. М. Иксанова

В монографии изложены основные сведения об отходах гальванических производств – шламах, их составе и физико-химических свойствах. Дана классификация по способам переработки, утилизации и обезвреживания. Сопоставлены способы утилизации осадков сточных вод гальванических производств. Приведены результаты исследований и разработок ведущих научно-исследовательских институтов и проектных организаций по захоронению, использованию в металлургии, гидрометаллургии, извлечению металлов и производству продукции различного назначения. Предложены рекомендации и технологические схемы по использованию гальваношламов различного состава в производстве строительных материалов.

Для специалистов в области охраны окружающей среды и промышленной экологии. Может быть рекомендована в качестве учебного пособия для студентов соответствующих специальностей.

Зайнуллин Х. Н., Бабков В. В., Закиров Д. М., Чулков А. Н., Иксанова Е. М. Утилизация осадков сточных вод гальванических производств. М.: Издательский дом «Руда и металлы». 2003. 272 с.

ОАО «Крупнопанельное домостроение» – лидер строительного комплекса Республики Башкортостан

История ОАО «Крупнопанельное домостроение» началась более 30 лет назад, когда приоритетным в стране было панельное строительство.

Последнее десятилетие XX в. внесло значительные изменения в деятельность предприятия. Родилась новая идеология, появился принципиально иной подход к строительству, что нашло отражение в концепции развития ОАО «КПД» на 2001–2005 гг.

Жилые дома, возводимые ОАО «КПД» в настоящее время, являются реальным воплощением оригинальных архитектурных решений, смелых инженерных замыслов, отличаются эффективным использованием энерго-сберегающих технологий. Предприятие строит элитное и социальное жилье, активно сотрудничает с Уфимским городским агентством ипотечного кредитования.

Такой разнообразный спектр строительных услуг стал возможен благодаря повышению качества работ, активному внедрению в производство новых технологий, взаимодействию с наукой, привлечению квалифицированных специалистов и подготовке собственных кадров.

ОАО «КПД» ведет активный процесс перепрофилирования производственных мощностей. Наряду с имеющимися открываются новые, востребованные временем производства и технологии. Например, на базе завода керамзитового гравия создано производство строительного гипса, на базе домостроительного комбината – предприятие «Термоантикор».

В рамках принятой концепции проводятся мероприятия по снижению себестоимости строительства за счет интенсивного использования энерго- и ресурсосберегающих технологий, новых и недорогих материалов и конструкций без снижения их технических характеристик и качества.

В настоящее время ОАО «КПД» располагает мощной производственной базой для крупнопанельного и моно-

литного домостроения, а также строительства жилья из кирпича, вибропрессованных бетонных блоков «Бессер» и быстровозводимых малоэтажных жилых домов с использованием несъемной термоопалубки. Предприятие является лауреатом V и VI Всероссийских конкурсов на лучшую строительную организацию, награждено дипломами II и III степеней «За достижение высокой эффективности и конкурентоспособности в строительстве и промышленности строительных материалов», а также свидетельством «О включении ОАО «Крупнопанельное домостроение» в рейтинг 150 лучших строительных организаций – лидеров строительного комплекса России».

Крупнопанельное домостроение

В 90-е годы, когда ситуация в стране коренным образом изменилась, коллектив ОАО «КПД», как и большинство предприятий строительного комплекса, из-за отсутствия госзаказа оказался в сложнейшем положении. Достигнутая мощность домостроения в этот период – 480 тыс. м² жилья в год – стала невостребованной.

Технико-экономические достоинства крупнопанельного домостроения – короткие сроки возведения зданий, невысокая построечная трудоемкость и оптимальная цена квадратного метра жилой площади – легли в основу разработки антикризисной программы.

В сжатые сроки специалистами предприятия был создан «теплый» жилой крупнопанельный дом нового поколения. Параллельно велось проектирование, разработка кассетных установок и оснастки для новых изделий, изготовление их на собственном механическом участке.

В новый дом серии 121у был заложен комплекс энерго-сберегающих технологий, учтены самые последние нормативные требования к комфорту и качеству проживания.



Жилой дом в микрорайоне Сипайлово серии 121у. Несущий слой стен – железобетонные панели толщиной 140 мм, теплоизоляционный слой – минераловатные плиты толщиной 200 мм, облицовочный слой – лицевой керамический кирпич



Школа в с. Усмангали Белорецкого р-на Республики Башкортостан на 108 учащихся. Несущий слой стен – пустотелые вибропрессованные бетонные блоки, эффективный утеплитель, облицовочный слой – сплитерные бетонные блоки

Планировка набора квартир формируется из блок-ячеек по непосредственному заказу инвестора (кухни от 6 до 16 м², прихожие от 4 до 12 м², общая комната до 25 м² и др.). Высота помещений увеличена до 2,62 м.

С 1999 г. предприятием осуществляется строительство по второму уровню теплозащиты ограждающих конструкций зданий. В качестве облицовки наружных трехслойных стен используется облицовочный керамический кирпич или цветные вибропрессованные бетонные блоки Бессер. Данный вариант облицовки характеризуется долговечностью, дешевизной, требует минимальных эксплуатационных затрат.

Вибропрессованные бетонные изделия

Завод по производству высокопустотных вибропрессованных бетонных блоков и кирпича на основе оборудования фирмы «Бессер» введен в эксплуатацию в феврале 1995 г. Производство новых высококачественных строительных материалов позволило внести значительный вклад в градостроительную архитектуру. Новая стеновая продукция более 40 видов хорошо сочетается в конструкциях теплоэффективных наружных трехслойных стен. Фасады 6–16-этажных жилых зданий, административных зданий, школ в Уфе, введенных в 1997–2002 гг. с их применением, придали новый колорит и архитектурную выразительность застройке микрорайонов.

Гибкие металлические связи в трехслойных наружных стенах защищены от коррозии по технологии термодиффузионного цинкования, что обеспечивает их работу на весь нормативный срок службы здания.

Антикоррозионная защита

Одной из важнейших технических проблем во всех отраслях народного хозяйства является необходимость защиты от коррозии металлических изделий и конструкций, работающих в закрытых конструкциях с наличием влажной и агрессивной среды и недоступных для периодического обследования. Увеличение сроков эксплуатации и качества защиты металла от коррозии стало возможным при применении последних достижений науки – создания качественно новой, конкурентоспособной и экологически чистой технологии термодиффузионного цинкования.

Технология основана на использовании активированного порошка цинка, наносимого на поверхность металла в замкнутых сосудах при заданном температурном режиме. Коррозионная стойкость термодиффузионного покрытия в 3–5 раз выше, чем гальванического, и в 1,5–2 раза выше горячего оцинкования при эксплуатации в промышленной и морской средах.



Линия термодиффузионного оцинкования арматурной стали, металлопроката и труб на ООО «Термоанткор» ОАО «КПД»

Эффективность термодиффузионного цинкования по сравнению с традиционными методами антикоррозионной защиты металла обеспечивается повышением поверхностной прочности металла за счет образуемого железоцинкового соединения.

В ОАО «Крупнопанельное домостроение» действует технологическая линия по термодиффузионному цинкованию арматурной стали, металлопроката (уголок, швеллер), труб длиной до 12 м, закладных изделий и метизов мощностью более 7 тыс. т в год.

Монолитное строительство

Одним из направлений технической политики ОАО «КПД» является развитие монолитного домостроения. Внедрение этого вида строительства позволяет повысить качество, долговечность, разнообразить архитектурный стиль. Эффективность монолитного домостроения зависит не только от проектных и технологических разработок, но и от оснащенности строительной организации высокопроизводительной техникой, средствами малой механизации и высокоэффективной опалубочной системой. ОАО «КПД» создало специализированное дочернее предприятие «Уфамонолитстрой», которое использует комплекты импортной опалубки фирмы «Пери» и отечественной «Русская опалубка».

«Уфамонолитстрой» работает на рынке жилья второй год и в настоящее время выполняет ежемесячный объем на 30–35 млн р.

Технология быстровозводимого малоэтажного домостроения «БЛЮ МАКС»

Система «БЛЮ МАКС» и аналогичные ей системы являются передовыми техническими решениями, позволяющими вести эффективное энергосберегающее строительство с использованием несъемной опалубки из ППС, которая обеспечивает устройство несущей основы в виде прочной монолитной бетонной и железобетонной конструкции и высокие энергосберегающие показатели с требуемым уровнем звукоизоляции.

Строительные системы с применением несъемной пенополистирольной опалубки обеспечивают наиболее дешевый способ строительства из всех, предусматривающих энергосберегающую эксплуатацию зданий.

В настоящее время в ОАО «КПД» внедрена эффективная технологическая система быстрого возведения малоэтажных зданий «БЛЮ МАКС», позволяющая осуществить строительство коттеджа общей площадью 150 м² за 22 рабочих дня «под ключ». В 2003 г. запланировано ввести в эксплуатацию более 60 коттеджей.



Индивидуальный жилой дом, построенный по технологии быстровозводимого малоэтажного домостроения «БЛЮ МАКС»

Оптимизация составов бетонных смесей в технологии производства стеновых и дорожных изделий на вибропрессовом оборудовании фирмы «Бессер»

С середины 90-х гг. XX в. в Республике Башкортостан эксплуатируются несколько линий фирмы «Бессер» по производству вибропрессованных бетонных изделий.

Вибропрессовая технология производства бетонных высокопустотных и полнотелых стеновых блоков, дорожной плитки реализована в АО «Интерстройсервис» и СП «Берлек» (Уфа). Продукция имеет прочность бетона при сжатии 20–50 МПа при расходе цемента 150–260 кг/м³. Такие показатели достигаются в том числе оптимизацией гранулометрического состава среднезернистых заполнителей 30–35% фракции 5–10 мм, 55–60% фракции 0,315–5 мм, 10–15% фракции < 0,315 мм при модуле крупности $M_{кр} = 3,5–4,5$ [1, 2].

Исследования на вибропрессе V3-12 Vibrarac показали, что повысить прочность вибропрессованного бетона на этом оборудовании за счет повышения расхода цемента практически невозможно в силу ряда особенностей технологии вибропрессования. В данной технологии на этапе вибропрессования при оптимальном сочетании параметров уплотнения (амплитуда и частота колебаний, прессующее давление) и гранулометрического состава заполнителей формируется бетон с контактной структурой заполнителей и полным заполнением межзернового пространства цементно-водной составляющей.

При этом обеспечивается формование сырца с относительно низким объемом цементно-водной составляющей, что и обуславливает низкий расход цемента.

Относительный объем цементно-водной составляющей φ_{cw} и весовой расход цемента C (кг/м³) могут быть рассчитаны по формулам, полученным из условия баланса объемов бетонной смеси

$$\varphi_{cw} = \frac{1/\gamma_c + w/\gamma_w}{\alpha/\gamma_{in} + 1/\gamma_c + w/\gamma_w}; \quad (1)$$

$$C = \frac{1}{\alpha/\gamma_{in} + 1/\gamma_c + w/\gamma_w}, \quad (2)$$

где γ_c , γ_{in} , γ_w – плотности цемента, заполнителя и воды соответственно, кг/м³; α – соотношение весовых расходов заполнителя и цемента; w – водоцементное отношение.

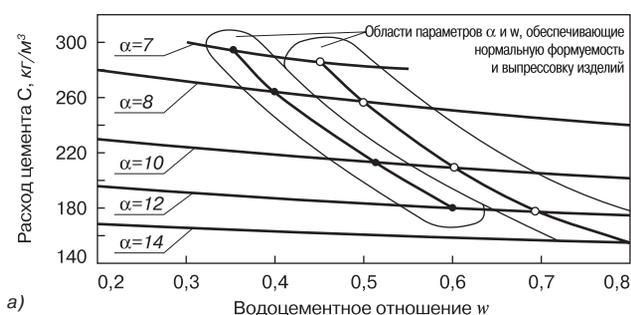


Рис. 1. а – зависимости $C - (w, \alpha)$; б – зависимости $\varphi_{cw} - (w, \alpha)$

Примечание. Кривые с принадлежностями им точками соответствуют оптимальным составам, обеспечивающим наилучшую формуемость и выпрессовку изделий (о – смесь без химических добавок; • – смесь с 0,4% СП-3).

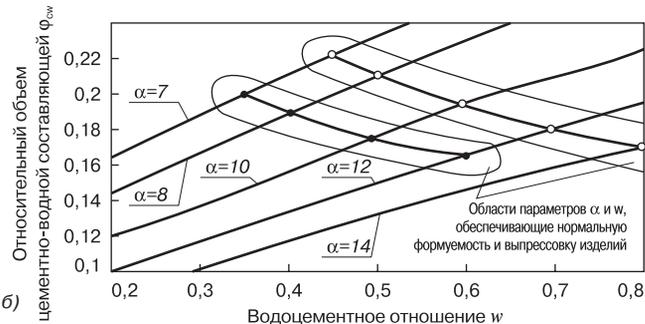
Для обеспечения формуемости, достижения контактной структуры заполнителей и устойчивости структуры на стадии сырца цементно-водная составляющая должна обладать низкой вязкостью, что обеспечивается за счет достаточно высокого водоцементного отношения. С другой стороны, в силу высокого водоцементного отношения оказываются ограниченными прочностные характеристики вибропрессованных бетонов.

Анализ условий формования сырца на вибропрессе V3-12 Vibrarac показал, что технологичность формовки и сьем изделий обеспечиваются при $\varphi_{cw} = 0,17–0,22$ и $w = 0,45–0,8$, что соответствует согласно (1) и (2) расходу цемента от 150 до 280 кг/м³. Понижение $w < 0,45$ резко ухудшает условия формования, качество сырца, структуру вибропрессованного бетона. Области параметров $\{\alpha, w\}$, обеспечивающие нормальную формуемость и выпрессовку изделий в рассматриваемой технологии, представлены на рис. 1.

Результаты анализа показателей по прочности и расходу цемента стеновых вибропрессованных бетонных изделий трех типов из номенклатуры изделий, производимой в СП «Интерстройсервис» согласно ТСН 51-303-00.РБ – высокопустотных (пустотность 50%) блоков БС1, полнотелых БС4, пустотных (пустотность 35%) БС5, приведены на рис. 2. Здесь представлены данные по прочности при сжатии изделий на портландцементях М400 и М500 Стерлитамакского АО «Сода» в зависимости от расхода вяжущего применительно к среднезернистым и мелкозернистым заполнителям трех гранулометрических составов:

- оптимальная для прочности и расхода цемента смесь заполнителей с модулем крупности $M_{кр} = 3,9–4,2$ в виде сочетания фракции 5–10 мм 25–30%, фракции 0,315–5 мм – 55–60%, фракции <0,315 мм – 12–15%;
- мелкозернистая смесь в виде сочетания фракции 1,2–5 мм около 50%, фракции <1,2 – 50%, $M_{кр} = 3,4–3,7$;
- мелкозернистая смесь с $M_{кр} = 2,7–2,9$.

Анализ данных, приведенных на рис. 1, 2, показал, что для смесей на основе оптимального гранулометри-



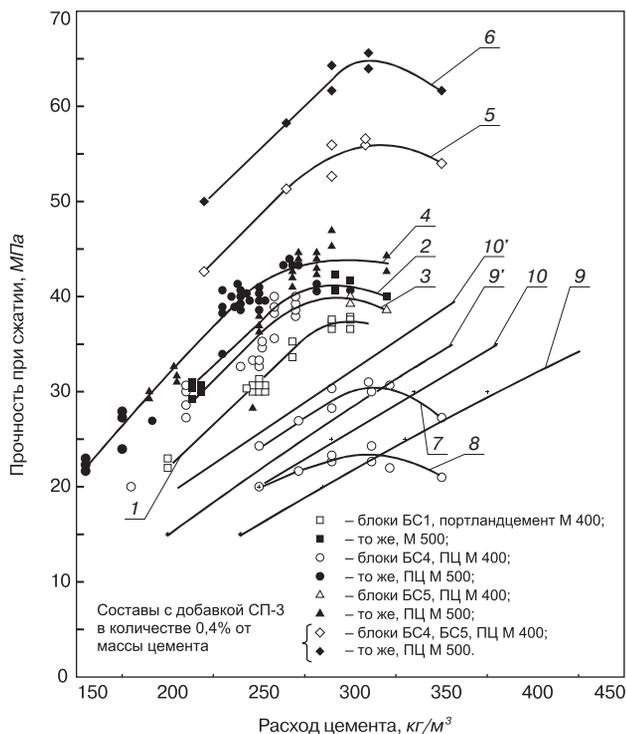


Рис. 2. Зависимости прочности вибропрессованных бетонных блоков от расхода цемента: 1–6 – зависимости для среднезернистых смесей с оптимальным гранулометрическим составом заполнителей; 7 – то же для мелкозернистых смесей; 8 – то же для мелкозернистых смесей заполнителей с $M_{np} = 2,7-2,9$; 9, 9' – то же для крупнозернистых бетонов 70%-ной отпускной прочности при ОК = 4–6 см и Ж = 50–80 согласно СН 386–74 для портландцемента М 400; 10, 10' – то же для портландцемента М 500

ческого состава заполнителей может быть рекомендован критерий устойчивости технологии вибропрессования изделий по условиям формуемости и съема изделия-сырца в функции от α и w

$$w_{opt} \approx 0,06\alpha, (3)$$

приемлемый в диапазоне $w = 0,45-0,8$.

Данные рис. 2 показывают, что вибропрессовая технология при равном расходе цемента обеспечивает при оптимальной гранулометрии заполнителей получение бетонов на 50–70% более высокой прочности, либо, при равной прочности, сокращение расхода цемента до 30–50% по сравнению с традиционными технологиями уплотнения (СНиП 5.01.23–83), что с учетом высокой производительности технологии делает ее весьма эффективной при производстве стеновых и дорожных изделий.

Использование суперпластификатора С-3 в количестве 0,4% от массы цемента позволило повысить прочность изделий на 20–30% и достичь прочности при сжатии 55–65 МПа.

Список литературы

1. Бабков В.В., Колесник Г.С., Гареев Р.Р. и др. Местные заполнители для производства бетонных изделий на оборудовании фирмы «Бессер» // Бюллетень строительного комплекса Республики Башкортостан. 1997. № 1. С. 35–40.
2. Бабков В.В., Колесник Г.С., Гареев Р.Р. и др. Обоснование критериев пригодности заполнителей для производства изделий на оборудовании фирмы «Бессер» // Сб. научн. статей «Строительные материалы на основе ресурсов республики Башкортостан». Уфа: БашНИИстрой. 1998. С. 14–26.

2-5 марта 2004 г.
г. Челябинск
Дворец спорта "Юность"

"ЮжуралЭкспо"
Выставочный центр

Правительство Челябинской области
Союз строителей Урала
Управление Госэнергоснадзора
по Челябинской области
ОГП "Энергосбережение"

УРАЛЬСКАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ НЕДЕЛЯ

Приглашаем Вас посетить
МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫЕ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ,
проводимые в рамках
УРАЛЬСКОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ НЕДЕЛИ

ТЕПЛЫЙ ДОМ

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

ДЕРЕВООБРАБОТКА

ВСЁ О ПРИРОДНОМ КАМНЕ

ВЦ "ЮжуралЭкспо". Тел.: (3512) 63-09-88, 63-07-01
E-mail: uralexpo@chel.surnet.ru
www.uralexpo.ucsnet.ru

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ROSSER

ДЕКОРАТИВНО И ОРИГИНАЛЬНО

933-1207

www.grosser.ru

м. Маяковская,
ул. 1-я Брестская, 15/25.
2 подъезд, 4 этаж.

Пенообразователь для получения пенобетонов неавтоклавного твердения

Расширению производства неавтоклавных пенобетонов сегодня препятствует ситуация с дефицитом качественных и недорогих пенообразователей с хорошими показателями устойчивости пены.

Для получения высокократных и устойчивых пен пенообразующая композиция должна кроме собственно пенообразователя — соединения, обеспечивающего эффективное снижение поверхностного натяжения воды, содержать дополнительно стабилизатор. Его функция заключается в обеспечении сохранения структуры пены и увеличении продолжительности ее жизни. Качество водных пен определяется кратностью пенообразователя и соответствует отношению объема образуемой пены к исходному объему пенообразователя, а также устойчивостью пены, определяемой отходом количества жидкости (мл) за один час из 100 мл пены.

Известные стабилизаторы не обеспечивают высокой кратности и устойчивости пены даже при значительном содержании сухого остатка пенообразующей системы (пенообразователь плюс стабилизатор пены).

Авторами получен и апробирован в промышленных масштабах пенообразователь на основе анионоактивных поверхностно-активных веществ (ПАВ), содержащий в качестве стабилизатора олигопептиды, полученные гидролизом белков животного происхождения, и водорастворимую карбамидную смолу при следующем содержании компонентов, мас. % [1]:

- анионоактивные ПАВ — 0,06–0,8;
- карбамидная смола — 0,1–0,8;
- олигопептиды — 0,05–0,15;
- вода — остальное.

В предложенном решении достигается повышение кратности и устойчивости водной пены за счет использования в качестве стабилизатора смеси водорастворимых карбамидной смолы и олигопептидов, обеспечивающих резкое замедление скорости истечения жидкости из пленок и соответственно оседания пены.

Данные по составам пенообразователей на основе трех вариантов анионоактивных ПАВ по кратности и устойчивости пены, определяющие ее качество, приведены в табл. 1.

Из представленных данных следует, что стабилизирующая добавка, состоящая из водорастворимых карбамидной смолы и олигопептидов, позволяет существенным образом увеличить кратность и устойчивость водных пен, получаемых с использованием анионоактивных ПАВ. Содержание компонентов стабилизирующей композиции менее нижнего предела (0,1% карбамидной смолы и 0,05% олигопептидов) дает недостаточный эффект повышения качества пен, а повышенная концентрация (свыше 0,8% карбамидной смолы и 0,15% олигопептидов) не приводит к значительному улучшению по сравнению с достигнутым, снижая одновременно экономическую эффективность стабилизатора. Получаемые высокократные и высокоустойчивые пены позволили упростить технологию производства изделий с их использованием.

Описанные пенообразователи были апробированы для получения пенобетонов в диапазоне плотностей 350–1400 т/м³. Результаты экспериментов по связи плотности и прочности при сжатии частично представлены в табл. 2.

В этих экспериментах конструкционно-теплоизоляционные пенобетоны плотностью в сухом состоянии 800–1400 кг/м³ и прочностью 3,5–14 МПа получены на основе трехкомпонентных смесей, включающих цемент, золу и речной песок крупностью до 2,5 мм, теплоизоляционные пенобетоны плотностью 350–600 кг/м³ — на основе цемента и золы. Морозостойкость теплоизоляционных пенобетонов соответствовала маркам F35–F50 по ГОСТ 10060.4–95.

Разработанные пенообразователи были внедрены в производстве пенобетонных наливных саморазравнивающихся оснований под полы при строительстве жилых домов № 21, № 21а (Сипайлово-1), № 25а, № 25б (Сипайлово-3), № 1 по ул. Н. Ковшовой, № 2 по ул. Ш. Руставели, школы на 825 мест в микрорайоне Сипайлово-7 в Уфе.

Литература

1. Патент РФ № 2211204, С 04 В 38/10. Пенообразователь / Ахметгареева А.К., Бабков В.В., Разумова В.А., Никонов В.А. Опубл. 27.08.2003. Бюл. № 24.

Таблица 1

		Содержание компонентов, мас. %														
Компоненты пенообразователя	ПАВ	Клееканифольный					Алкиларилсульфонат натрия					Смола древесная омыленная				
		0,05	0,14	0,4	0,8	0,8	0,06	0,06	0,2	0,8	0,8	0,05	0,4	0,4	0,8	0,8
	Карбамидная смола	0,05	0,1	0,6	0,8	1	0,05	0,1	0,6	0,8	1	0,05	0,1	0,6	0,8	1
	Олигопептиды	0,01	0,05	0,2	0,15	0,25	0,01	0,05	0,2	0,15	0,25	0,01	0,05	0,2	0,15	0,25
Вода	Остальное до 100%															
Показатели качества	Кратность пены	10	24	40	48	45	8	27	45	50	40	7	18	32	30	28
	Устойчивость пены, мл/ч 100 мл пены	52	18	10	8	10	37	8	15	20		41	12	10	11	14

Таблица 2

Средняя плотность в сухом состоянии, кг/м ³	400–500	600	800	1000	1200
Прочность при сжатии, МПа (по данным испытаний кубов 10×10×10см)	1–1,7	2,3–2,6	3,4–3,8	6,3–6,9	7,5–8,8

В.В. БАБКОВ, д-р техн. наук, В.Н. МОХОВ, канд. техн. наук,
М.Б. ДАВЛЕТШИН, канд. техн. наук, А.В. ПАРФЕНОВ инженер,
А.Е. ЧУЙКИН, канд. техн. наук (УГНТУ)

Технологические возможности повышения ударной выносливости цементных бетонов

Цементные бетоны, применяемые в производстве забивных железобетонных свай, фундаментов под компрессорное оборудование, дорожных плит, не всегда обеспечивают необходимую динамическую прочность и долговечность конструкций в силу недостаточной усталостной выносливости бетона.

Простейшей характеристикой ударной выносливости бетона может служить количество ударов N одинаковой энергии, необходимых для разрушения некоторого эталонного образца (куба, призмы). Эта характеристика в соответствии с усталостной природой разрушения в условиях многократных повторных воздействий связана с относительным уровнем динамических напряжений в бетоне σ_d/R в момент удара (здесь σ_d – нормальное сжимающее динамическое напряжение, МПа; R – статическая прочность бетона при сжатии, МПа) и с коэффициентами динамического упрочнения k_d и выносливости k_r линейной зависимостью в полулогарифмических координатах [1, 2]:

$$\sigma_d/R = k_d - k_r \lg N. \quad (1)$$

Повышение ударной выносливости бетона от уровня N до более высокого уровня $\eta_d N$ (здесь η_d – степень относительного динамического упрочнения бетона, $\eta_d > 1$) возможно на основе приемов, оказывающих влияние на соотношение σ_d/R . Количественно это влияние можно учесть коэффициентом $\gamma < 1$:

$$\gamma \sigma_d/R = k_d - k_r \lg (\eta_d N). \quad (2)$$

Решая совместно уравнения (1) и (2), получим:

$$\eta_d = N^{\gamma-1} \cdot 10^{k_d/k_r \cdot (1-\gamma)}. \quad (3)$$

Для понижения уровня напряжений σ_d/R с целью повышения η_d (применительно к процессу забивки железобетонной свай) снижение энергии удара нежелательно из-за потерь производительности сваебойного оборудования. Простейшим приемом повышения ударной стойкости будет повышение статической прочности бетона при сжатии R .

Увеличению прочности бетона сопутствует повышение его динамического модуля упругости E_d , который оказывает влияние на величину динамического напряжения при нагружении свободно падающим грузом в соответствии с формулой М. Венюа [3]:

$$\sigma_d = K_x E_d h^{1/2}, \quad (4)$$

где K_x – константа, называемая коэффициентом копра, $m^{-1/2}$; h – высота сбрасывания груза, м.

Тогда для описанного выше приема динамического упрочнения значение коэффициента γ составит

$$\gamma = \gamma_b = \alpha_b^{-1} \beta_b, \quad (5)$$

где α_b и β_b – соотношения прочности при сжатии и значений динамического модуля упругости более прочного бетона по отношению к менее прочному соответственно ($\alpha_b, \beta_b > 1$).

Если допустить, что в пределах одного типа цементного бетона уравнение (1) справедливо для достаточно широкого диапазона из-

менения прочности, то есть характеристики уравнения k_d и k_r не изменяются при переходе от бетона одного уровня прочности к другому, то степень динамического упрочнения бетона может быть рассчитана по формулам (3) и (5).

Бетоны повышенной ударостойкости имеют $\eta_d > 1$ при том же уровне динамических напряжений σ_d/R , что и исходный бетон. При этом численные значения коэффициентов k_d и k_r отличаются. Рассмотрим возможные комбинации соотношений коэффициентов уравнения (1) k_{d1}, k_{r1} для исходного и k_{d2}, k_{r2} – для нового бетона повышенной ударной выносливости:

$$k_{r1} > k_{r2}, k_{d1} = k_{d2}; \quad (6)$$

$$k_{r1} = k_{r2}, k_{d1} < k_{d2}; \quad (7)$$

$$k_{r1} > k_{r2}, k_{d1} < k_{d2}. \quad (8)$$

Как правило, это бетоны с принципиально иной структурой: дисперсно-армированные, полимербетоны, на основе маложестких добавок и другие, имеющие повышенную ударную выносливость без увеличения статической прочности.

Записав по аналогии с (1) и (2) пары уравнений для исходного и более эффективного вариантов бетона, можно получить зависимости для определения степени динамического упрочнения соответственно для каждого из трех возможных сочетаний коэффициентов k_d и k_r .

Для случая (6) с учетом условия $\sigma_d/R = \text{const}$ будем иметь:

$$\lg \eta_d = \lg N^{k_{r1}/k_{r2}-1}.$$

Для случая (7) по аналогии получим:

$$\lg \eta_d = \frac{k_{d2} - k_{d1}}{k_{r1}}.$$

Наконец, для случая (8)

$$\lg \eta_d = \frac{k_{d2} - k_{d1}}{k_{r1}} + \lg N^{k_{r1}/k_{r2}-1}.$$

Тогда степень динамического упрочнения бетона для каждого из

Показатели ударной выносливости трех видов бетонов

Вид бетона	k_d	k_r
Тяжелые на плотных заполнителях, в том числе мелкозернистые	1,71	0,24
На основе маложестких компонентов	1,81	0,23
На основе стальной фибры	1,89	0,21

трех рассматриваемых случаев составит соответственно:

$$\eta_d = \lg N^{(k_{r1}/k_{r2}-1)}, \quad (9)$$

$$\eta_d = 10 \frac{k_{d2} - k_{d1}}{k_{r1}}; \quad (10)$$

$$\eta_d = 10 \left\{ \frac{k_{d2} - k_{d1}}{k_{r2}} + \lg N^{(k_{r1}/k_{r2}-1)} \right\}. \quad (11)$$

Таким образом, полно и всеобъемлюще бетон по ударной выносливости характеризуют параметры уравнения (1) k_d и k_r . Значения комбинаций коэффициентов $\{k_d, k_r\}$ для двух бетонов позволяют с использованием зависимостей (9), (10), (11) сравнить эти бетоны по ударной выносливости, оценить эффективность того или иного технологического приема с точки зрения повышения ударной выносливости.

Экспериментальная часть исследований была выполнена на копре УНИ [4]. Обобщение результатов экспериментов для трех видов бетона представлено в таблице.

Эксперименты на тяжелых мелкозернистых и среднезернистых бетонах, твердевших в естественных условиях и в условиях ТВО, показали, что в пределах достаточно широкого диапазона изменения статической прочности бетона 22,8–47,6 МПа (прочность при сжатии кубов 7,07×7,07×7,07 см) характеристики уравнения (1) остаются стабильными и равны $k_d \approx 1,71$ и $k_r \approx 0,24$. Расчет динамических напряжений выполнялся по формуле (4).

Динамический модуль упругости E_d рассчитывался умножением начального статического модуля упругости на повышающий коэффициент 1,2 [5].

Введение в структуру бетона маложестких дисперсных компонентов в виде керамзитовых песков нескольких фракций (0,315–1,25 мм, 1,25–2,5 мм, 2,5–5 мм) и резиновой крошки фракции <0,63 мм в объемных концентрациях до 18% обусловило значительное повышение ударной выносливости бетона по количеству ударов до разрушения, несмотря на некоторое снижение статической прочности при сжатии.

Анализ полученных результатов в координатах $\sigma_d/R - \lg N$ для бетонов на основе маложестких компонентов, вводимых взамен части мелких жестких заполнителей, показал, что свойства бетонов описываются прямой в полулогарифмических координатах. Относительное динамическое упрочнение при этом будет соответствовать случаю $k_{r1} \approx k_{r2}$, $k_{d1} < k_{d2}$ и описываться зависимостью (10). При полученных экспериментально параметрах $k_d \approx 1,81$ и $k_r \approx 0,23$ степень относительного динамического упрочнения бетонов $\eta_d \approx 3$. Анализ результатов при расчете относительного уровня напряжений σ_d/R выполнен с учетом изменения прочности и модуля упругости бетона при введении низко модульного заполнителя.

Введение в структуру бетона маложестких дисперсных компонентов в оптимальных объемных концентрациях, при которых происходит реорганизация всего объема структурных ячеек композита на уровне растворной составляющей бетона, обуславливает снижение собственных напряжений и их деструктурирующего влияния, поглощение энергии деформации и торможение процесса трещинообразо-

вания при нагружении, повышение упруговязких характеристик бетона и его ударной выносливости.

Данные исследований по фибробетонам, армированным стальной фиброй (диаметр 0,4 мм, длина 25–30 мм), представлены в таблице.

Дисперсное армирование при оптимальной объемной концентрации фибры (проценте армирования) 1,5% обеспечивает примерно 9–10-кратное повышение ударной выносливости бетона. Данный тип модифицированного бетона характеризуется параметрами зависимости (1) $k_d \approx 1,89$ и $k_r \approx 0,21$.

Описанные бетоны повышенной ударной выносливости рекомендуются в производстве изделий и конструкций, испытывающих в цикле эксплуатации многократные динамические воздействия.

Список литературы

1. Новожилов Г.Ф. Ударная стойкость свай различной конструкции // Бетон и железобетон. 1984. № 2. С. 11–12.
2. Бабков В.В., Попов А.В., Колесник Г.С. и др. Роль прочности бетона и косвенной арматуры в обеспечении ударостойкости свай // Бетон и железобетон. 1988. № 4. С. 12–13.
3. Венюа М. Цементы и бетоны в строительстве. М.: Стройиздат. 1980. 415 с.
4. Бабков В.В., Мохов В.Н., Давлетшин М.Б. и др. Модифицированные бетоны повышенной ударной выносливости // Строит. материалы. 2002. № 5. С. 24–25.
5. Невилль А.М. Свойства бетона. М.: Стройиздат. 1972. 344 с.

информация

РНТО строителей и ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко Госстроя России в рамках Международной специализированной выставки «Деревянное домостроение», которая пройдет 8–12 декабря 2003 г. в КВЦ «Сокольники», проводят заседание секции «Деревянные конструкции». На нем будут обсуждаться следующие вопросы:

- основные направления проектирования и создания новых конструктивных форм в деревянном домостроении;
- использование деревянных несущих конструкций в домостроении со стенами из кирпича и других материалов;
- создание системы унифицированных деревянных конструкций и ее реализация в домостроении;
- особенности организации и производства конструкций для деревянного домостроения;
- вопросы контроля качества и сертификации конструкций;
- технико-экономические проблемы организации рынка сбыта и потребления деревянных конструкций;
- состояние нормативно-технической базы, обеспечивающей деревянное домостроение.

Приглашаем заинтересованные организации, производителей и потребителей деревянных конструкций принять участие в работе заседания секции в качестве докладчиков и участников.

Информационная поддержка осуществляется

научно-техническим журналом «Строительные материалы» и газетой «Строительный эксперт».

Предложения направлять по адресу: 109428, Москва, а/я 66, тел./факс (095)174-79-13, e-mail: strelcov_d@mail.ru

Водопрпускные трубы для автомобильных дорог из сталефибробетона

К качеству изделий и материалов для дорожных ремонтно-строительных работ в Башкортостане предъявляются высокие требования.

ГУП «Башкиравтодор» освоена технология применения сталефибробетона, основанная на введении в бетон металлической фибры, изготовленной Челябинским предприятием «НПК ВОЛВЕК» по ТУ 1276-002-51484465–2002 из листовой стали толщиной 0,8 мм с повышенными анкерующими свойствами.

Чтобы освоить новое производство, была проведена реконструкция бетоносмесительного узла. Особое значение для сталефибробетонных смесей имеет степень равномерности распределения стальной фибры в объеме замеса. Она зависит от размерных параметров фибры, прежде всего отношения ее длины к диаметру, коэффициента армирования, удобоукладываемости смеси, способа подачи фибры в смеситель, типа смесителя.

В ходе предварительного изучения возможности приготовления фибробетона было установлено, что использование стандартного бетоносмесителя приводит к образованию так называемых ежей и неравномерному распределению фибры в массе бетона. Для исключения этого была применена двухвальная мешалка принудительного действия от асфальтосмесителя ДС-117. Введение фибры в бетонную смесь осуществлялось с помощью вибростолы, который обеспечивал равномерную загрузку.

Были проведены расчеты и испытания готовых изделий, подготовлены и согласованы технические условия

на трубы. Определен оптимальный процент дисперсного армирования.

Расчетные сопротивления сталефибробетона при сжатии и растяжении были получены с учетом объемной концентрации фибры, характеристик фибры и бетона. Результаты расчета конструкций колец, приведенные в табл. 1, показали, что армирование водопрпускных колец может быть выполнено стальной фиброй с полным отказом от стержневой арматуры.

Это позволило предложить рекомендации для действующего в ГУП «Башкиравтодор» производства водопрпускных железобетонных колец в опалубках при диаметре отверстия трубы $d_0 = 1$ м и толщине звена $\delta = 0,12$ м, $d_0 = 1,5$ м и $\delta = 0,16$ м. Данные расчетов показали, что кольцо с параметрами $d_0 = 1$ м и $\delta = 0,12$ м при $\mu_{fv} = 0,8\%$ обеспечивает несущую способность при высоте насыпи $H \leq 6$ м; кольцо с параметрами $d_0 = 1$ м и $\delta = 0,12$ м при $\mu_{fv} = 1,2\%$ – $H \leq 7,5$ м; кольцо с параметрами $d_0 = 1,5$ м и $\delta = 0,16$ м при $\mu_{fv} = 1-1,2\%$ – $H \leq 7$ м.

В производстве водопрпускных труб в настоящее время используется сталефибробетон следующего состава (на 1 м³):
портландцемент М500, кг 420
песок М_{кр} 2, 1–2,4, кг 600
щебень фракции 5–20 мм, кг 1190
фибра (ТУ 1276-002-51484465–2002), кг 80
В/Ц 0,36–0,4
суперпластификатор С-3, % от массы цемента 0,5
осадка конуса смеси, мм 3–5

Таблица 1

Отверстие трубы d_0 , м	Высота насыпи над трубой H , м	Толщина колец δ , м	Количество и \varnothing стержней (площадь арматуры A_s , см ²) на п. м	Несущая способность колец при стержневом армировании, тс-м/п. м	Несущая способность $M_{пер}$, тс-м/п. м, при проценте дисперсного армирования μ_{fv} , % (кг/м ³)			
					0,8 (62)	1 (78)	1,2 (94)	1,4 (110)
1	1,3	0,1	13 А-III-8 (6,54)	0,54	0,81	0,88	0,94	1
	4	0,1	13 А-III-8 (6,54)	0,64	0,81	0,88	0,94	1
	7	0,12	А-III-8 (5,53)	1,28	1,17	1,26	1,35	1,44
1,5	1,84	0,14	11 А-III-8 (5,53)	1,21	1,58	1,7	1,81	1,93
	4,5	0,14	11 А-III-8 (5,53)	1,28	1,58	1,7	1,81	1,93
	9	0,16	16 А-III-8 (6,05)	3,4	2,06	2,22	2,37	2,52

Примечание. Серым цветом выделены технические решения, которые реализуются на заводе ГУП «Башкиравтодор».

Таблица 2

Характеристики	Исходный бетон	Сталефибробетон
Прочность при сжатии, МПа	28,4	39,8
Прочность при осевом растяжении, МПа	–	3,54
Прочность на растяжение при изгибе, МПа	4,3	5,94
Водопроницаемость, W	10	16
Морозостойкость F (ГОСТ 10060–95)	300	400

В табл. 2 приведено сопоставление экспериментальных данных по характеристикам исходного и армированного фиброй тяжелого бетона указанного состава.

Применение сталефибробетона является экономически выгодным. Данная технология позволила отказаться от использования стержневой арматуры, исключить сварочные работы и соответственно уменьшить трудозатраты при изготовлении. В соответствии с технико-экономическим расчетом замена арматуры на фибру при изготовлении одного водопрпускного звена диаметром 1,5 м длиной 1 м обеспечивает экономию на одно изделие 376 р.

В настоящее время выпуск труб и колец из сталефибробетона полностью обеспечивает дорожную отрасль Республики Башкортостан данной продукцией.

Р.Н. МИРСАЕВ, канд. техн. наук (ОАО «Полиэф», Уфа), В.В. БАБКОВ, д-р техн. наук, А.Е. ЧУЙКИН, канд. техн. наук, Н.Х. КАРИМОВ, д-р техн. наук, И.В. НЕДОСЕКО, д-р техн. наук, Р.Р. САХИБГАРЕЕВ, канд. техн. наук, М.Р. ЛАТЫПОВ, инженер (УГНТУ), Р.Р. САЛИХОВ, канд. техн. наук, Л.А. ХАМЗИНА, инженер (ОАО «Уфимский комбинат строительных материалов»), А.А. ШАТОВ, д-р техн. наук (ОАО «Сода», г. Стерлитамак), А.А. ОРАТОВСКАЯ, канд. техн. наук (БашНИИстрой)

Промышленные отходы предприятий Урало-Башкирского региона в строительных технологиях

Промышленность строительных материалов Башкортостана ежегодно потребляет до нескольких сотен тысяч тонн доменных гранулированных шлаков Белорецкого, Магнитогорского, Нижнетагильского и других металлургических комбинатов Урало-Башкирского региона в традиционных технологиях производства шлакопортландцемента, керамического кирпича. Эти слабокислые шлаки, усредненный химический состав которых приведен в табл. 1, могут быть использованы с большой эффективностью при получении низкоэнергоемких безобжиговых известково-шлаковых (ИШВ) и сульфатно-шлаковых (СШВ) вяжущих с применением в качестве активаторов твердения известьсодержащих, сульфатосодержащих отходов промышленных предприятий Республики Башкортостан [1, 2]. Усредненный химический состав известьсодержащих отходов приведен в табл. 2, 3.

В технологии производства ИШВ представляет интерес замена дорогой и дефицитной извести известьсодержащими отходами. На АО «Сода» (Стерлитамак) имеется несколько высокодисперсных многотоннажных отходов с содержанием извести 5–35% (табл. 2). Это твердые остатки содового производства (ТОС), мелкие остатки гашения извести (МОГ), цементная пыль (ЦП).

При смешивании отхода (o) со шлаком (u) наряду с активатором – известью (i) в состав сырьевой смеси вно-

сится определенное количество инертной фазы – наполнителя (карбонаты или др.), что снижает активность вяжущего. Повышение содержания отхода, с одной стороны, при достижении оптимального соотношения u/u содействует повышению активности вяжущего, а с другой – торможению этой тенденции из-за роста концентрации инертной дисперсной фазы. Поэтому существует оптимальное по критерию активности соотношение o/u для отхода с определенным содержанием извести.

Повышение активности (прочности) R_1 ИШВ при использовании чистой извести (u) с ростом ее содержания может быть описано зависимостью

$$R_1 = R_m \left(\frac{au}{u+u} \right)^i \text{ при } \left(\frac{au}{u+u} \right)^i \leq 1, \quad (1)$$

где R_m – прочность вяжущего для оптимального соотношения $u/(u+u)$, i – степенной показатель, a – нормирующий коэффициент.

В области

$$\left(\frac{au}{u+u} \right)^i > 1$$

избыточность содержания извести будет определять снижение активности вяжущего, и эта область не представляет интереса.

Таблица 1

Комбинат	Химический состав шлаков, мас. %							Модуль	
	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	SO ₃	основности	активности
Белорецкий	37	39,9	3	16	1	1,9	0,6	0,81	0,49
Магнитогорский	35,7	40,1	5,5	14,4	0,9	1	1,2	0,91	0,4
Нижнетагильский	36	36,9	7,2	13,6	0,8	0,8	0,6	0,89	0,38

Таблица 2

Отход	Содержание основных окислов, мас. %							Активных CaO + MgO	Cl ⁻
	SiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O + Na ₂ O	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃		
Твердый остаток содового производства (ТОС)	5–12	40–50	1,8–2,6	0,2–1	2,8–4,7	1–3	1–5	5–12	3–12
Мелкие отходы гашения извести (МОГ)	2–4,5	58–62	1–2,5	0,15–0,25	2	1,3–4	2–3	22–35	0,3–0,5
Цементная пыль (ЦП)	13–15	42–45	2–3	1–1,5	3–6	2,5–4	0,7	6–7	0,3–0,5

Отход	Содержание окислов солей, мас. %							Показатель рН
	CaO	SO ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	R ₂ O	P ₂ O ₅	CaSO ₄ ·2H ₂ O	
Фосфогипс АО «Мелеузовский химический завод»	31,5	45	0,3	0,3	0,4	1,4	94,3	2
Гипсовая мелочь ОАО «Сода»	32,6	45,4	–	–	–	–	96,5	6

Снижение активности вяжущего в связи с повышением концентрации инертной фазы – наполнителя можно учесть зависимостью вида

$$R_1 = R_i \cdot \left(\frac{w+u}{w+o} \right)^k \text{ при } \left(\frac{w+u}{w+o} \right) = 0-1, (2)$$

где k – степенной показатель.

Для отхода o с содержанием извести $u = mo$ и его содержанием в вяжущем относительно количества шлака $o = nu$ будем иметь

$$\frac{R_2}{R_m} = \left(\frac{au}{u+u} \right)^i \left(\frac{w+u}{w+o} \right)^k = \left(\frac{1}{n} + m \right)^{k-i} \left(\frac{am}{1+n} \right)^i. (3)$$

Данные расчета R_2/R_m в зависимости от $n = o/w$ для известьсодержащих отходов как с очень низким содержанием извести $m = 0,05$, например ТОС, ЦП, так и с достаточно высоким $m = 0,35$ (МОГ) (табл. 2), приведены на рис. 1. Эти данные показывают, что для реально (по результатам эксперимента) сочетания параметров $i \approx 0,65$; $k \approx 0,5-0,8$; $a \approx 5$ даже на крайне бедном по содержанию извести отходе возможно получение вяжущего активностью на уровне 30–45% от максимально возможного R_m при низком расходе шлака

$$w = \frac{o}{n} = \frac{o}{5} \approx 0,2$$

в составе вяжущего. На примере зависимости для $k = 0,8$ можно видеть, что для широкого диапазона изменения n от 1 до 5 активность вяжущего R_2/R_m остается на одном уровне. Следовательно, состав сырьевой смеси оптимален при $n = 5$, так как в этом случае расход шлака минимален, а дешевого высокодисперсного компонента (известьсодержащего отхода) – максимален. Этот состав смеси для получения вяжущего обеспечит также минимальные энергозатраты на помол.

Экспериментальные результаты исследования образцов ИШВ и СШВ на прочность при сжатии на примере магнитогорского доменного гранулированного шлака $M_o = 0,91$ и отходов – активаторов твердения приведены на рис. 2.

Из рис. 2 следует, что при использовании достаточно богатых по извести (23–35%, кривые 2, 3) мелких остатков гашения извести (МОГ, АО «Сода») при их содержании в сырьевой смеси до 40–50% и помоле смеси до $S = 3500 \text{ см}^2/\text{г}$ достигается получение ИШВ с прочностью при сжатии до 25–30 МПа по результатам испытаний образцов $3 \times 3 \times 3 \text{ см}$ теста НГ нормально-влажностных условий твердения.

Известьсодержащие отходы МОГ (ОАО «Сода») с гранулированными доменными шлаками (табл. 1) и сульфатными отходами АО «Сода» и Мелеузовского химзавода (табл. 3) были исследованы в составах СШВ. Использование низкоконцентрированных по извести дисперсных отходов (ЦП, ТОС) в СШВ является предпочтительным. Так как в состав СШВ известь входит в малой концентрации (до 1–2% по $\text{CaO}_{\text{акт}}$) и достижение этой концентрации не приводит к внесению значительного количества инертной фазы отхода, можно прогнозировать, что концентрация ЦП и ТОС в соответствии с содержанием $\text{CaO}_{\text{акт}}$ в этих продуктах составит в сульфатно-шлаковых композициях около 10%, а МОГ – около 5%.

Сульфатно-шлаковый вариант вяжущего интересен с точки зрения возможности использования в данном случае фосфогипса в качестве сульфатного компонента.

Оптимальная концентрация сульфатного компонента в составах СШВ определяется, во-первых, тем, что сульфата кальция должно быть достаточно для максимального связывания алюминатов, а во-вторых, его не должно быть более необходимого количества, так как это обусловит повышение содержания инертной фазы в вяжущем и снизит его активность.

На рис. 2 представлены экспериментальные данные по апробации в составах СШВ в качестве активаторов твердения МОГ (акт. $\text{CaO} + \text{MgO} = 23\%$) и гипсовой мелочи (достаточно чистый двухводный гипс). Испытывались образцы теста НГ нормально-влажностных условий хранения. Прочность при сжатии образцов в зависимости от дисперсности вяжущего приведена на рис. 2, кривые 5–7.

Опытные составы вяжущего готовились методом раздельного помола шлака, домола продуктов-активаторов приблизительно до дисперсности шлака при последующем тщательном перемешивании ингредиентов в сухом состоянии.

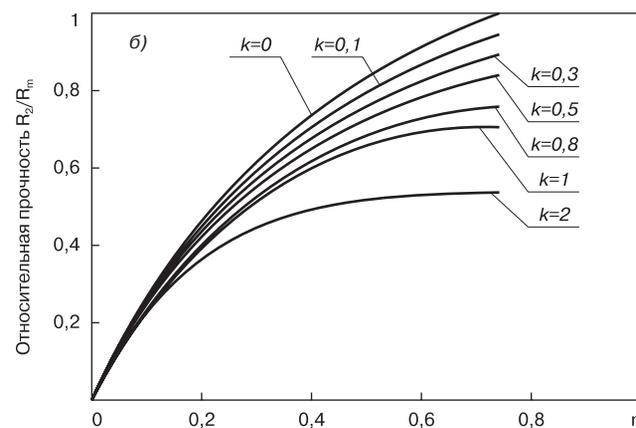
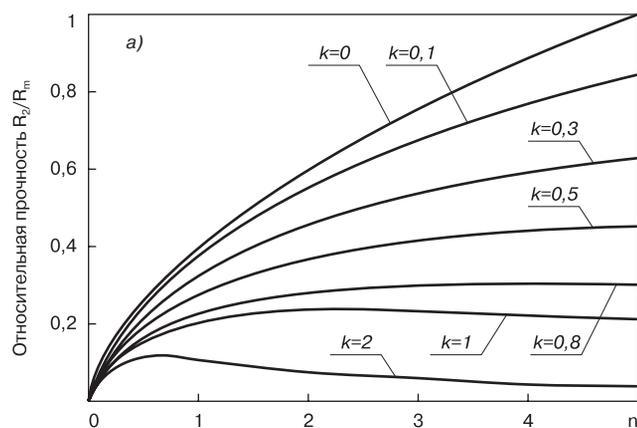


Рис. 1. Зависимости R_2/R_m – n при $i=0,65$: а) $m=0,05$; б) $m=0,35$

Исходный фосфогипс Мелеузовского химзавода содержит 1,2–1,6% фосфорной кислоты (в пересчете на P_2O_5) при pH среды около 2. Как показали эксперименты, использование фосфогипса как сульфатного компонента в СШВ без его предварительной подготовки приводит к существенному замедлению набора прочности как при твердении в нормально-влажностных условиях, так и при ТВО. Цикл приготовления смеси, включающий дополнительное количество извести или известково-содержащего отхода на нейтрализацию среды, не обеспечивает полного связывания P_2O_5 и деблокирования гранул двухводного гипса от пленок. Образцы СШВ из фосфогипса, прошедшего предварительно репульпацию, имеют практически такую же прочность при сжатии, что и образцы на природном гипсе-двуводном.

Испытания по замене строительной извести и порландцемента известково-содержащими отходами показали, что оптимальная для прочности цементного камня на СШВ добавка дисперсного отхода соответствует количеству $CaO_{акт}$ около 1% от массы смеси шлака и гипса.

В производстве силикатного кирпича существует проблема дефицита и высокой стоимости извести. Были проведены исследования по замене извести в технологии производства силикатного кирпича феррохромовым шлаком (ФХШ) – отходом производства Челябинского электрометаллургического комбината.

Эти вопросы исследовались специалистами УралНИИСтромпроекта, предложившими ряд технических решений, основанных на использовании исходного немодифицированного шлака в сочетании с рядом активаторов твердения [3, 4].

Феррохромовый шлак представляет собой порошок с удельной поверхностью 2000–3000 $см^2/г$, состоящий из $\gamma-C_2S$ (до 80%), и содержит в сумме до 15–20% железохромовой шпинели, мервинита, периклаза (MgO). Фаза $\gamma-C_2S$ инертна и не гидратируется в нормальных условиях твердения и в условиях ТВО при $t = 70–90^\circ C$.

Твердение исходного немодифицированного феррохромового шлака в условиях автоклавной обработки сопровождается медленной гидратацией периклаза со значительным увеличением объема (коэффициент увеличения ϑ_0 свыше двух раз), что приводит к развитию внутренних напряжений, образованию трещин и разрушению образцов.

Применительно к технологии производства силикатного кирпича апробирована схема предварительной нейтрализации продуктов шлака, склонных к значительным объемным изменениям. Она заключается в углубленном диспергировании исходного шлака до удельной поверхности 5000–7000 $см^2/г$ совместным помолом шлака с кварцевым песком. При этом периклаз оказывается высокодиспергированным и хорошо распределенным в объеме, что исключает формирование значительного распора. Полученное модифицированное вяжущее при смешивании со стандартным кварцевым песком (0,63–5 мм) в качестве заполнителя в соотношении 1:3 – 1:4 по массе на образцах-цилиндрах $\varnothing 40$ мм, высотой 40 мм, запрессованных при давлении 20 МПа, после автоклавирования по заводскому режиму обеспечило достижение прочности при сжатии до 62,1 МПа, прочность при растяжении, определенную раскалыванием, до 5 МПа (табл. 4).

Эксперименты показали, что при использовании вяжущего состава 80:20 по соотношению ФХШ : SiO_2 в процессе автоклавирования формируются гидросиликаты кальция при полном отсутствии избытка несвязанной извести. Это позволило на основе такого вяжущего при введении минеральных пигментов получить объемно-окрашенный силикатный кирпич, исключаящий высолообразование. Эту продукцию можно использовать как лицевой кирпич в облицовках трехслойных теплоэффективных стен, а также в облицовках стен из ячеисто-бетонных блоков и неокрашенного силикатного кирпича.

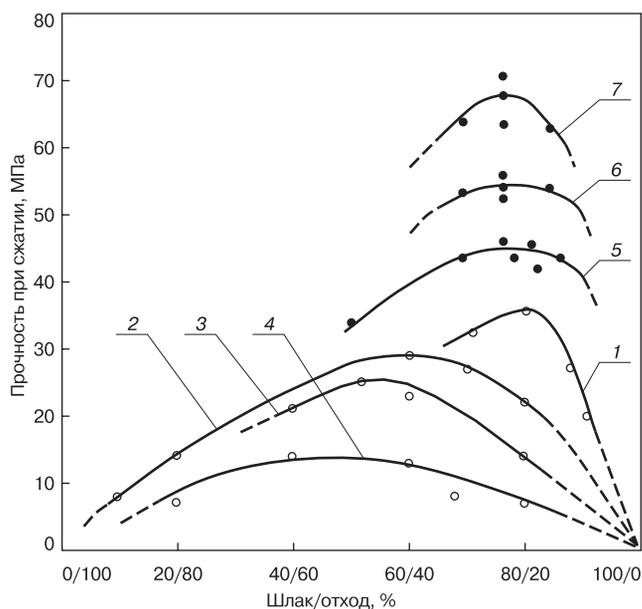


Рис. 2. Зависимости прочности образцов ИШВ (1–4) и СШВ (5–7) нормально-влажностных условий твердения на основе магнитогорского доменного гранулированного шлака от содержания в сырьевой смеси отходов-активаторов: 1 – бездобавочная гашеная известь (акт. $CaO+MgO = 59\%$), удельная поверхность $S=3500$ $см^2/г$; 2 – известьсодержащий отход МОГ, акт. $CaO+MgO=35\%$; 3 – МОГ, акт. $CaO+MgO=23\%$; 4 – ТОС, акт. $CaO+MgO=7\%$; 5 – СВШ составов Ш: CS-2H:МОГ – (50–83):(45–12):5%, $S=3500$ $см^2/г$; 6 – $S=4500$ $см^2/г$; 7 – $S=5800$ $см^2/г$

Таблица 4

Вяжущее	Содержание вяжущего в составе силикатной смеси, %	Среднее значение прочности при сжатии по данным испытаний 5 образцов, МПа
Состав 1	30	30,6
	35	31,2
Состав 2	30	47,2
	35	52,8
	40	62,1
Состав 3	30	26,3
	35	35,2

Примечание. Состав вяжущего: 1 – ФХШ 100%; 2 – ФХШ 80%, кварцевый песок 20%; 3 – ФХШ 65%, кварцевый песок 35%. Удельная поверхность вяжущих 5800–6100 $см^2/г$.

Список литературы

- Оратовская А.А., Меркулов Ю.И., Кудоярова Л.Ш. и др. Исследование возможности получения бесклинкерных вяжущих материалов на основе металлургических шлаков и отходов содового производства // Строительные конструкции и материалы. Защита от коррозии: Труды НИИпромстроя. Уфа. 1981. С. 69–76.
- Бабков В.В., Комохов П.Г., Шатов А.А. и др. Сульфатно-шлаковые вяжущие на основе сырья и отходов Урало-Башкирского региона // Цемент. 1993. № 4. С. 40–42.
- Заровнятских В.А., Фомин Г.С., Погорелов Н.М. Силикатный кирпич на основе распадающегося феррохромового шлака // Сб. науч. тр. Переработка шлаков в строительные материалы и изделия. Челябинск: УралНИИСтромпроект. 1975. С. 128–133.
- Фомин Г.С., Шикирянский А.М., Погорелов Н.М. Силикатный кирпич на основе карбидной извести с добавкой феррохромового шлака // Сб. науч. тр. Переработка промышленных отходов в строительных материалах. Челябинск: УралНИИСтромпроект. 1981. С. 113–117.

Р.С. МУСАВИРОВ, д-р хим. наук, И.А. МАССАЛИМОВ, канд. физ.-мат. наук (Научно-исследовательский институт малотоннажных химических продуктов и реактивов, Уфа), В.В. БАБКОВ, д-р техн. наук, А.Е. ЧУЙКИН, канд. техн. наук, М.А. БАЛОБАНОВ, М.В. ШАРАБЫРОВ, инженеры (УГНТУ)

Пропиточные гидрофобизирующие композиции на основе водорастворимой серы

В цикле переработки нефти и газа образуются значительные объемы попутных продуктов и отходов. Один из многотоннажных отходов этого цикла – сера, накопления которой по нефте-, газоперерабатывающим предприятиям Башкортостана, Татарстана, Оренбургской, Астраханской областей составляют свыше 300 млн. т.

Сера, объемы накоплений которой возрастают в силу того, что нефтедобыча и нефтепереработка все в больших объемах вынуждена переходить на средне- и высокосернистые нефти, до настоящего времени остается крайне слабо утилизируемым отходом.

Сера нерастворима в воде и кислотах, что усложняет ее использование, в частности в качестве пропиточного материала для модификации пористых строительных материалов, изделий и конструкций. В определенных объемах сера в состоянии расплава при температуре 140–155°C нашла применение в России и за рубежом как пропиточная композиция. В расплавленном состоянии она достаточно маловязкая и обеспечивает пропитку и кольматацию порового пространства цементных бетонов, а также изделий и конструкций на их основе [1].

Другое направление использования серы – серобетоны и изделия из них, где разогретая до названных выше температур сера используется в качестве связующего [2]. Использование серы по горячей технологии делает процесс энергоемким и трудноуправляемым.

Известно [3], что одним из способов перевода серы в водные растворы является синтез полисульфидов щелочно-земельных металлов, в которых сера содержится в виде ионов S_n^{2-} , образующихся в результате разрыва колец молекул S_8 . Цепи молекул S_n^{2-} разной длины образуются под действием нуклеофильной атаки ионов гидроксилсодержащих соединений. В этом методе используется свойство стабильности рас-

творов лишь в ограниченном интервале рН. Установлено, что при определенном режиме изменения рН происходит распад полисульфидов с формированием высокодисперсных частиц элементарной серы. Однако синтез водных растворов серы затруднителен без использования стабилизаторов, а также без применения интенсивной механической обработки [3].

Уфимским институтом НИИ «Реактив» на основе проведенных исследований [3] разработан способ перевода технической серы в водорастворимую форму с последующим получением на основе этого раствора пропиточных гидрофобизирующих композиций [4, 5].

В настоящее время на базе НИИ «Реактив» освоено промышленное производство композиций для глубокой, объемной пропитки пористых строительных материалов, а также гидрофобизаторов для поверхностной обработки материалов серии «Гидроизол» [6]. К производству готовятся составы для гидрофобизации и окрашивания строительных материалов, а также композиции, обладающие повышенной проникающей способностью.

Получение водных растворов серы включает следующие этапы: подготовка сырьевых компонентов (серы, реактивов); совместный помол материалов; загрузка сухой смеси и требуемого количества воды в реактор; нагрев композиции и доведение до заданной концентрации; фильтрация водного раствора серы; упаковка. Характеристики готового продукта приведены ниже.

Цветкрасно-оранжевый
(возможна поверхностная окраска изделий одновременным введением пигментов в водный раствор серы)
Концентрация, %5–30
Плотность, г/см³1,1–1,44
Вязкость, Па·с·10⁻³2–5
Значение рН8–9

Готовый продукт имеет запах, характерный для серы, исчезающий при

естественном осушении пропитанного образца. Срок хранения в закрытой таре без изменения свойств – 1 год.

Пропиточная композиция представляет собой концентрированный водный раствор серы, модифицированный пластифицирующими и усиливающими гидрофобный эффект компонентами. Благодаря низкой вязкости композиции сера в молекулярной форме в составе полисульфида кальция в водном растворе проникает в поровое пространство предварительно просушенного пористого материала. После пропитки и естественного или принудительного осушения на поверхности материала и на внутренней поверхности пор генерируется высокодисперсный гидрофобный слой серы, образующий влагостойкое бесцветное с высокой адгезией к основе покрытие. Оно препятствует проникновению воды, снижает водопоглощение и, следовательно, повышает морозостойкость и долговечность материала. После осушения покрытие не растворяется в воде и в большинстве других жидкостей, стойко по отношению к ряду агрессивных жидких сред, характеризуется высокими гидрофобными свойствами – углом смачивания 110–120°.

При пропитке водорастворимой серой цементных бетонов и строительных растворов с общей пористостью Π_0 раствор, проникая в поровое пространство цементного камня, обеспечивает после осушения частичную кольматацию этого пространства закристаллизованной серой. Плотность водного раствора серы равна $\gamma_{wS} = \gamma_w(1 - \alpha_S) + \gamma_S\alpha_S$, где γ_w , γ_S – плотности воды и закристаллизованной серы; α_S – относительный объем закристаллизованной серы в поровом пространстве после осушения, рассчитываемый по формуле

$$\alpha_S = \frac{\gamma_{wS} - \gamma_w}{\gamma_S - \gamma_w} = \frac{\gamma_{wS}/\gamma_w - 1}{\gamma_S/\gamma_w - 1}. \quad (1)$$

Тогда общая пористость пропитанной и высушенной структуры с исходной пористостью Π_0 составит

Таблица 1

Показатели	Образцы виброформованного цементного камня, $w = 0,25$				Образцы цементно-песчаного раствора, $w = 0,5$			
	Контрольные	Количество циклов пропитки			Контрольные	Количество циклов пропитки		
		1	2	3		1	2	3
Прочность при сжатии, МПа	56,5	86,5	89,6	91	15,3	27,6	34,6	40,3
Упрочнение, %	–	53,1	58,5	61,1	–	67,7	126,1	163,4
Водопоглощение, об. %	21,5	14,1	12,6	11	18,2	13,2	9,1	5,6
Снижение водопоглощения, %	–	34,5	41,3	48,8	–	27,5	50	69,2

Таблица 2

Показатели	Образцы виброформованного цементного камня, $w = 0,25$		Образцы фильтр-прессованного цементного камня, $w_{\text{ост}} = 0,18$	
	Контрольные	Модифицированные	Контрольные	Модифицированные
Плотность в сухом состоянии, г/см ³	2,02	2,18	2,25	2,31
Изменение веса по результатам взвешивания высушенных образцов, %	–	7,9	–	2,5
Прочность при сжатии, МПа	56,5	86,5	182,1	202
Упрочнение, %	–	53,1	–	10,9
Водопоглощение, об. %	21,5	14,1	13,2	10,6
Снижение водопоглощения, %	–	34,5	–	19,7
Глубина пропитки, см, рассчитанная по формуле (12) и подтвержденная экспериментом	–	0,52	–	0,3

$$P_{0S} = P_0 - P_0 \frac{\gamma_{ws}/\gamma_w - 1}{\gamma_s/\gamma_w - 1} = P_0 \frac{c_3 - c_4}{c_3 - 1}, \quad (2)$$

где $c_3 = \gamma_s/\gamma_w$, $c_4 = \gamma_{ws}/\gamma_w$.

Имея экспериментально полученный абсолютный привес образца, пропитанного водорастворимой серой, равный весу раствора серы в образце после пропитки M_s , и привес пропитанного образца в сухом состоянии, равный весу кольтмированной серы m_s , можно определить толщину слоя бетона, пропитанного водным раствором серы, – глубину пропитки h . Абсолютное увеличение объема раствора в образце после его пропитки составит M_s/γ_{ws} , а абсолютное увеличение объема твердой фазы, соответствующее объему закристаллизованной серы после осушения образца – m_s/γ_s . Абсолютный объем раствора равен объему пропитанного порового пространства

$$V_{ws} = \frac{m_s}{\gamma_s} + \frac{m_s}{\gamma_s} \cdot \frac{1 - \alpha_s}{\alpha_s} = \frac{m_s}{\gamma_s} \cdot \frac{\gamma_s/\gamma_w - 1}{\gamma_{ws}/\gamma_w - 1}. \quad (3)$$

Тогда

$$S \cdot h \cdot P_0 = \frac{m_s}{\gamma_s} \cdot \frac{\gamma_s/\gamma_w - 1}{\gamma_{ws}/\gamma_w - 1},$$

где S – поверхность образца, контактирующая с пропиточным раствором. Отсюда глубина пропитки

$$h = \frac{m_s}{S \cdot P_0 \cdot \gamma_s} \cdot \frac{c_3 - 1}{c_4 - 1}, \quad (4)$$

или

$$h = \frac{M_s}{S \cdot P_0 \cdot \gamma_{ws}}. \quad (5)$$

Анализ поровой структуры цементного камня методом ртутной порометрии показал, что сравнительно низкая вязкость пропиточного состава позволяет модифицировать как капиллярные (радиусом 10^2 – 10^4 нм), так и гелевые поры (радиусом менее 10^2 нм), снижая общую и улучшая дифференциальную пористость цементного камня.

Исследования эффективности пропитки в целях снижения водопоглощения, повышения прочности, морозостойкости были проведены применительно к цементным бетонам, растворам и изделиям на их основе, к керамическому и силикатному кирпичу, автоклавному газобетону и асбоцементному шиферу [5].

Эксперименты по модифицированию структуры пропиткой водорастворимой серой фильтр-прессованного цементного камня (с водоцементным отношением $w = 0,18$), виброформованного цементного камня ($w = 0,3$), цементно-песчаных растворов состава 1:3 ($w = 0,5$), тяжелого бетона (класс по прочности на сжатие В25) и вибропрессованного бетона (В25 и выше) проводили на образцах – цилиндрах 2×2 см, кубах $2 \times 2 \times 2$, $7 \times 7 \times 7$, $10 \times 10 \times 10$ см и на дорожной плитке мощения, твердевших в нор-

мально-влажностных условиях в течение 28 сут. Предварительно высушенные образцы помещали в водный раствор серы плотностью 1,2–1,44 г/см³ и подвергали пропитке в течение 0,5–48 ч при температуре 20°C.

Данные по одно-, дву- и трехкратной пропитке водным раствором серы ($\gamma_{ws} = 1,24$ г/см³) образцов (кубы $2 \times 2 \times 2$ см) виброформованного цементного камня, цементно-песчаного раствора (состав 1:3) и сравнение с показателями модифицированного фильтр-прессованного камня приведены в табл. 1, 2.

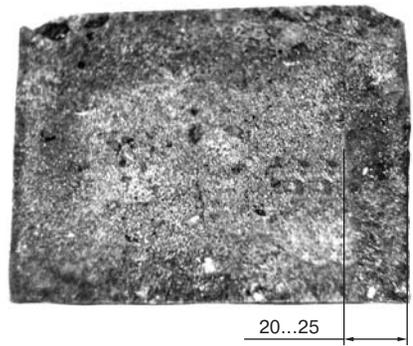
Однократная пропитка полным погружением в раствор серы ($\gamma_{ws} = 1,24$ г/см³) вибропрессованной бетонной плитки мощения ($65 \times 108 \times 230$ мм) в течение 4 ч обеспечила повышение прочности при сжатии до 36%, снижение водопоглощения до 45 мас. %, повышение марки по морозостойкости более чем в 1,6 раза. В табл. 3 приведены показатели вибропрессованной бетонной плитки мощения ($203 \times 102 \times 60$ мм), модифицированной водорастворимой серой.

Глубину проникания (h) раствора в структуру вибропрессованных бетонных плиток определяли раскалыванием образцов. После 8 ч пропитки она составила 20–25 мм (см. рисунок).

Для стеновых облицовочных материалов, дорожных изделий и шифера, работающих в условиях циклического воздействия дождя,

Таблица 3

Показатель	Изделия контрольные	Изделия, пропитанные раствором серы в течение 4 ч, глубина пропитки 20–25 мм
Прочность при сжатии по ГОСТ 17608–91, МПа	33,5	45,8
Упрочнение, %	–	37
Водопоглощение, мас. %	3,3	1,8
Снижение водопоглощения, %	–	45
Марка по морозостойкости по ГОСТ 10060.2–95	F350	F600 и более
Истираемость, г/см ²	0,6	0,4



Глубина пропитки водорастворимой серой бетонной вибропрессованной тротуарной плитки

Таблица 4

Материал	Водопоглощение предварительно высушенных образцов материалов в условиях фронтального воздействия воды в течение 2 ч, см	
	немодифицированных	после пропитки водорастворимой серой в течение 4 ч
Тяжелый бетон класса В35 по прочности на сжатие, средняя плотность 2350 кг/м ³	0,62	0,18
Бетон вибропрессованный класса В35 по прочности на сжатие, средняя плотность 2450 кг/м ³	0,34	0,11
Автоклавный газобетон класса В1,5 (марка М25) по прочности на сжатие, средняя плотность 600 кг/м ³	1,78	0,18
Силикатный кирпич марки 150 по прочности на сжатие, средняя плотность 1830 кг/м ³	1,63	0,32
Асбестоцементный шифер	0,04 – воздействие воды в течение 2 ч; 0,13 – то же, 4 ч; 0,44 – то же, 24 ч	0 – воздействие воды в течение 2 ч; 0 – то же, 4 ч; 0,25 – то же, 24 ч 0,38 – то же, 48 ч

важным показателем с точки зрения накопления влаги в объеме материала и ее последующей эвакуации по механизму осушения является скорость водопоглощения. С этой целью были проведены испытания по кинетике водопоглощения непропитанных и пропитанных раствором серы ($\gamma_{ws} = 1,28$ г/см³) образцов тяжелого бетона, стеновых облицовочных полнотелых вибропрессованных бетонных блоков (190×90×390 мм), автоклавного газобетона, силикатного кирпича и асбестоцементного шифера. Испытания по определению кинетики водопоглощения проводили с помощью наполненной водой стеклянной трубки, установленной на плоскую рабочую поверхность и герметизированной по периметру. Результаты испытаний автоклавного газобетона, силикатного кирпича, асбестоцементного шифера, тяжелого и вибропрессованного бетона

по кинетике водопоглощения в зависимости от режимов пропитки приведены в табл. 4.

На основании проведенных исследований разработаны и рекомендованы для производственного использования режимы пропитки стеновых, дорожных и кровельных изделий водорастворимой серой полным погружением в ванну. Водные растворы серы могут быть использованы в качестве ремонтных составов, а также для модифицирования стеновых и дорожных изделий в условиях строительной площадки.

Достоинством применения серы в виде водного раствора является то, что глубину и степень пропитки можно регулировать, меняя длительность, кратность пропитки и плотность раствора. Пропитка водным раствором серы цементных структур не вызывает дополнительных внутренних напряжений, приводящих к деструкции материала, так

как в этом случае имеет место неполная кольматация порового пространства закристаллизованной серой. После обработки водным раствором серы в цементном камне всегда сохраняется резерв пористости, обеспечивающий паропроницаемость материала. Пропитку водным серосодержащим раствором можно проводить окунанием, кистеванием и пульверизацией.

Водорастворимая сера и гидрофобизирующие композиции на ее основе весьма перспективны для защиты наружных поверхностей ограждающих конструкций зданий, дорожных бетонных изделий, асбестоцементных изделий. Они могут использоваться для поддержания эксплуатационной надежности наружных стен старых зданий из силикатного и керамического кирпича, керамзитобетонных стеновых панелей.

Список литературы

1. Волгушев А.Н., Патуроев В.В., Пуляев И.Е., Красильникова О.М. Применение серы для пропитки поровой структуры строительных материалов // Бетон и железобетон. 1976. № 11. С. 18.
2. Патуроев В.В., Волгушев А.Ч., Орловский Ю.И. Свойства и перспективы применения серного бетона // Бетон и железобетон. 1985. № 5. С. 16.
3. Massalimov I.A., Kireeva M.S., Kilmametov A.R., Karimov N.Kh. Book of abstracts of Int. Conf. «Fundamental Bases of Mechanochemical Technologies», August, 16–18. Novosibirsk. P. 65.
4. Массалимов И.А., Мусавилов Р.С., Сангалов Ю.А., Бабков В.В. и др. Заявка на изобретение. №2001109179/12 (009562).
5. Массалимов И.А., Мусавилов Р.С., Сангалов Ю.А., Бабков В.В. и др. Заявка на изобретение. №20011115466/03 (016225).
6. ТУ 2229-008-45225481–2002. Пропиточная композиция «Гидроизол» для гидрофобизации строительных изделий и конструкций.

А.Е. ЧУЙКИН, канд. техн. наук, О.М. САФИНА, канд. техн. наук,
Т.В. МАНСУРОВ, инженер, Л.В. СТАРЦЕВА, канд. техн. наук (УГНТУ),
И.А. МАССАЛИМОВ, канд. физ.-мат. наук (Научно-исследовательский институт
малотоннажных химических продуктов и реактивов (НИИ «Реактив»))

Опыт производства и использования мелкоштучных дорожных вибропрессованных бетонных изделий

В последние годы при устройстве тротуаров и проезжих частей российских городов стали все шире использоваться мелкоштучные элементы мощения, преимущество которых перед асфальтобетонным покрытием заключается в удобстве укладки, долговечности и экологичности применяемого материала, архитектурной выразительности мощеного покрытия, достигаемой использованием разнообразных по цвету и форме изделий, его ремонтпригодности.

С введением в эксплуатацию в 1994–1998 гг. нескольких линий фирмы «Бессер» общей мощностью около 400 млн шт. усл. кирпича в год вибропрессованные бетонные изделия стали шире использовать при устройстве дорожных покрытий. Основными производителями таких изделий в настоящее время являются СП «Берлек» ОАО «БНЗС» и СП «Интерстройсервис» ОАО «КПД».

Объемы производства и использования мелкоштучных бетонных дорожных изделий, изготовляемых вибропрессованием, виброформованием, по литевой технологии, в РБ достигают на сегодняшний день более 1,5 млн м² в год.

Кафедрой «Строительные конструкции» УГНТУ с 1999 г. проводятся регулярные обследования эксплуатационного состояния дорожных изделий, использованных при мощении территорий ряда объектов в Уфе и регионах республики, на общей площади более 40 тыс. м². Исследования показали, что плитка мощения, произведенная литевым

способом и виброформованием, находящаяся в достаточно жестких эксплуатационных условиях, связанных с воздействием циклического замораживания и оттаивания, механическими воздействиями, в том числе от снегоочистки, уже после 4–5 лет эксплуатации на 5–15% обследованных площадей имеет дефекты (поверхностное шелушение бетона, обнажение крупного заполнителя, микротрещины, околы углов плитки), что вызывает необходимость частичной или полной замены плиточного покрытия.

Обследование дорожных покрытий, выполненных с использованием вибропрессованных бетонных изделий (марок М250–М350, F250–F350) производства СП «Берлек», показало, что эксплуатационное состояние дорожных изделий после 5–8 лет эксплуатации исправное (табл. 1). Околы углов изделий размером 10–30 мм из-за механических воздействий зафиксированы на единичных изделиях, количество которых составило 0,15–0,2% от общей площади покрытия. Заметно лучшую по качеству поверхность имеют вибропрессованные бетонные плиты с тонкодисперсным наполнителем-пигментом – пиритными огарками, являющимися отходом переработки серного колчедана в серную кислоту ОАО «Минудобрения» (г. Мелеуз), что позволяет прогнозировать их более высокую долговечность.

Задача повышения эксплуатационной долговечности дорожных изделий, производимых на предприятиях РБ и используемых в климати-

ческих условиях Башкортостана, обусловила исследования в этом направлении, которые были проведены кафедрой «Строительные конструкции» УГНТУ совместно с лабораторией контроля качества ОАО «БНЗС» в период с 1995 по 2002 гг.

На действующей технологической линии по производству вибропрессованных бетонных изделий V3-12 Vibrapac фирмы «Бессер» в СП «Берлек» ОАО «БНЗС» проведены исследования по оптимизации гранулометрического состава заполнителей бетонных смесей. На первом этапе вибропрессованные дорожные изделия производили на заполнителях уфимских карьеров естественной гранулометрии. С 1996 по 1998 гг. в производство внедрено разделение естественной смеси заполнителей по границе 1,2 мм с выделением крупной фракции выше этой границы и последующим ее использованием для обогащения естественной смеси до соотношения фракции >1,2 мм к <1,2 мм, равного 1,04–0,86, что улучшило кривую рассеивания и повысило модуль крупности заполнителя.

С 1999 по 2003 гг. для производства вибропрессованных дорожных изделий использовались смеси с оптимальным соотношением крупной, средней и мелкой фракций заполнителя (фракция 5–10 мм 25–30%, фракция 0,315–5 мм 55–60%, фракция <0,315 мм 12–15%, $M_k = 3,9–4,2$), что существенно улучшило характеристики производимых дорожных изделий (табл. 2).

Положительные результаты получены при исследовании возмож-

Таблица 1

Наименование объекта, площадь отмотки	Срок эксплуатации	Физико-механические характеристики (паспортные/фактические)			
		Прочность при сжатии, МПа	Прочность на растяжение при изгибе, МПа	Водопоглощение, мас. %	Истираемость, г/см ²
Территория перед магазином «Сезон» (Уфа, проспект Октября), 100 м ²	8 лет	20,4/21,1	6,2/6,3	3,8/3,55	0,6/0,6
Территория мечети Ляля-Тюльпан (Уфа), 1600 м ²	5 лет	31,2/32	5,3/5,6	3/2,85	0,4/0,4

Таблица 2

Год выпуска	Марочная прочность при сжатии, МПа	Водопоглощение, мас. %	Истираемость, г/см ²	Марка по морозостойкости (2-базовый метод)
1995	21–25	3,5–4,5	0,6–0,8	F200–250
1996	23–30	3,3–4	0,6–0,7	F250–300
1997	25–33	3,3–3,9	0,5–0,6	F350–400
1998	26–34	3,1–3,7	0,5–0,6	F350–400
1999	26–35	3–3,5	0,4–0,5	F350–400
2000	28–39	2,7–3,2	0,35–0,45	F400–450
2001–2003	30–44	2,4–3	0,35–0,45	F400–450
Требования ГОСТ 17608–91 для тяжелого бетона для мелкозернистого бетона	22,5	не более 5% не более 6%	1,1 0,8	F200–F300

ности дополнительной защиты бетонных вибропрессованных дорожных изделий холодной пропиткой водорастворимой серой, полученной специалистами НИИ «Реактив» (Уфа) на основе элементарной серы, являющейся многотоннажным отходом нефте- и газопереработки.

При пропитке вибропрессованного бетона раствор серы проникает в поровое пространство цементного камня на глубину 20–30 мм и после осушения обеспечивает частичную кольматацию этого пространства закристаллизованной серой, уплотняя и гидрофобизируя структуру поверхностного слоя изделия.

Проведенные исследования по модифицированию водорастворимой серой вибропрессованных бетонных дорожных изделий показали, что пропитка обеспечивает снижение общей пористости цементного камня, рост прочности бетона при сжатии и растяжении до 1,5 раза, снижение водопоглощения на 20–40%, повышение морозостойкости до 1,5–2,5 раза (до F600), повышение ударной выносливости до 1,5–2 раз, снижение истираемости до 1,5 раза.

На основании проведенных исследований разработаны и рекомендованы для производственного использования режимы пропитки бетонных вибропрессованных дорожных изделий водорастворимой серой полным погружением в ванну.

Технология пропитки штучных дорожных изделий в заводских условиях предполагает их естественное осушение, погружение изделий в раствор серы (4–6 ч), пропитку при нормальном давлении, естественное осушение изделий. Удорожание пропитываемых водорастворимой серой бетонных дорожных изделий составляет 4–6% от их стоимости.

По данной технологии в производственных условиях на базе СП «Берлек» ОАО БНЗС были выпущены опытные партии вибропрессованных тротуарных изделий с

достижением марки по морозостойкости F500 и более, которые использованы при благоустройстве территории Дома Республики и других объектов в Уфе.

Пропитка цементных бетонов водорастворимой серой обеспечивает высокую степень гидрофобности поверхности изделий, существенно повышая долговечность материала, эксплуатирующегося в суровых климатических условиях, что важно как для дорожных, так и для стеновых изделий, используемых в облицовочных слоях наружных стен зданий.



НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МАЛОТОННАЖНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ И РЕАКТИВОВ

Основной вид деятельности – проведение фундаментальных и прикладных научно-исследовательских работ в области химии и технологии производства малотоннажных химических продуктов и реактивов.

Банк заказных реактивов насчитывает более 5000 наименований.

Научно-исследовательский институт малотоннажных химических продуктов и реактивов:

- разрабатывает оригинальные технические решения, связанные с интенсификацией и совершенствованием существующих и созданием новых технологий в нефтеперерабатывающей, нефтехимической и других перерабатывающих отраслях;
- проводит исследования и разрабатывает материалы для защиты строительных конструкций и зданий от атмосферных, химических воздействий, например пропиточные составы («Гидроизол» и др.), существенно повышающие эксплуатационные характеристики традиционных строительных материалов, использующихся в условиях дождя и гидростатического давления воды;
- производит полный ассортимент металлической лабораторной мебели для оснащения химических, аналитических лабораторий и учебных аудиторий.

Аспирантура института готовит высококвалифицированные кадры, как для научных исследований, так и для производства.

При институте действует специализированное издательство химической литературы «Реактив», которое выпускает монографии и журналы в области химии и нефтехимии.



Башкортостан, 450029 Уфа, ул. Ульяновых, 75

Телефоны: (3472) 42-07-55, 43-11-39, 43-16-11, 60-58-00, 42-48-32; факс: (3472) 43-12-56

E-mail: reaktiv@soros.bashedu.ru, niireaktiv@ufacom.ru

Неокисленные дорожные битумы и асфальтобетоны на их основе

Как показывает практика дорожного строительства в целом по России и в частности в Республике Башкортостан как регионе с климатическими характеристиками, близкими для средней полосы России, низкая долговечность дорожных асфальтобетонных покрытий обусловлена, кроме случаев явных нарушений технологии производства, плохим качеством битумов и битумо-минеральных композиций на их основе.

В связи с этим была поставлена задача разработки высококачественных битумов из различного нефтяного сырья. ГУП «Башкиравтодор» сов-

местно с ГУП «ИНХП» были проведены работы по внедрению технологии производства неокисленных дорожных битумов (компаундированных и остаточных) на предприятиях нефтехимического комплекса РБ, что позволило предложить дорожной отрасли материалы, отличающиеся высокими эксплуатационными характеристиками.

Новые битумы, получившие наименование БНН (битумы нефтяные неокисленные), отличаются от битумов, получаемых по традиционной технологии окисления нефтяных остатков, высокой пластичностью, лучшей адгезией к ми-

неральным материалам, используемым в дорожном строительстве, повышенной устойчивостью к процессам старения. Содержание парафинов в составе битумов не превышает 2 мас. %.

Разработаны и утверждены технические условия «Битумы нефтяные дорожные неокисленные» (ТУ 0256-097-00151807-97). При разработке указанных ТУ за основу были взяты стандарты Швеции (фирма «Nynas») и Финляндии (фирма «Neste»). Этот выбор обусловлен тем, что климатические условия этих стран в наибольшей степени соответствуют условиям II и III климатических зон России, кроме того, битумы именно этих фирм получили наибольшее распространение в странах Европы.

Асфальтобетоны, изготовленные с применением неокисленных битумов, имеют высокие прочностные характеристики и повышенную водостойкость.

Для исследований была выбрана горячая мелкозернистая асфальтобетонная смесь типа «Б», имеющая наиболее широкое применение в дорожном строительстве при устройстве верхних слоев покрытий с оптимальным (5,5%) содержанием битума в ее составе. Приготовленные асфальтобетонные смеси и образцы на их основе были испытаны на соответствие асфальтобетонов ГОСТ 9128-97. Испытания образ-

Таблица 1

Показатели	Требования ГОСТ 9128-97	Показатели для асфальтобетонов, приготовленных с использованием битумов		
		БНД 90/130	БНН 80/120	В-120 (Швеция)
Предел прочности при сжатии, МПа при 50°C при 20°C при 0°C	не менее 0,9	0,92	1,08	1,12
	не менее 2,2	4,2	5,46	5,7
	не более 12	12,2	11,4	10,9
Коэффициент водостойкости	не менее 0,85	0,88	0,98	0,92
Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении	не менее 0,75	0,76	0,9	0,9
Набухание, об. %	не более 1	1,2	0,31	0,46
Водонасыщение, об. %	1,5-4	3,8	1,68	-

Таблица 2

Показатели	БНН 50/80	БНН 80/120	В 50/70 (Финляндия)	В 70/100 (Финляндия)	В 100/150 (Финляндия)	В-85 (Швеция)	В-120 (Швеция)
Пенетрация при 25°C, 0,1 мм	50-80	81-120	50-70	70-100	100-150	70-100	100-145
Температура размягчения, °C	не ниже 46	не ниже 43	46-54	43-51	39-37	не ниже 46	не ниже 41
Растяжимость при 25°C, см	>100	>100	>100	>100	>100	-	-
Температура вспышки, °C	не ниже 220	не ниже 220	>230	>230	>230	215	200
После прогрева при 163°C в течение 5 ч							
Потеря массы, %	не более 0,4	не более 0,4	≤0,5	≤0,5	≤0,8	≤1	≤1
Остаточная пенетрация, %	не менее 70	не менее 70	≥50	≥46	≥43	≥65	≥70
Растяжимость после прогрева при 25°C, см	более 100	более 100	не ниже 25	не ниже 50	не ниже 75	50	75
Температура размягчения, °C	не более 49	не более 46	≥48	≥45	≥41	50	45
Температура хрупкости, °C	-9	-11	≤-8	≤-10	≤-12	-10	-12

цов осуществляли в соответствии с ГОСТ 12801–98.

Свойства опытных образцов асфальтобетонов, полученных с применением различных битумов, в том числе со шведским и финским битумами, приведены в табл. 1, 2.

Как следует из приведенных данных, асфальтобетоны, изготовленные с применением битума БНН, характеризуются высокими прочностными характеристиками и повышенной водостойкостью.

По результатам испытаний опытных образцов можно сделать вывод, что асфальтобетон, приготовленный на неокисленном битуме марки БНН 80/120, удовлетворяет требованиям ГОСТ 9128–97, предъявляемым к асфальтобетону типа «Б» II марки.

Результаты испытаний по определению ресурса прочности образцов при изгибе до разрушения показали, что усталостная долговечность при изгибе лабораторных образцов асфальтобетона с использованием нового битума во всех случаях выше, чем у стандартного асфальтобетона. Это позволяет прогнозировать повышение срока службы таких покрытий как минимум на 15–20 %.

Характерной особенностью асфальтобетона, приготовленного с применением битума марки БНН 80/120, по сравнению со стандартным асфальтобетоном, является его повышенная прочность при 20°C, в том числе и в водонасыщенном состоянии, и при 50°C, а также более высокая водостойкость, в том числе водостойкость при длительном набухании.

Дополнительные испытания асфальтобетона выявили такие его преимущества перед стандартным асфальтобетоном, как двукратное увеличение прочности на растяжение при расколе при 0°C и повышение устойчивости к замораживанию и оттаиванию при переходе через 0°C.

По итогам экспериментальных исследований можно сделать вывод, что применение неокисленных битумов БНН позволяет изготавливать горячий асфальтобетон, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 9128–97 и превосходящий стандартный асфальтобетон на растяжение при 0°C, по усталостным испытаниям при 20°C и –13°C, а также по морозостойкости.

Следует отметить, что результаты исследований успешно приме-

няются на практике. Так, в Республике Башкортостан в 1994 г. с использованием неокисленного дорожного битума был построен опытный участок горной автодороги протяженностью 10 км. За время эксплуатации состояние участка не потребовало проведения ремонтных работ. На примыкающем к нему контрольном участке дороги, построенном в тот же период с теми же инертными материалами, но с использованием обычного окисленного битума, уже через два года был произведен местный ремонт, а в настоящее время необходим его капитальный ремонт.

Промышленный выпуск неокисленных битумов организован на предприятии ОАО «Уфанефтехим». Асфальтобетоны на их основе применяются при ремонте, строительстве и содержании автомобильных дорог ГУП «Башкир-автодор».

Учитывая положительный опыт применения неокисленного битума в Башкортостане (1994–2003 гг.), можно рекомендовать его для опытного внедрения на территории России в II–III-й дорожно-климатических зонах.



ГУП «Башкиравтодор»

Одно из крупнейших дорожно-строительных предприятий России.
Образовано в 1924 г.

На балансе предприятия 24,5 тыс. км автомобильных дорог общего пользования и 1760 мостов общей протяженностью 50,7 км.
Общая стоимость подрядных работ составляет более 2 млрд р/год.

В состав ГУП «Башкиравтодор» входят 60 филиалов:

- дорожно-строительное управление;
- управление производственно-технической комплектации с цехом по производству ЖБИ;
- дорожно-ремонтно-строительные управления в каждом регионе Республики Башкортостан;
- опытный завод «Ремстройдормаш»;
- дом отдыха «Беркут».

Для выполнения производственных задач 97 асфальто-бетонных заводов ежегодно выпускают 1,5 млн т асфальто-бетонной смеси, 23 предприятия занимаются добычей нерудных строительных материалов, в том числе для производства щебня.

ГУП «Башкиравтодор» – надежный партнер!

Республика Башкортостан, 450007 Уфа, ул. Кирова, 128 а
Телефон (3472) 28-16-77; Факс (3472) 28-87-15
E-mail: gup_kanz@bashnet.ru

В.В. ЯКОВЛЕВ, д-р техн. наук (Уфимский государственный нефтяной технический университет)

Кинетика коррозии портландцементного бетона в растворах кислот

Результаты многочисленных натурных исследований, выполненных в различных организациях, показывают, что на промышленных предприятиях наиболее значимые разрушения бетона в жидких агрессивных средах наблюдаются при непосредственном попадании на конструкции полов и фундаментов растворов кислот.

Действующие в настоящее время нормы агрессивности жидких кислотных сред по отношению к бетону разработаны исходя из того, что концентрация агрессивного вещества у поверхности бетона постоянна и равна его содержанию в окружающей среде. Скорость процесса при этом контролируется внутренним массопереносом.

Такое протекание процесса возможно только при бесконечно большой скорости движения агрессивной среды вблизи поверхности бетона, что маловероятно в реальных условиях, когда скорость движения меняется от нуля до некоторой определенной величины. В этом случае уравнение для вычисления глубины коррозии бетона имеет вид [1]

$$L = \sqrt{Kt + h_{np}^2} - h_{np}, \quad (1)$$

где h_{np} – приведенная толщина пограничного слоя жидкости у поверхности бетона, см:

$$h_{np} = 1,06 \frac{D_{1\delta}^*}{D_{1\Gamma}^*} \sqrt{\frac{LD_{1\Gamma}^*}{v_{\infty}}}, \quad (2)$$

где $D_{1\delta}^*$, $D_{1\Gamma}^*$ – эффективные коэффициенты диффузии гидроксида кальция в буферном (прокорродированном) слое бетона и прилегающем грунте соответственно, $\text{см}^2/\text{с}$; l – характерный размер конструкции, обтекаемой агрессивной средой, м; v_{∞} – скорость перемещения среды в грунте, м/с; K – константа скорости диффузии, $\text{см}^2/\text{год}$; t – расчетный срок эксплуатации конструкции, год.

Согласно [2] эффективный коэффициент диффузии D^* может быть выражен через молекулярный D зависимостью вида $D^* = a\Pi_{\text{сб}} D$ ($\Pi_{\text{сб}}$

– сквозная пористость капиллярно-пористого тела; a – коэффициент, характеризующий извилистость капилляров и степень влияния поверхности пор на диффузию вещества). Тогда уравнение (2) можно представить в виде

$$h_{np} \approx 1,06\Pi_{\text{сб}} \sqrt{\frac{LD_1}{\Pi_{\text{сб}} v_{\infty}}}, \quad (3)$$

где $\Pi_{\text{сб}}$ и $\Pi_{\text{сг}}$ – сквозная пористость буферного слоя бетона и грунта соответственно. Если конструкции эксплуатируются в объеме раствора (водоцементной смеси), то $\Pi_{\text{сг}} = 1$; D_1 – молекулярный коэффициент диффузии гидроксида кальция в воде, $\text{см}^2/\text{г}$. При $t = 20^\circ\text{C}$ $D_1 = 1,02 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с} = 0,88 \text{ см}^2/\text{сут}$ [3].

Константа скорости коррозии зависит как от свойств бетона, так и от характеристик агрессивной среды [4]:

$$K = \frac{2D_{2\delta}^* C_{2\infty}}{\mu m_0} \left(1 + \mu \frac{D_{1\delta}^* C_{1\infty}}{D_{2\delta}^* C_{2\infty}} \right), \quad (4)$$

где $D_{2\delta}^*$ – эффективный коэффициент диффузии кислоты в буферном слое бетона, $\text{см}^2/\text{с}$; $C_{2\infty}$ – концентрация кислоты в грунтовой воде, $\text{г}/\text{см}^3$; $C_{1\infty}$ – растворимость гидроксида кальция в поровой жидкости бетона, $\text{г}/\text{см}^2$; m_0 – реакционная емкость бетона, $\text{г}/\text{см}^2$. Если наполнитель в бетоне инертен к кислоте, например кварцевый песок, тогда $m_0 = \beta G_{\text{ц}}$ ($G_{\text{ц}}$ – расход цемента, $\text{кг}/\text{см}^3$; β – массовая доля оксида кальция в цементе); μ – стехиометрическое число, учитывающее количество кислоты, нейтрализуемое единицей массы гидроксида кальция.

Принимая в первом приближении, что сквозная пористость прямо пропорциональна общей пористости, то есть $\Pi_{\text{сб}} = \Pi_2 \cdot \text{const}$, получим для K

$$K = K_0 \Pi_2 \frac{\rho_{\text{ц}}}{G_{\text{ц}}}, \quad (5)$$

где $\rho_{\text{ц}}$ – плотность цемента, $\text{г}/\text{см}^3$; K_0 – условная константа коррозии, которая не зависит от параметров структуры бетона:

$$K_0 = \frac{D_2 C_{2\infty}}{\mu \beta \rho_{\text{ц}}} \left(1 + \mu \frac{C_{1\infty} D_1}{C_{2\infty} D_2} \right) \text{const}, \quad (6)$$

где D_2 – молекулярный коэффициент диффузии кислот в воде. Для со-

ляной кислоты при $t = 20^\circ\text{C}$ $D_2 = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$ [3].

При условии $C_{2\infty} \gg C_{1\infty}$ уравнение (6) принимает вид:

$$K_0 = \frac{D_2 C_{2\infty} \text{const}}{\mu \beta \rho_{\text{ц}}}, \quad (7)$$

а при $C_{1\infty} \gg C_{2\infty}$ константа скорости коррозионного процесса постоянна и не зависит от концентрации кислоты (коррозия бетона I вида по классификации проф. В.М. Москвина).

График зависимости $K_0 = f(C_{2\infty})$ в диапазоне рН менее 2 представляет собой прямую, пересекающую ось координат под углом 45° , а в интервале рН = 4–7 – прямую, параллельную оси абсцисс.

Структура бетона зависит от его состава (расхода цемента и водоцементного отношения (W) и степени уплотнения бетонной смеси (k_y). Пористость бетона после его затвердевания равна

$$\Pi_1 = (1 - k_y) \frac{G_{\text{ц}}}{\rho_{\text{ц}}} \left[W \frac{\rho_{\text{ц}}}{\rho_{\text{в}}} - \Theta(\delta - 1) \right], \quad (8)$$

а пористость прокорродированного (буферного) слоя

$$\Pi_2 = (1 - k_y) \frac{G_{\text{ц}}}{\rho_{\text{ц}}} \left[W \frac{\rho_{\text{ц}}}{\rho_{\text{в}}} - \Theta(\delta - 1)(1 - \beta) + \beta \right], \quad (9)$$

где $\rho_{\text{в}}$ – плотность воды, $\text{г}/\text{см}^3$; Θ – степень гидратации цемента; δ – коэффициент увеличения объема минералов цементного клинкера при их гидратации.

Значения коэффициентов в уравнении (9) изменяются в пределах $\delta = 1,5-1,6$; $\beta = 0,6-0,8$; $\Theta = 0,6-0,8$ [5]. Тогда приближенно

$$K = K_0 \left[(1 - k_y) \frac{\rho_{\text{ц}}}{G_{\text{ц}}} + W \frac{\rho_{\text{ц}}}{\rho_{\text{в}}} + 0,5 \right]. \quad (10)$$

Из (10) следует, что скорость коррозии в значительной степени зависит от плотности бетона, которая определяется значениями параметров k_y и W . Зависимость скорости коррозии от содержания цемента в бетоне ощутима только в случае недостаточного уплотнения смеси. Если значение k_y близко к единице, то влиянием этого фактора можно пренебречь.

Проверка полученных уравнений осуществлялась в проходящем

№	$G_{ц}$, кг/м ³	W	k_y	t , сут	L , см	K_2 , см ² /год
1	1400 (ц.к.)	0,4	0,97	80 160	0,48 0,82	4
2	915 (Ц:П = 1:1)	0,4	0,96	80 160	0,48 0,82	4
3	680 (Ц:П = 1:2)	0,4	0,93	40 80	0,41 0,59	5,1
4	540 (Ц:П = 1:3)	0,4	0,9	80	0,71	6,6

токе агрессивного раствора по методике, разработанной в БашНИИСтрое [6] и НИИЖБ [7]. По экспериментальным данным вычислялась константа скорости коррозионного процесса K . Эксперименты проводились на образцах цементного камня и цементно-песчаного раствора размерами 3×3×3 см.

Результаты расчетов при воздействии на цементный камень с различным W растворов соляной кислоты представлены на рис. 1.

При $k_y \approx 1$, а именно такому значению соответствует коэффициент уплотнения при формировании образцов из цементного теста с $W \geq 0,3$, зависимость $K = f(W)$ согласно (10) представляет прямую, пересекающую ось абсцисс в точке с координатой $0,5/\rho_{ц}$. Это условие вполне удовлетворяется, то есть уравнение (10) достаточно хорошо описывает процесс и может быть использовано для дальнейших расчетов.

Из данных, приведенных на рис. 1, по формуле (10) легко определить значение константы K_0 . Оказалось, что для различных значений pH агрессивной среды отношение K/K_0 есть величина постоянная и зависит только от водоцементного отношения смеси.

Анализ формулы (10) приводит к выводу, что скорость коррозии хорошо уплотненного бетона ($k_y \approx 1$) в растворах кислот не зависит от расхода цемента в бетоне. Это объясняется тем, что с одной стороны, повышение расхода цемента приводит к возрастанию пористости буферного слоя (P_2) и к увеличению эффективного коэффициента диффузии кислоты в этом слое, то есть к ускорению процесса коррозии. С другой стороны, повышенный расход цемента увеличивает реакционную емкость бетона и приводит к замедлению скорости коррозии. Эти факторы взаимно компенсируют друг друга.

Для проверки этого положения были выполнены эксперименты по изучению кинетики коррозии цементного камня и цементно-песчаного раствора в соляной кислоте. На рис. 2 (кривая 1) представлены результаты изменения глубины коррозии цементного камня и раствора с одинаковым водоцемент-

ным отношением и коэффициентом уплотнения, близким к единице ($k_y = 0,96-0,97$) в зависимости от времени воздействия кислоты.

Как видно, в начальный период функция нелинейна, что свидетельствует о кинетическом или смешанном механизме процесса в этот период времени. В дальнейшем при наступлении диффузионного механизма зависимость приближается к линейной. Значение константы K при данных условиях эксперимента одинаково как для цементного камня, так и для цементно-песчаного раствора и равно ~ 4 см²/год.

Если коэффициент уплотнения отличен от единицы, при уменьшении расхода цемента в соответствии с (10) скорость коррозии бетона в кислоте будет возрастать. Эта зависимость будет тем ярче выражена, чем меньше коэффициент уплотнения смеси. Экспериментальные данные по изучению влияния расхода цемента при $k_y < 1$ приведены на рис. 2 (кривые 2 и 3).

В таблице представлены результаты расчетов константы скорости коррозии цементного камня и цементно-песчаного раствора, выполненные по полученным экспериментальным данным ($h_{пр} = 0,7$ см вычислена по данным рис. 3, pH = 1).

Как следует из результатов, скорость коррозии бетона с воздухововлечением зависит от расхода цемента. На практике бетоны в большинстве случаев имеют вовлеченный воздух, и значения параметров k_y и $G_{ц}$ необходимо учитывать при прогнозировании развития коррозионного процесса.

Влияние интенсивности обмена агрессивной среды у поверхности бетона изучалось при различной скорости пропускания кислоты через емкость с образцами. Были получены кинетические кривые $L=f(t)$ (рис. 3). Увеличение скорости обмена среды у поверхности образцов влияет на продолжительность периода кинетического механизма коррозии до наступления диффузионного механизма. Значение константы коррозии на стадии диффузионного механизма не зависит от скорости перемещения среды и равно при данных условиях эксперимента ~ 15 см²/год.

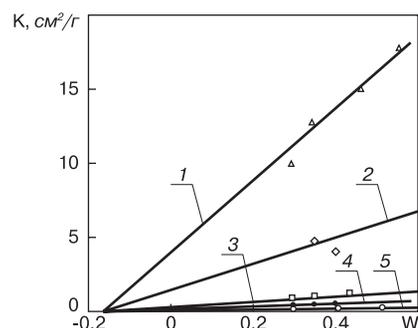


Рис. 1. Зависимость константы скорости коррозии цементного камня в растворах HCl от водоцементного отношения: 1 – pH 0,5; 2 – pH 1; 3 – pH 1,6; 4 – pH 2; 5 – pH 3

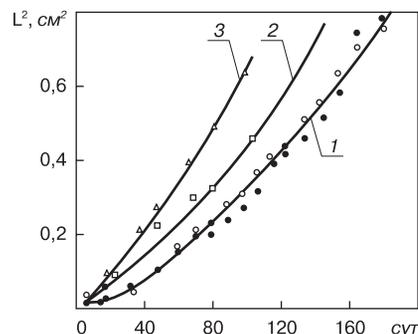


Рис. 2. Зависимость глубины коррозии цементного камня и цементно-песчаного раствора от времени при различном расходе цемента и различных коэффициентах уплотнения смеси. Агрессивная среда – 0,1N HCl (pH 1): 1 – цементный камень $W=0,4$, $G_{ц}=1400$ кг/м³; $k_y=0,97$; 2 – цементно-песчаный раствор Ц:П=1:1, $W=0,4$, $G_{ц}=915$ кг/м³; $k_y=0,96$; 3 – Ц:П=1:2, $W=0,4$, $G_{ц}=680$ кг/м³; $k_y=0,925$; 4 – Ц:П=1:3; $W=0,4$; $G_{ц}=540$ кг/м³; $k_y=0,9$

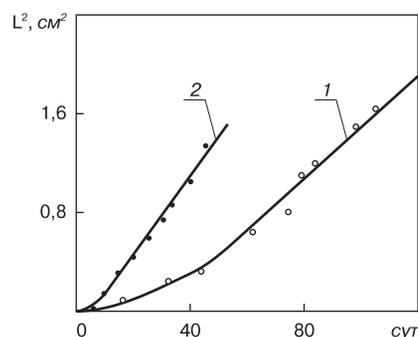


Рис. 3. Кинетика коррозии цементного камня ($W=0,3$) в соляной кислоте (pH=0,5) при различной скорости протекания раствора: 1 – 60 см/сут; 2 – 590 см/сут

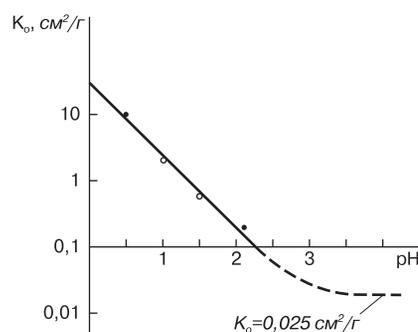


Рис. 4. Зависимость константы K_0 от концентрации соляной кислоты

Влияние температуры на скорость коррозии бетона в кислотах подробно исследовалось в работе [8]. Энергия активации процесса коррозии E в интервале $T = 278\text{--}318^\circ\text{K}$ для HCl и HNO_3 составила $15\text{--}16$ кДж/моль. Если известно значение константы K_0 при нормальной температуре, можно рассчитать константу процесса для любой температуры в указанном интервале

$$\frac{K_{0T_1}}{K_{0T_2}} = \exp\left[-\frac{E}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)\right], \quad (11)$$

где $R = 8,314$ Дж/моль·град – газовая постоянная; K_{0T_1} и K_{0T_2} – значения константы K_0 при T_1 и T_2 .

Оценочные расчеты по (11) показывают, что при изменении температуры среды от 5 до 50°C константа скорости коррозионного процесса изменится в $2,8$ раза. Таким изменением пренебрегать нельзя, однако в действующих строительных нормах этот фактор не учитывается.

Для прогнозирования глубины коррозионного поражения портландцементного бетона необходимо знать значение константы K_0 . С этой целью была проведена серия экспериментов по определению глубины поражения цементного камня в соляной кислоте различной концентрации ($\text{pH} = 0,5\text{--}3$). Результаты расчетов по (10) константы K_0 по данным этой серии экспериментов приведены на рис. 4.

Как видно из рисунка, в интервале pH среды $0,5\text{--}2$ наблюдается линейная зависимость $K_0 = f(C_{2\text{э}})$. При более высоком значении pH эта зависимость нарушается. Начиная с $\text{pH} = 2,5$ значе-

ния константы скорости коррозии стремятся к значению K_0 для дистиллированной воды, равной примерно $0,025$ см²/год.

Мы рассмотрели все аспекты, связанные с достаточно строгим расчетом скорости коррозии бетона в растворах кислот, на основании которого можно реально оценить опасность коррозии и выбрать оптимальный способ антикоррозионной защиты конструкций.

Для компенсации принятых допущений в (2) вводится коэффициент запаса $\eta = 1,2$.

Все приведенные выше экспериментальные данные получены при воздействии на бетон соляной кислоты. Полученные зависимости будут справедливы и при воздействии других кислот. При этом величина константы K будет изменяться от значения K для соляной кислоты на величину отличия коэффициента диффузии.

Предложенный метод расчета коррозионной стойкости позволяет более точно оценить опасность коррозионного воздействия жидкой кислотной среды на портландцементный бетон, чем это принято в настоящее время в действующих нормах, а также в зависимости от свойств бетона, характеристик среды, условий эксплуатации, массивности конструкций и заданного срока эксплуатации выбрать оптимальный способ и материалы противокоррозионной защиты.

Список литературы

1. Яковлев В.В. О некоторых особенностях механизма коррозии бетона в жидких средах // Сб. «Долговечность и защита конструкций

от коррозии». Мат-лы междунар. конф. М., 1999. С. 87–91.

2. Товбина З.М. Диффузия йода в капиллярах силикагеля // Украинский химический журнал. Т. XXXIV. Вып. 1. 1968. С. 20–25.
3. Нестеровская И.А. Определение коэффициента диффузии агрессивных жидкостей // Сб. трудов БашНИИСтроя «Строительство предприятий нефтепереработки и нефтехимии». Вып. IX. М.: Стройиздат. 1969. С. 275–281.
4. Полак А.Ф., Гельфман Г.Н., Яковлев В.В. Антикоррозионная защита строительных конструкций на химических и нефтехимических предприятиях. Уфа: Башкиргиздат. 1980. 80 с.
5. Меркулов Ю.И., Драган Ю.Ф., Кучеров С.Е. О взаимосвязи между степенью гидратации и структурой цементного теста // Гидратация и твердение вяжущих. Тез. докл. Всесоюз. совещ. 1978. Уфа. С. 293–295.
6. Полак А.Ф., Гельфман Г.Н., Оратовская А.А. Методика определения агрессивности жидких кислотных сред по отношению к бетону // Бетон и железобетон. № 4. 1969. С. 28–30.
7. Руководство по определению скорости коррозии цементного камня, раствора и бетона в жидких агрессивных средах. М.: Стройиздат. 1975. 32 с.
8. Полак А.Ф., Оратовская А.А., Хуснутдинов Р.Ф. Влияние температуры на процесс коррозии бетона в растворах соляной кислоты // Труды НИИПромСтроя. 1974. Вып. 12. С. 256–260.



11 ноября 2003 г., Санкт-Петербург

Комитет по содержанию жилищного фонда Администрации Санкт-Петербурга и Петербургский строительный центр

Приглашают на семинар-совещание по теме «Биоразрушение строительных конструкций и инженерного оборудования жилых домов, современные технологии защиты».

Основная тематика семинара-совещания:

- защитные материалы и технологии для строительных конструкций и инженерного оборудования зданий и сооружений;
- инженерная подготовка территории под строительство, включая водоотведение и водоснабжение;
- применение вытяжной вентиляции в зданиях и сооружениях;
- гидроизоляция подвалов и кровли;
- использование современных материалов и конструкций для защиты фасадов зданий и сооружений.

На семинар-совещание будут приглашены представители Комитета по строительству Санкт-Петербурга, администраций районов города, представители районных жилищных агентств, а также строительных и проектных организаций, связанных с монтажом систем и технологий, инженерных коммуникаций и конструкций, фирмы-поставщики материалов, технологий, предотвращающих возникновение причин биологического разрушения, компании, ведущие разработки в области биоразрушения, экспертные экологические лаборатории.

Место проведения:

Санкт-Петербург, пл. Островского 11 (ст. метро «Гостинный Двор»), Зал инвестиционных проектов

Оргкомитет:

Телефон/факс: (812) 431-09-60, 431-09-61, 431-09-62, 431-09-65

Контактные лица: Елена Попова, Светлана Кравец



Российская неделя сухих строительных смесей

Ежегодно с 1999 г. в Санкт-Петербурге проходит главное событие в отрасли производства сухих строительных смесей – Российская неделя сухих строительных смесей. В рамки мероприятия, которое состоится 1–5 декабря 2003 г., входит Международная научно-техническая конференция «Современные технологии сухих смесей в строительстве MixBUILD», Международная специализированная выставка «Сухие смеси, бетоны и растворы EXPOMix-2003».

Среди участников форума «сухосмесников» представители различных регионов России от Калининграда до Сахалина, производители Казахстана, Белоруссии, Узбекистана, Украины, а также специалисты фирм – поставщиков добавок и оборудования из Австрии, Швейцарии, Швеции, Италии, Германии, Франции, Финляндии, Польши, Нидерландов и др.

В этом году конференция «Современные технологии сухих смесей в строительстве MixBUILD» будет проводиться уже пятый раз. За это время многие фирмы – участницы первой конференции превратились из новичков, осваивающих первые ступени в области модифицирования составов, в высокоавтоматизированные производства с широкой гаммой продукции, реализующейся в различных регионах России. Теперь более 200 фирм, занятых на рынке сухих строительных смесей, бетонов и растворов, собираются на конференции, чтобы обсудить актуальные технологические проблемы, вопросы нормативной базы, узнать о новинках в области оборудования и приборов. Среди них подавляющее большинство составляют российские и зарубежные производители сухих строительных смесей и строительных

материалов; компании – производители сырья и оборудования для производства ССС (см. диаграмму).

Каждый год организаторы конференции чутко реагируют на тенденции изменения потребностей молодой отрасли ССС. В настоящее время, когда проблема организации производства смесей при соответствующем финансировании решается достаточно легко, возникает серьезная проблема внедрения механизированных технологий применения ССС на строительных объектах. Этот процесс неразрывно связан с использованием мобильных silosов ССС и высокопроизводительных штукатурных агрегатов, рассчитанных на работу с модифицированными составами. В 2003 г. участники мероприятия смогут познакомиться с механизированными технологиями переработки сухих строительных

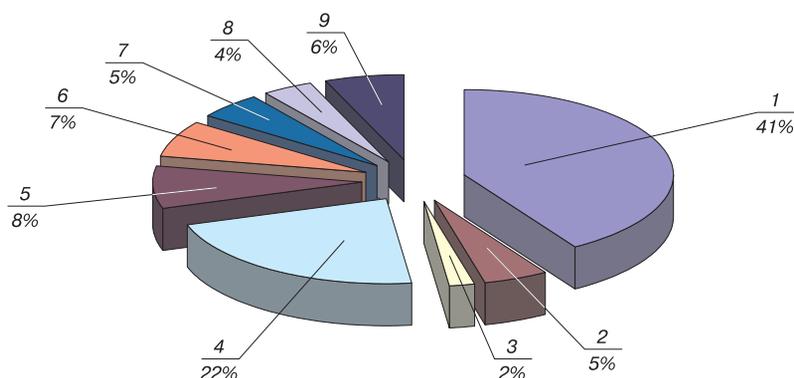
смесей отечественного и зарубежного производства. Доклады специалистов будут сопровождаться натурной демонстрацией.

Одновременно с конференцией будет проходить 4-я Международная специализированная выставка «Сухие смеси, бетоны и растворы EXPOMix-2003». Уже сейчас можно с уверенностью сказать, что в этом году выставка выходит на новый уровень. Значительно увеличилось количество участников выставки. Свою продукцию представят не только известные российские и зарубежные производители сухих строительных смесей, поставщики химического сырья и многофункциональных добавок. Новейшее лабораторное оборудование для проведения точных измерений, техника и оборудование для производства, переработки, нанесения и упаковки сухих строительных смесей, специализированная пресса – вот неполный перечень того, что будет представлено на EXPOMix-2003.

После насыщенной деловой программы участникам конференции будет предложена широкая культурная программа, посвященная пятилетию конференции MixBUILD.

Оргкомитет – академический научно-технический центр «Алит» Петербургского государственного университета путей сообщения приглашает принять участие в работе Российской недели сухих строительных смесей.

Заказать пригласительные билеты на выставку можно на официальном сайте выставки www.dry-mix.ru.



Сфера деятельности компаний – участниц MixBUILD-2002

1 – Производство сухих строительных смесей; 2 – сырье и добавки для сухих строительных смесей; 3 – производство упаковки; 4 – производство строительных материалов; 5 – производство оборудования; 6 – строительство; 7 – научно-исследовательская деятельность; 8 – высшие учебные заведения; 9 – другое

MixBUILD

2003

EXPOMix

Россия, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9, ПГУПС, АНТЦ «АЛИТ»

Телефон/факс оргкомитета: (812) 380 65 72, 103-71-85

E-mail: mixbuild@mail.lanck.net

Стойкость бетона и железобетона в емкостных сооружениях водоочистки

В системе канализования крупных городов одно из ключевых положений занимают городские очистные сооружения канализации (ГОСК), включающие аэротенки с емкостями первичных и вторичных отстойников. В России основной парк этой группы сооружений был возведен в 60–80-е годы XX в. в сборном и сборно-монолитном варианте. На ГОСК Уфы в настоящее время работают два блока размерами в плане 150×150 м и высотой 5 м каждый. Блок № 1 построен в 1974 г., блок № 2 – в 1985 г. В связи с перегрузением этих сооружений, а также с учетом перспективы увеличения объема сточных вод в середине 90-х годов XX в. было начато строительство блоков № 3 и № 4. В настоящее время для Уфы остро стоит вопрос о завершении строительства и пуске в эксплуатацию этих объектов.

В 2003 г. специалистами УГНТУ и МУП «Уфаводоканал» было проведено комплексное обследование технического состояния конструкций блока № 1 с целью решения следующих задач:

- определение степени физического износа конструкций объекта после

длительного срока его безремонтной эксплуатации ($T_3=29$ лет);

- разработка мероприятий по капитальному ремонту и усилению поврежденных конструкций для обеспечения безаварийной работы сооружения до нормативного срока службы ($T_n=50$ лет), то есть на период не менее 21 года;
- выявление характерных дефектов и повреждений конструкций сооружения после длительной эксплуатации, с тем чтобы учесть их при завершении строительства емкостей блоков № 3 и № 4.

Основанием для экстраполяции данных по стойкости бетона и железобетона с емкостей блока № 1 на вновь строящиеся сооружения блоков № 3 и № 4 стали следующие рассуждения:

- материалы обследования блока № 1 являются фактически результатами длительного натурального эксперимента, учитывающего многообразие неблагоприятных факторов эксплуатационной среды и их взаимное влияние, что практически невозможно смоделировать в лабораторных условиях;

– параметры эксплуатационной среды (газовоздушной фазы и сточных вод), а следовательно, и ее агрессивность являются достаточно стабильными для региона;

- конструкции блоков № 1, № 3 и № 4 изготовлены в Башкирии на местной сырьевой базе, то есть бетон как по химико-минералогическому составу цементного камня, так и по структуре (пористость, состояние контактной зоны «цементный камень – заполнитель») имеет близкие характеристики.

Работы по обследованию были проведены как снаружи, так и внутри сооружения. К первой категории конструкций относятся те, которые являются доступными для обследования даже при заполненных емкостях, то есть в эксплуатационном режиме объекта. Это надводные конструкции, а также конструкции расположенных по периметру сооружения полузаглубленных каналов-коридоров, предназначенных для размещения технологического оборудования и контроля за протечками в наружных стенах емкостей. Возможность

Таблица 1

Группа конструкций	Вид конструкций	Вид агрессивного воздействия	Тип коррозии бетона
I	Фундаменты, днище, расположенные ниже уровня сточных вод панели стен, колонны, консоли колонн	Слабоминерализованная вода, обогащенная растворенным кислородом и сероводородом	1. Коррозия бетона I вида (выщелачивание – вымывание гидроксида кальция из бетона) 2. Коррозия бетона II вида (обменные реакции компонентов цементного камня и сточных вод)
II	Плиты-мостики, части стен и консолей колонн, расположенные выше уровня сточных вод	1. Разрушение бетона из-за кристаллизации солей в порах бетона, обусловленное капиллярным подсосом сточных вод и испарением воды на открытых поверхностях конструкций 2. Коррозия арматуры железобетона из-за нейтрализации защитного слоя бетона, вызванного его карбонизацией 3. Разрушение бетона из-за воздействия сероводорода с образованием нерастворимых солей 4. Действие отрицательных температур	1. Коррозия бетона III вида (солевая коррозия) 2. Газовая коррозия железобетона (коррозия карбонизации) 3. Химическая коррозия III вида 4. Морозное разрушение бетона

Место отбора пробы	Элемент конструкции	Глубина нейтрализации, мм	Прочность при сжатии, МПа	Водопоглощение, мас. %
Выше уровня жидкости	Плита-мостик	5–7	>30	7,6
	Панель-перегородка	4–7	>30	6,7
	Консоль колонны	2–5	>30	7,2
Ниже уровня жидкости	Консоль колонны	1,5–3	>30	6,7
	Колонна	2–4	>30	9
	Панель-перегородка	0,4–1	>30	6,7
	Торкрет	0,6–1	>20	12,7

обследования состояния конструкций, расположенных ниже уровня сточных вод, представилась в связи с кратковременным опорожнением одного из четырех аэротенков блока № 1 для замены в нем технологического оборудования.

Блок емкостей № 1 состоит из четырех идентичных секций, причем каждая секция включает в себя первичный и вторичный отстойники и собственно аэротенк. Аэротенки блока емкостей № 1 по принципу очистки сточных вод являются типовыми четырехкоридорными аэротенками-смесителями, представляющими собой открытое прямоугольное емкостное сооружение, выполненное из сборно-монолитных тонкостенных железобетонных конструкций. Днище, стыки между стеновыми панелями, а также участки стен в углах выполнены из монолитного железобетона. Основными конструктивными элементами аэротенков и отстойников являются плоские стеновые панели двух типов: вертикально расположенные консольные стеновые панели наружных стен и горизонтально расположенные самонесущие стеновые панели внутренних стен-перегородок.

По условиям эксплуатации бетонные и железобетонные конструкции аэротенков могут быть разделены на две группы, для которых характерны определенные виды агрессивного воздействия (табл. 1).

Анализ архивных данных химической лаборатории ГОСК показывает, что сточные воды имеют практически нейтральную реакцию и представляют собой слабоминерализованный многокомпонентный раствор, а наиболее агрессивными к бетону и железобетону веществами являются сульфаты и хлориды. В 80-х годах прошлого века сточные воды по содержанию сульфатов являлись слабоагрессивными по отношению к бетону на обычном цементе с маркой по водонепроницаемости W4–W6 [1]. Однако необходимо учитывать возможность повышения концентрации этих ионов в надводной части конструкций за счет испарения воды в летний период. Кроме того, в сточных водах имеются достаточно высокие концентрации ионов цветных металлов, сульфаты которых обладают высокой агрессивностью к бетону.

В газовой среде цементный камень бетона подвержен перерождению на значительно большую глубину, чем в жидкой среде, о чем свидетельствуют многочисленные разрушения защитного слоя бетона и обнажение арматуры надводной части железобетонных конструкций (табл. 2). Коррозия бетона в газо-

воздушной среде аэротенка вызвана комплексным воздействием следующих факторов: непосредственным химическим воздействием сероводорода, коррозией карбонизации, солевой коррозией, микробиологической коррозией.

Поскольку наблюдается лишь незначительное снижение прочности поверхностного нейтрализованного слоя бетона по сравнению с бетоном внутренних слоев, то, вероятно, в наибольшей степени на надводную часть конструкций происходит совместное воздействие лишь первых трех разрушающих бетон факторов, а микробиологическая коррозия не проявляется в явном виде из-за пониженной концентрации сероводорода в газовой среде.

К числу наиболее характерных дефектов и повреждений строительных конструкций сооружения относятся следующие:

- нейтрализация и разрушение защитного слоя бетона железобетонных конструкций, расположенных выше уровня налива сточных вод (плит-мостиков, консолей колонн и панелей-перегородок);
- коррозионные повреждения конструктивной и частично рабочей арматуры в железобетонных конструкциях, расположенных выше уровня налива сточных вод (в плитах-мостиках и консолях колонн);
- дефекты строительства, допущенные при монтаже железобетонных конструкций (малая глубина заземления панелей-перегородок);
- образование трещин и сколов в конструкциях панелей-перегородок и колонн;
- обрушение 5% железобетонных панелей-перегородок вследствие механического воздействия и коррозионного износа;
- образование трещин и сколов в слое торкрет-бетона, а также его разрушение на 70% площади стен;

– коррозия закладных деталей и других металлических элементов в зоне действия паровоздушной среды;

– образование трещин в местах стыков наружных стеновых панелей и в углах аэротенка.

Обследование емкостей показало, что 13% плит-мостиков и 5% консолей колонн находятся в предаварийном состоянии.

Наиболее слабым местом аэротенков и отстойников являются стыки железобетонных конструкций наружных стеновых панелей, как угловых, так и рядовых, разгерметизация которых приводит к прониканию сточных вод за пределы сооружения и нарушению экологической безопасности сооружения.

Повреждения конструкций полуглубленных каналов-коридоров, расположенных по периметру емкостей, обусловлены глубокой карбонизацией бетона и вызванной этим коррозией арматуры: более 4% ребристых плит покрытия требуется заменить, а около 11% – капитально отремонтировать или усилить.

Выполненные оценочные расчеты по прогнозу долговечности железобетонных конструкций свидетельствуют об относительно малой скорости коррозии бетона и железобетона [2]. При условии выполнения ремонтно-восстановительных работ действующие аэротенки имеют резерв по долговечности сроком не менее 30 лет.

Список литературы

1. СНиП 2.03.11–85. Защита строительных конструкций от коррозии // Госстрой СССР. М.: ЦИТП Госстроя СССР. 1986. 46 с.
2. Комохов П.Г., Латыпов В.М., Латыпова Т.В., Ваганов Р.Ф. Долговечность бетона и железобетона. Приложения методов математического моделирования с учетом ингибирующих свойств цементной матрицы. Уфа: Белая река. 1998. 216 с.

Современные ингибиторы коррозии на основе гетероциклических соединений

Защите металлов ингибиторами коррозии (ИК) во многих случаях не существует альтернативы как по соображениям, связанным с природой и особенностями коррозии металла в конкретных ситуациях, так и из-за относительной сложности реализации других технологий.

Однако остается недостаточно изученной проблема создания эффективных ИК для защиты металлов в условиях коррозии под напряжением (механохимическая коррозия [1]), мало исследованы их защитные свойства и механизмы действия. Испытания ингибиторов проводятся либо в статических условиях, либо при действии определенного вида усилий, например изгибающих, растягивающих, сжимающих и т. п. В результате при более сложном напряженно-деформированном состоянии металла, характерном для действующего оборудования различного профиля, эффективность ингибиторов может существенно снижаться. Игнорирование механохимического фактора негативно сказывается и на изучении механизмов их защиты.

Актуальными являются исследования в области теории и методологии создания ИК, проявляющих высокую эффективность при действии на металл механических нагрузок различной природы.

Многие гетероорганические соединения нефтехимии, включая полупродукты и отходы различных производств, наряду с относительно невысокой стоимостью обладают комплексом физико-химических свойств (значительная молекулярная масса, большое количество свободных валентных электронов, высокий дипольный момент, наличие активных центров адсорбции), присущих лучшим ингибиторам, что определяет также актуальность исследования возможности их применения в качестве сырья для производства ингибиторов коррозии под напряжением.

Наиболее последовательно влияние механохимического фактора рассмотрено Э. Гутманом [1] на примере замещенных 1,3-диоксанов, которые значительно замедляют растворение стали в водном растворе H_2SO_4 . Это объясняется их способностью образовывать на металле эластичную адсорбционную пленку, не теряющую сплошность при воздействии растягивающих и сжимающих нагрузок.

Основными факторами, учитываемыми обычно [2, 3] при разработке и исследовании ингибиторов, являются:

- строение и свойства органического соединения;
- характер его взаимодействия с металлической поверхностью;
- состав и специфика контакта коррозионной среды с защищаемым объектом.

До настоящего времени не установлено однозначной зависимости между различными характеристиками этих факторов и защитной эффективностью ингибиторов коррозии.

При действии на металл механических нагрузок существенно повышаются свободная энергия и химический потенциал его поверхности, что должно способствовать ее более активному взаимодействию с молекулами ингибитора [1]. С другой стороны, образующаяся на поверхности пленка ингибитора при приложении к ме-

таллу нагрузок, особенно циклических, более склонна к потере сплошности и разрушению, чем в статических условиях. При наличии на поверхности пленок продуктов коррозии (оксидов, гидроксидов, сульфидов и др.) и отложений вероятность потери пленкой ингибитора сплошности значительно возрастает, поскольку последняя начинает зависеть от характера изменения структуры пленок продуктов коррозии и их адгезии к металлу в процессе нагружения. Кроме того, на механически активируемой поверхности может изменяться результат конкуренции адсорбции частиц коррозионной среды и молекул ингибитора, что также непременно скажется на его эффективности. Следовательно, механические напряжения оказывают существенное влияние на взаимодействие металла оборудования с молекулами ингибитора и защитные свойства его пленки, поэтому очевидна необходимость учета этого влияния при создании ингибиторов и исследовании их свойств [2, 3].

Теоретическими критериями создания ингибиторов коррозии под напряжением могут служить количественные и качественные показатели их адсорбируемости на металлической подложке и характер их влияния на кинетику электродных реакций в совокупности с данными коррозионно-механических испытаний, проведенными в ингибированных коррозионных средах при действии на металл нагрузок.

В последнее время для получения ингибиторов все чаще используют полупродукты и отходы различных производств [4]. В этой связи представляется перспективным применение продуктов нефтехимии, включая полупродукты и отходы нефтехимических производств, для создания новых относительно недорогих ИК.

Исследования проводили на образцах из низкоуглеродистой стали Ст 3, углеродистой качественной стали 20 и низколегированной стали 17Г1С, широко используемых для строительства объектов нефтегазового комплекса. В качестве коррозионных сред применяли модельные и натурные среды. Расчетные и лабораторные методы подробно изложены в [2, 3].

В качестве экспериментальных проб использовали индивидуальные гетероорганические соединения нефтехимии класса ацеталей и их аналогов, в том числе содержащих фурановый цикл, а также некоторые другие вещества.

Анализ изотерм адсорбции некоторых простых эфиров 1,3-диоксолана по критерию Б.И. Подловченко и Б.Б. Дамаскина [5] показал, что они могут быть описаны уравнением Темкина. Следовательно, связь «металл – соединение» имеет хемосорбционную природу, а адсорбция – мономолекулярный характер и является практически необратимой.

Изотермы адсорбции азотсодержащих гетероаналогов описываются уравнением Фрумкина. Положительное значение аттракционной постоянной характеризует притягательное взаимодействие молекул соединений в адсорбированном слое. При этом происходит мономолекулярное заполнение поверхности.

При оценке влияния различных факторов на общее торможение коррозионного процесса ингибиторами установлено [6], что в первом приближении наиболее

значительными являются блокировочный и энергетический эффекты. Блокировочный эффект заключается в уменьшении свободной доли поверхности металла, на которой протекает коррозия. При энергетическом, или ψ_1 -эффекте изменяются строение двойного электрического слоя на границе «металл – коррозионная среда» и величина ψ_1 -потенциала.

Согласно [6] о механизме торможения коррозионного процесса можно судить, сопоставляя величины степени защиты Z , логарифма коэффициента торможения γ и $\lg[\gamma(1 - \theta)]$ от θ , где θ – степень заполнения поверхности металла ингибитором.

При блокировочном, энергетическом и смешанном (одновременном проявлении блокировочного и энергетического эффектов) эффектах торможения наблюдаются линейные зависимости Z от θ , $\lg \gamma$ от θ , и $\lg[\gamma(1 - \theta)]$ от θ соответственно. Исследования показали, что при защите стали некоторыми эфирами 1,3-диоксолана степень защиты Z и θ связаны линейно, что свидетельствует о проявлении блокировочного эффекта. В случае применения азотсодержащих гетероаналогов $\lg[\gamma(1 - \theta)]$ линейно зависит от θ , то есть одновременно имеют место блокировочный и энергетический эффекты.

С целью разработки корректного механизма защитного действия данной серии соединений был также проведен расчет квантово-химических параметров их молекул [7, 8]. В качестве предполагаемых индексов защитной способности (ИЗС) рассматривали величины зарядов на атомах, потенциалы ионизации молекул, энергии низших свободных молекулярных орбиталей, количество атомов в молекуле, количество валентных электронов, дипольный момент и суммарные заряды на заместителях. Выявление значимых ИЗС проводили при помощи метода группового учета аргументов (МГУА) [9]. Квантово-химические расчеты позволили установить, что наибольшее влияние на степень защиты ингибитора оказывают дипольный момент, количество атомов в молекуле и число валентных электронов.

Полученные результаты позволяют достаточно обоснованно судить о механизмах действия исследованных соединений. Их высокие защитные свойства обусловлены способностью к образованию на поверхности металла эластичных адсорбционных пленок, хорошо выдерживающих воздействие различного рода нагрузок.

Адсорбционными центрами ненасыщенных соединений являются атомы кислорода диоксоланового (тетрагидрофуранового) кольца и π -связи с подвижными электронами. При адсорбции этих соединений возникает донорно-акцепторная связь между гетероатомами кольца и вакансиями в d -зоне металла. Возможен также переход электронов металла на вакантные орбитали связей $C = C$. Образующийся в ходе этих процессов адсорбционный слой экранирует поверхность стали.

При адсорбции алкиловых эфиров 4-гидроксиметил-1,3-диоксолана также образуется донорно-акцепторная связь между атомами кислорода диоксоланового кольца и металла. Вероятно, определенную роль при этом играет и кулоновское взаимодействие алкильной группы с отрицательно заряженной поверхностью стали. Адсорбируемость и защитные свойства данных соединений возрастают в ряду $C_4 - C_{10}$. Дальнейшее увеличение длины алкильного заместителя приводит к ухудшению защитных свойств соединений, что можно связать с различными стерическими эффектами. Углеводородные радикалы, направленные в сторону раствора, отталкивают активные частицы среды от поверхности стали. При этом также гасятся турбулентные потоки. Наряду с гидрофобностью обеспечивается и экранирование значительных участков поверхности.

Защитные свойства азотсодержащих соединений обусловлены проявлением эффекта внутримолекуляр-

ного синергизма. При адсорбции молекул этих соединений часть из них может адсорбироваться за счет атомов кислорода диоксоланового кольца или атома азота аминогруппы, а другая часть – в результате специфического взаимодействия полярной ОН-группы с поверхностью металла. Это приводит к уменьшению сил отталкивания между молекулами ингибитора и способствует формированию более плотной защитной пленки.

Внутримолекулярный синергизм проявляется и у соединений класса оксазинов. Они хемосорбируются на поверхности металла в результате взаимодействия с ней подвижных электронов с атомами азота и кислорода. Высокие защитные свойства указанных соединений обеспечиваются вследствие совместного проявления блокировочного и энергетического эффектов торможения электродных процессов.

Высокая ингибирующая эффективность ряда замещенных карбаматов обусловлена наличием сразу нескольких адсорбционных центров – атомов азота и кислорода, а также электронов π -связей бензольного кольца и двойной связи карбонильной группы. Замедление коррозии происходит в результате блокирования поверхности металла молекулами ингибитора и возникновения при их адсорбции энергетического барьера.

Таким образом, применение выдвинутого в работе критерия к исследованию ингибирующей способности ряда соединений нефтехимии позволило установить, что соединения этого класса могут обладать высокими защитными свойствами в условиях коррозии металла под напряжением. Применение разработанных композиций в качестве ингибиторов коррозионно-механического разрушения строительных сталей защищено пятнадцатью патентами РФ. На ряде промышленных предприятий организовано крупнотоннажное производство ИК нового поколения серии «Реакор». Некоторые из них находят применение и в строительной индустрии.

Список литературы

1. Гутман Э.М. Механохимия металлов и защита от коррозии. М.: Металлургия. 1981. 271 с.
2. Рахманкулов Д.Л., Бугай Д.Е., Габитов А.И. и др. Ингибиторы коррозии. Т. 1. Основы теории и практики применения. Уфа: Госуд. изд. научн.-техн. лит-ры «Реактив». 1997. 294 с.
3. Гафаров Н.А., Рахманкулов Д.Л., Бугай Д.Е., Габитов А.И. и др. Ингибиторы коррозии. Т. 2. Диагностика и защита от коррозии под напряжением. М.: Химия. 2002. 368 с.
4. Габитов А.И. Итоги и перспективы в теории и практике борьбы с коррозией. Уфа: Госуд. изд. научн.-техн. лит-ры «Реактив». 1998. 121 с.
5. Подловченко Б.И., Дамаскин Б.Б. О возможности разграничения адсорбционных изотерм, основанных на отталкивательном взаимодействии и неоднородности поверхности // Электрохимия. 1972. Т. 8. № 2. С. 297–300.
6. Решетников С.М. Ингибиторы кислотной коррозии металлов. Л.: Химия. 1986. 144 с.
7. Бугай Д.Е., Габитов А.И., Злотский С.С., Рахманкулов Д.Л. Комплексный механоэлектрохимический подход к созданию ингибиторов коррозии металлов под напряжением // Доклады АН СССР. 1989. Т. 305. № 4. С. 887–889.
8. Д.Е., Габитов А.И., Бреслер И.Г., Рахманкулов Д.Л., Паушкин Я.М. Использование квантово-химических индексов защитной способности ингибиторов коррозии при интерпретации механизма защитного действия // Доклады АН СССР. 1990. Т. 314. № 2. С. 384–386.
9. Dewar M., Thiel W. Ground State of molecules. 38 MNDO method. Approximation and parameter // J.Am.Chem. Soc. 1977–99, № 15. P. 4899–4904.

Применение труб из пластмасс для современной бестраншейной технологии восстановления изношенных трубопроводных коммуникаций

В практике восстановления изношенных трубопроводов достаточно широкое распространение получил метод введения во внутреннюю полость трубопровода секций из пластмассовых труб. Этот метод позволяет продлить срок работоспособности трубопровода, однако при этом снижается его пропускная способность.

Футерование проводится в случаях:

- повреждения трубопроводов коррозией, когда можно использовать остаточную несущую способность трубопровода;
- ликвидации нарушения герметичности трубопровода при отсутствии доступа к месту разгерметизации с наружной стороны трубопровода;
- использования трубопровода по другому назначению (для подачи питьевой или технической воды и др.);
- отсутствия возможности ремонта со вскрытием трубопровода, например подводный переход, густозаселенный район и др.

Для футерования используют пластмассовые, в основном полиэтиленовые, трубы, в том числе с продольными гофрами, рукава полимерные. Секции пластмассовых труб вводятся в трубопровод методом протягивания с помощью троса или проталкивания. Между стенкой трубопровода и футерирующей оболочкой может быть непосредственный контакт или межтрубный зазор, заполняемый жидкостью или отверждающейся композицией.

Наиболее прогрессивный метод восстановления трубопровода включает протягивание в трубопровод секций из пластмассовых труб, вскрытие и вырезку концевых участков поврежденного трубопровода, протягивание троса в стальной трубопровод посредством пробок с подачей сжатого воздуха или воды, подготовку шаблона сечения канала трубопровода, сварку секций пластмассового трубопровода, заливку межтрубного пространства тампонажным раствором и соединение футерованных участков между собой.

Технология футерования трубопроводов выбирается в зависимости от степени повреждения трубопроводов, то есть без или с нарушением герметичности. В первом случае трубопровод разбивается на участки в зависимости от рельефа местности и технической возможности протягивания на участках секций пластмассовых трубопроводов, во втором случае границами участков являются места со сквозными свищами. По концам участков трубопровод вскрывается и вырезаются поврежденные участки. Затем один конец участка трубопровода оснащается фланцем, к которому крепится фланец с лубрикатом для троса и патрубком для подачи от насоса воды или сжатого воздуха с целью проталкивания пробки с тросом до конца участка с одновременной очисткой внутренней поверхности (рис. 1).

Подготовленная и оснащенная оголовком секция из пластмассовых труб протягивается в трубопровод лебедкой или трактором (рис. 2). В зависимости от величины рабочего давления в трубопроводе может быть осуществлена заливка межтрубного пространства тампонажными растворами на основе глины и цемента (рис. 3).

Основными физико-химическими свойствами тампонажных растворов являются плотность раствора, подвижность, сроки схватывания, время загустевания, напряжение сдвига и механические свойства цементного камня. Сроки схватывания этих смесей составляют около 10 мин. Процесс заливки межтрубного пространства осуществляется с помощью смесительных и заливочных агрегатов, используемых при сооружении скважин. Полное вытеснение воздуха из межтрубного пространства, исключая образование воздушных шапок на верхних перегибах профиля трубопровода, обеспечивается гель-пробкой, идущей перед потоком заливочной композиции.

В последнюю очередь секции полиэтиленовых труб на отремонтированных участках соединяются между собой с помощью фланцев, устанавливается рубашка из стальной трубы и производится аналогичная заливка межтрубного пространства.

При проведении ремонта подводных переходов трубопроводов со сквозным повреждением сложность вызывает наличие сквозного свища. Не представляется возможным провести пробку с тросом из-за падения давления рабочей жидкости после прохождения пробкой сквозного дефекта.

Авторами была предложена технология протягивания троса в ремонтируемый участок, имеющий сквозное повреждение, для чего разработали систему, состоящую из двух устройств-пробок.

Одна пробка, имеющая обратный клапан, узел со стопорным устройством и стыковочный элемент, проталкиваемая рабочей жидкостью, тащит за собой трос. После прохождения сквозного свища давление рабочей

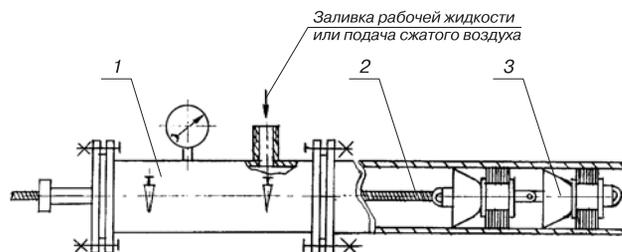


Рис. 1. Протяжка тянущего троса: 1 – операционная камера; 2 – трос; 3 – очистное устройство

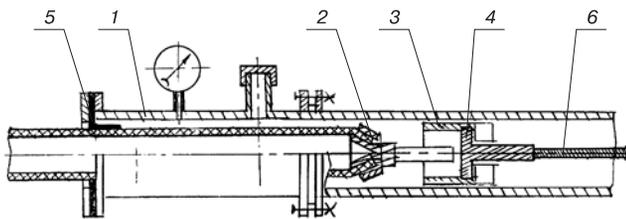


Рис. 2. Протяжка полиэтиленовой трубы: 1 – операцияльная камера; 2 – оголовок; 3 – калибр; 4 – вертлюк; 5 – защитные элементы полиэтиленовых труб (лепестки); 6 – трос

жидкости в трубопроводе падает, пробка останавливается и удерживается от обратного хода.

После этого с другого конца ремонтируемого участка трубопровода по аналогичной схеме вводится другая пробка. При этом первая пробка через обратный клапан перепускает воздух и жидкость, вытесняемые второй пробкой, после чего стыковочный элемент второй пробки взаимодействует со стыковочным элементом первой пробки.

В зависимости от места стыковки в трубопроводе принимается решение, в сторону какого конца ремонтируемого трубопровода извлекаются состыкованные устройства пробок. Таким образом, через трубопровод с потерян-

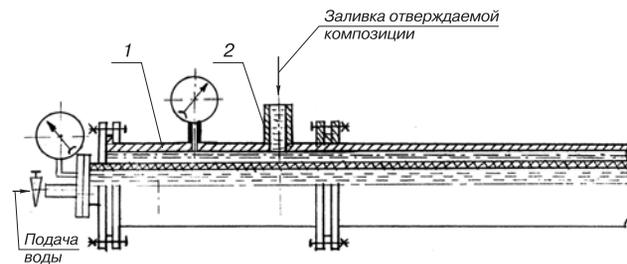


Рис. 3. Заливка межтрубного пространства: 1 – операцияльная камера; 2 – заливочный патрубок

ной герметичностью пропускается трос для протягивания в него секции полиэтиленовых труб [1].

По разработанной технологии было проведено восстановление двух ниток подводного перехода через реку Белая трубопровода Курасково–ТЭЦ-3 со сквозными повреждениями длиной 750 м, диаметрами 273 и 219 мм и рабочим давлением 0,6 МПа.

Литература

1. *Пермяков Н.Г. и др.* Устройство для протягивания троса внутрь трубопровода и способ протягивания троса внутрь трубопровода. Патент на изобретение № 2053431. М.: Роспатент. 1996.

информация

Общественный фонд поддержки и развития строительного образования

В 1998 г. при архитектурно-строительном факультете УГНТУ создан общественный фонд поддержки и развития строительного образования в РБ «Строительство и образование» – некоммерческая организация, учрежденная советом почетителей архитектурно-строительного факультета, в который входят крупнейшие предприятия республики: ОАО «Башстрой», ОАО «КПД», ОАО «Башкирнефтезаводстрой», ОАО «Строительный трест №3».

Целями и задачами фонда являются: содействие повышению качества подготовки и переподготовки специалистов для строительного комплекса на основе интеграции высшей школы, науки, строительных предприятий и организаций; сотрудничество с отечественными и зарубежными учебными заведениями строительного профиля; содействие повышению квалификации сотрудников АСФ УГНТУ и специалистов строительного комплекса РБ; проведение семинаров, конференций и совещаний по проблемам архитектуры и строительства, внедрению новых технологий проектирования и строительства для преподавателей АСФ и инженерно-технических работников строительных предприятий и организаций; проведение профориентации студентов и др.

Фонд «Строительство и образование» приглашает к сотрудничеству учебные заведения, предприятия строительного профиля для обмена опытом и повышения качества подготовки специалистов строительных специальностей.

Научно-техническое общество строителей архитектурно-строительного факультета УГНТУ

Первичная организация НТО Стройиндустрии была создана на инженерно-строительном факультете Уфимского нефтяного института в 1982 г. Первым председателем был лауреат Государственной премии СССР, заслуженный деятель науки и техники РСФСР и БАССР, доктор технических наук, профессор А.Ф. Полак.

В разные годы первичную организацию НТО на инженерно-строительном факультете возглавляли профессора Б.В. Гончаров, В.И. Агапчев, М.В. Кретинин, доценты В.И. Парфенов, А.А. Шаймухаметов

НТО архитектурно-строительного факультета УГНТУ включает более 200 членов. Основными направлениями деятельности НТО являются: научно-исследовательская работа в рамках научного сопровождения актуальных вопросов строительного комплекса Республики Башкортостан, обеспечение связи строительной науки и производства, содействие внедрению результатов НИР в производство, организация научно-практических конференций и семинаров, участие в работе Уфимского городского университета научно-технического прогресса.

За успешную работу по данным направлениям организация НТО АСФ УГНТУ неоднократно была отмечена почетными грамотами и премиями республиканского и центрального правления Российского НТО строителей.

В 2003 г. при участии НТО АСФ УГНТУ были организованы и проведены выставки и конференции по актуальным вопросам строительной науки и производства.

Архитектурно-строительный факультет УГНТУ

Республика Башкортостан, 450080 Уфа, ул. Менделеева, 197, к. 430

Телефоны: (3472) 28-28-11, 28-29-88; e-mail: asfugntu@yandex.ru

В.В. БАБКОВ, д-р техн. наук, Р.Р. САХИБГАРЕЕВ, А.Е. ЧУЙКИН,
Р.А. АНВАРОВ, кандидаты техн. наук (УГНТУ), П.Г. КОМОХОВ, д-р техн. наук,
академик РААСН (Петербургский государственный университет путей сообщения)

Особенности структурообразования высокопрочного цементного камня в условиях длительного твердения

В производстве цементных бетонов водоредуцирование бетонных смесей является одним из основных способов повышения прочности бетона. Снижение водоцементного отношения w до 0,18–0,23 за счет суперпластификации смесей позволяет получать бетоны классов по прочности на сжатие В80–100 (марочная прочность 100–130 МПа) и выше.

Анализ процесса структурообразования твердеющего цементного камня [1, 2] показывает, что он связан с двумя этапами развития структуры. На первом этапе, до полного заполнения капиллярного пространства, твердеющая структура гидратируемого вяжущего развивается поступательно путем прироста однотипной по морфологии и пористости гидратной фазы. По Т. Пауэрсу пористость этой фазы применительно к портландцементу составляет около 28% при относительной объемной плотности около 0,72.

Второй этап развития твердеющей структуры связан с исчерпанием объема капиллярного пространства, что не означает прекращения гидратации и структурообразования. Развитие структуры на этом этапе происходит за счет уплотнения кристаллогидратной связки, понижения ее пористости.

Пористость кристаллогидратного сростка гидратируемого цемента будет в значительной степени определяться дисперсностью, размерами кристаллитов сростка [1]. Можно предположить, что существует некоторый минимальный диаметр пор в кристаллическом сростке, соизмеримый с размером молекул гидратной фазы, который по пространственным условиям исключает возможность формирования гидратной фазы путем взаимного соединения ионов клинкерной фазы и молекул воды, то есть исключает возможность роста кристаллитов в поперечном направлении. Поперечный размер кристаллитов гидросиликатов кальция ≈ 5 –10 нм и размер элементарной ячейки гидросиликатов кальция 1–2,3 нм согласуются с характерным значением среднего радиуса гелевых пор ≈ 2 нм на кривых дифференциальной пористости портландцементного камня, полученных методом ртутной порометрии [2].

Таким образом, развивающаяся система в виде поризованного кристаллогидратного сростка оказывается неспособной к полному заполнению порового пространства с ее превращением в камневидную водонепроницаемую фазу. Это является благоприятным для процессов гидратации и структурообразования. Гелевые поры сростка навсегда сохраняют функцию транспортных артерий, обеспечивая диффузию молекул воды к поверхности гранул клинкера (размер молекулы воды 0,36 нм) и перемещение ионов растворяющихся клинкерных фаз (размер 0,3–0,7 нм). При этом обеспечивается распределение растворяющейся клинкерной фазы в свободных объемах межзернового пространства. При наличии воды процессы гидратации и структурообразования протекают непрерывно без проявления распорного влияния при наличии резерва пространства, что реализуется при твердении водовяжущих систем с $w > 0,3$ –0,4.

Такие структуры при длительном твердении формируются в условиях первого этапа структурообразования.

Спецификой структуры твердеющего цементного камня при низких водоцементных отношениях является дисбаланс между сохраняющимся в системе значительным объемом непрогидратовавшего клинкера и резервом порового пространства, способным в условиях продолжающейся гидратации клинкера размещать прирост гидратной фазы.

Обобщенным структурным параметром портландцементного камня в условиях первого этапа структурообразования является так называемый фактор «гель-пространство» Φ по Т. Пауэрсу. В структурном плане он представляет собой отношение объема поризованной гидратной связки V_g с ее пористостью около 28% к сумме объемов этой связки и капиллярной пористости Π_k

$$\Phi = \frac{V_g}{V_g + \Pi_k} \approx \frac{1,39g_0}{w/c\theta + 1} = \frac{1,39g_0}{\frac{g_0 - 1}{1 - \Pi_0(1 + c/w)} + 1}, \quad (1)$$

$$\text{где } \Pi_0 = \frac{w/c - \theta(g_0 - 1)}{w/c + 1} \quad (2)$$

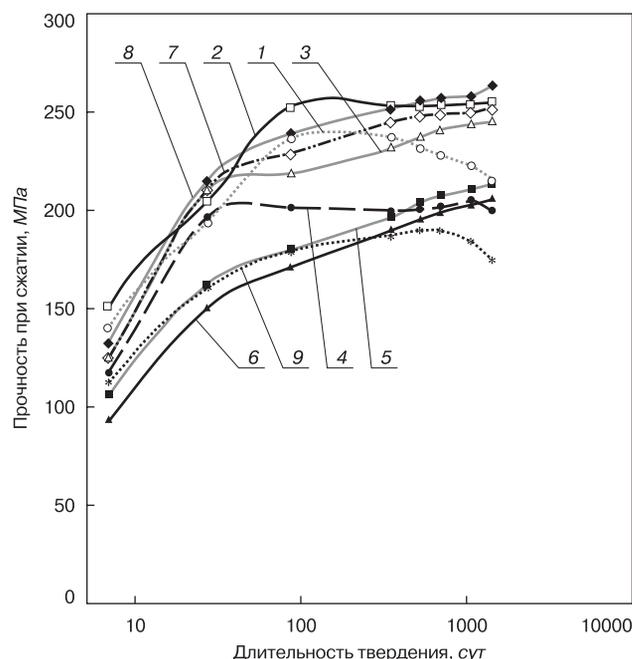


Рис. 1. Прочность фильтр-прессованного и виброформованного цементного камня с добавкой С-3 (длительность твердения до 4 лет): 1 – ПЦ 500 – 100%; 2 – ПЦ 500 – 95%, микрокремнезем (МК) – 5%; 3 – ПЦ 500 – 90%, МК – 10%; 4 – ПЦ 500 – 100%, СЗ – 0,5%; 5 – ПЦ 500 – 95%, МК – 5%, СЗ – 0,5%; 6 – ПЦ 500 – 90%, МК – 10%, СЗ – 0,5%; 7 – ПЦ 500 – 95%, «белая сажа» (БС) – 5%; 8 – ПЦ 500 – 95%, МК – 2,5%, БС – 2,5%; 9 – ПЦ 500 – 99%, СЗ – 1% (виброформование)

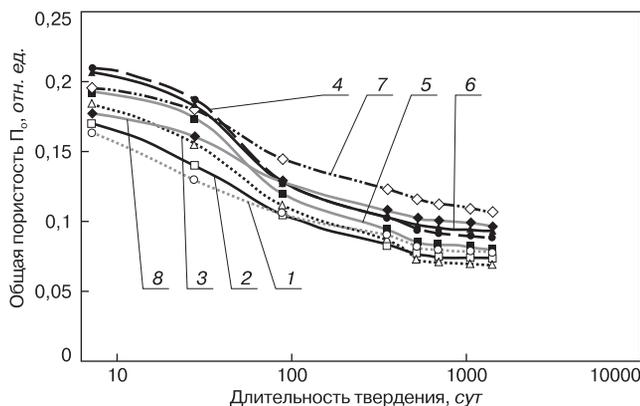


Рис. 2. Изменение общей пористости П₀ фильтр-прессованного цементного камня в условиях длительного твердения: 1 – ПЦ 500 – 100%; 2 – ПЦ 500 – 95%, МК – 5%; 3 – ПЦ 500 – 90%, МК – 10%; 4 – ПЦ 500 – 100%, СЗ – 0,5%; 5 – ПЦ 500 – 95%, МК – 5%, СЗ – 0,5%; 6 – ПЦ 500 – 90%, МК – 10%, СЗ – 0,5%; 7 – ПЦ 500 – 95%, БС – 5%; 8 – ПЦ 500 – 95%, МК – 2,5%, БС – 2,5%

– общая пористость твердеющего цементного камня; ϑ_0 – коэффициент увеличения объема твердой фазы при химическом переходе вяжущего в гидрат (для твердеющего портландцемента значение ϑ_0 на интервале твердения от суток до 3 лет меняется в пределах 1,78–1,61 при среднем значении около 1,67 [3]); c и θ – соотношение плотностей воды и вяжущего ($c \approx 0,32$) и степень гидратации вяжущего соответственно.

С параметром Φ наилучшим образом коррелируется прочность цементного камня, так как этот параметр соответствует структуре поверхности разрушения цементного камня [1].

Развитие структуры на первом этапе структурообразования соответствует изменению фактора «гель-пространство» в пределах $0 \leq \Phi \leq 1$ и протекает в монотонном режиме без проявления внутрискруктурных напряжений. Прочность цементного камня при сжатии на основе портландцемента при Φ около 1 составляет порядка 160 МПа [1].

Обобщенным структурным параметром цементного камня на втором этапе структурообразования, соответствующим $\Pi_k = 0$, является относительная объемная плотность кристаллогидратного сростка φ , которую можно рассчитать по формуле [4]:

$$\varphi = \frac{\vartheta_0}{\frac{w/c+1}{\theta(c/w+1)}+1} = \frac{\vartheta_0}{\frac{\vartheta_0-1}{1-\Pi_0(c/w+1)}+1}. \quad (3)$$

В этих условиях специфика формирующейся структуры, сохраняющей гелевые поры как транспортные артерии к поверхности гранул клинкера, будет стимулировать растворение клинкерных фаз в присутствии воды и продолжение процесса гидратации. При этом процессы будут протекать в пространственно-стесненных условиях при наличии конкурирующих факторов упрочнения, связанных со снижением пористости, и разупрочнения из-за развития внутрискруктурных напряжений. Вначале это будет сопутствовать упрочнению с повышением степени гидратации, а далее – разупрочнению.

Развитие названных процессов будет определяться снижением размеров межкристаллитных расстояний (пор) в структуре кристаллогидратного сростка и ухудшением условий роста кристаллитов сростка в поперечном направлении.

На рис. 1–3 представлены данные экспериментов по длительному (4 года) твердению в воде образцов цементного камня (цилиндров $\varnothing 20$ мм, $h = 20$ мм), полученных на основе ПЦ 500 Стерлитамакского ОАО «Сода» по технологии прессования с отводом воды (фильтр-прессование) при давлении 20 МПа. Такой способ водоредуцирования, позволяющий достичь исходных водоцементных отноше-

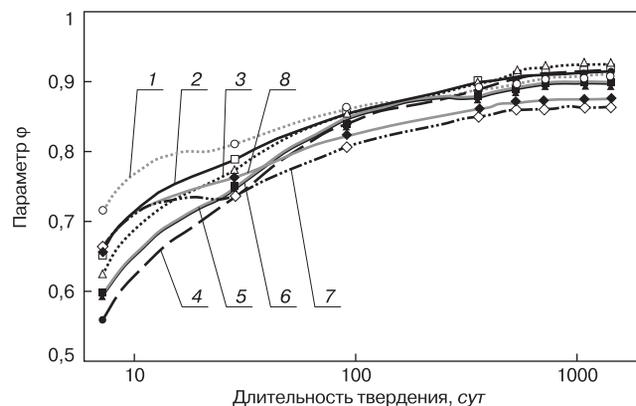


Рис. 3. Изменение параметра Φ (относительной объемной концентрации плотных продуктов гидратации в пространстве) фильтр-прессованного цементного камня в условиях длительного твердения: 1 – ПЦ 500 – 100%; 2 – ПЦ 500 – 95%, МК – 5%; 3 – ПЦ 500 – 90%, МК – 10%; 4 – ПЦ 500 – 100%, СЗ – 0,5%; 5 – ПЦ 500 – 95%, МК – 5%, СЗ – 0,5%; 6 – ПЦ 500 – 90%, МК – 10%, СЗ – 0,5%; 7 – ПЦ 500 – 95%, БС – 5%; 8 – ПЦ 500 – 95%, МК – 2,5%, БС – 2,5%

ний до 0,15–0,17, обеспечил достижение прочности при сжатии в месячном возрасте свыше 200 МПа.

Эксперименты показали, что цементный камень, запрессованный при давлении 20 МПа, уже через 3–4 месяца проявляет склонность к разупрочнению, достигающему к 3–4 годам 10–15%, что согласуется с вышеприведенными прогнозами.

Данные рис. 3 показывают, что уже к месячному возрасту структура цементного камня практически полностью расходует резерв капиллярного пространства и далее развивается по механизму уплотнения кристаллогидратного сростка. На интервале твердения 1 месяц – 4 года уплотнение кристаллогидратного сростка, характеризующееся параметром φ , повышается с 0,7–0,8 до 0,86–0,92.

В параллельных экспериментах по длительному твердению фильтр-прессованного цементного камня была проверена гипотеза компенсации негативного влияния разупрочняющих внутренних напряжений, формирующихся из-за недостаточности пространства для размещения гидратной фазы. В водоцементную композицию вводили аморфизированный кремнезем в виде микрокремнезема (МК) или «белой сажи» (БС), способных связывать механически слабую гидратную фазу, образующуюся при гидратации силикатных клинкерных фаз, – гидроксид кальция – в гидросиликаты кальция. Реакция гидратации $m \text{SiO}_2 + n \text{Ca(OH)}_2 + k \text{H}_2\text{O} = \text{C-S-H}$ протекает без увеличения объема твердой фазы ($\vartheta_0 \approx 1$). Она, с одной стороны, не способствует стимулированию распора и развитию внутренних напряжений, а с другой – улучшает качество гидратной связки по прочности путем превращения ее малопрочной составляющей в высокопрочную.

Цементный камень с добавками аморфизированного кремнезема показал устойчивое упрочнение при твердении в водных условиях в течение 4-х лет (рис. 1).

Список литературы

1. Бабков В.В., Мохов В.Н., Капитонов С.М., Комохов П.Г. Структурообразование и разрушение цементных бетонов. Уфа: ГУП Уфимский полиграфкомбинат. 2002. 376 с.
2. Данюшевский В.С., Джаббаров К.А. Три вида пор в цементном камне // Неорганические материалы. 1974. Т. X. № 2. С. 354–357.
3. Бабков В.В., Комохов П.Г., Мирсаев Р.Н., Чуйкин А.Е. и др. Объемные изменения в реакциях гидратации и перекристаллизации минеральных вяжущих веществ // Цемент и его применение. 1998. № 4. С. 16–19.
4. Бабков В.В., Комохов П.Г., Полак А.Ф. Аспекты долговечности цементного камня // Цемент. 1988. № 3. С. 14–16.

Роль растворов едкой щелочи в процессе формирования микроструктуры грунтобетона

Инъекционное химическое закрепление слабых, водонасыщенных, дисперсных грунтов приобретает особую актуальность в связи с аварийными ситуациями и реконструкцией зданий и сооружений на таких грунтах. Существующие методы инженерной подготовки оснований и способы технической мелиорации во многих случаях оказываются неэффективными или экономически нецелесообразными. В этом случае перспективным направлением является разработка метода изменения строительных свойств грунтов путем введения в них растворов едкой щелочи. Синтез вяжущих будет происходить непосредственно в породе за счет ее собственных ресурсов, извлекаемых из минеральных составляющих грунта в условиях сильнощелочной среды.

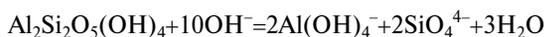
Спецификой дисперсных пород, к которым следует отнести глинистые и лессовые разновидности, является их гетерогенный, полидисперсный и полиминеральный состав. Они могут содержать до нескольких десятков дисперсных минералов. Наиболее существенное значение при различных воздействиях имеют высокодисперсные и наиболее химически активные минералы. Это глинистые минералы: каолинит, монтмориллонит, гидрослюда, смешанослойные, составляющие в основном глинистую фракцию этих пород, а также дисперсный кварц, полевые шпаты, слюды, входящие в состав преимущественно песчаной и пылеватой фракций. Типоморфные минералы (соли), такие как карбонаты, гипс, галит и др., обычно играют второстепенную роль, хотя при значительном содержании они могут оказывать существенное влияние на результаты взаимодействия компонентов грунта и раствора.

Проведены всесторонние исследования физико-химических аспектов взаимодействия глинистых минералов и грунтов различного возраста, генезиса и состава с концентрированными (2,5–10 н.) растворами NaOH.

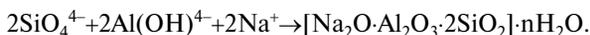
Растворение глинистых минералов в сильнощелочной среде схематически можно представить на примере каолинита. Так, внедрение OH-иона щелочи в координационную среду атомов Al и Si алюмосиликатов приводит к разрушению связей Si–O–Al, а затем и Si–O–Si с выходом из решетки в раствор оксидов кремния и алюминия



или



с последующим формированием по конденсационному механизму новой твердой фазы гидроалюмосиликатов натрия гидросодалитоподобного типа



По данным свободных энергий образования, величина изобарного потенциала реакции $\Delta Z_{298}^0 = -9,371$ ккал/моль, константа реакции в стандартных условиях определяется отношением

$$K_p = [\text{H}_2\text{O}]^3 [\text{Al}(\text{OH})_4^-]^2 [\text{SiO}_4^{4-}]^2 = 10^{6,87},$$

поэтому энергетические преимущества реализации данного процесса «слева направо» в закрытой системе (при отсутствии притока и оттока продуктов взаимодействия) весьма велики.

Чем интенсивнее идет процесс растворения минерала, тем быстрее раствор насыщается по отношению к силикат- и алюминат-ионам. При достижении определенной концентрации ионов Si^{4+} и Al^{3+} из раствора в первую очередь выделяются менее растворимые соединения, например гидроалюмосиликат натрия.

Образование гидроалюмосиликата натрия в сильнощелочных средах возможно, так как его структура состоит из чередующихся кремне- и алюмоокислородных тетраэдрических групп, дающих связи $\text{Si}^{\text{IV}}\text{—O—Al}^{\text{IV}}$, устойчивые в щелочных средах.

Результаты рентгеноструктурного исследования образцов каолинита (рис. 1) до и после взаимодействия их с растворами щелочи свидетельствуют о том, что интенсивность рефлексов первого и второго порядка от основной базальной плоскости минерала каолинита уменьшается с увеличением концентрации раствора. Особенно значительно проявляется уменьшение при 5 и 10 н. концентрациях. При этих концентрациях раствора на дифрактограммах каолинита наблюдается появление рефлексов с межплоскостными расстояниями 6,29–6,33; 3,64–3,66; 2,57–2,58; 2,11 Å, характерными для гидроалюмосиликата натрия содалитоподобной формы [1], интенсивность которых возрастает с увеличением концентрации щелочи.

На термограммах образцов каолинита до и после взаимодействия их с растворами щелочи видно, что по мере роста концентрации раствора уменьшаются величины второго эндотермического эффекта, связанного с увеличением структурных гидроокислов минерала каолинита, а также экзотермического пика при 1020°C, что говорит о постепенном затухании процесса перехода кристаллической решетки минерала в другое фазовое состояние. При

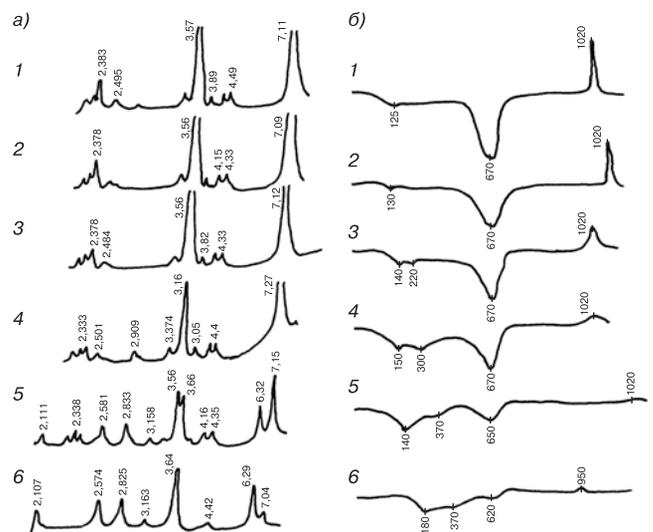


Рис. 1. Дифрактограммы (а) и термограммы (б) каолинита после взаимодействия с дистиллированной водой и растворами NaOH: 1 – дистиллированная вода; 2–6 – раствор NaOH 0,1 н., 1 н., 2,5 н., 5 н., 10 н. концентраций соответственно



Рис. 2. Начальные кристаллизационные контакты между частицами в образце суглинка dQ_{III} , обработанном: а – 2,5 н.; б – 5 н. раствором NaOH

взаимодействию каолинита с 10 н. раствором NaOH эти эффекты совсем пропадают и появляются эндотермические пики при температурах 180 и 370°C, указывающие на возникновение новых соединений.

Растворение в щелочных растворах некоторых силикатов (дисперсный опал, кварц, халцедон и др.) и типоморфных минералов (кальцит, гипс) приводит к их взаимодействию и образованию гидросиликатов и гидроксидов кальция, также устойчивых в щелочной и водной средах.

Минеральный состав глинистых грунтов после месячного их взаимодействия с растворами NaOH 2,5–10 н. концентраций изучался методами рентгеноструктурного и термогравиметрического анализов. Исследования показали, что интенсивность рефлексов, характерных для основных породообразующих минералов, уменьшается с ростом концентрации щелочи. Количественный анализ показывает, что содержание кварца и полевого шпата уменьшается в среднем на 3–5%, в основном за счет растворения наиболее дисперсных разновидностей.

Интенсивность основных базальных отражений глинистых минералов уменьшается, пики становятся диффузными, что свидетельствует об их растворении и ухудшении кристаллической структуры. Из новообразований диагностируется только гидросодалит, количество которого увеличивается с ростом концентрации NaOH. Наложение большинства рефлексов друг на друга, а также малое количество образующихся минералов, небольшие размеры кристаллов (в основном < 1 мкм) и плохая степень закристаллизованности основной массы продуктов реакции не позволяют провести точный количественный расчет изменения минерального состава.

Изменение состава твердой фазы грунтов под влиянием концентрированных щелочных растворов влечет за собой перестройку структуры и изменение всех свойств. С ростом концентрации растворов щелочи увеличивается процесс агрегации частиц (главным образом за счет глинистой и мелкопылеватой фракций), растет количество частиц крупнопылеватой и песчаной фракций, происходит «опесчанивание» грунта. Наблюдается резкое уменьшение числа пластичности грунтов, а в некоторых случаях при концентрации раствора выше 5н. – полная потеря пластических свойств. Структура защелоченных образцов из коагуляционной переходит в конденсационно-кристаллизационную (по П.А. Ребиндеру). Грунт приобретает водоустойчивость и достаточно высокую прочность (0,4–2 МПа).

Высокая неустойчивость высокодисперсных минералов к воздействию концентрированных щелочных растворов создает благоприятные условия для развития в глинистых грунтах пространственной (в общем случае беспорядочной) конденсационно-кристаллизационной структуры. Этот процесс в общем случае связан с выделением (конденсацией) из пересыщенного метастабильного состояния раствора (расплава) новой кристаллической (кристаллизационные структуры) или аморфной (конденсационные структуры) фазы [2].

В процессе взаимодействия породы со щелочью образуется жидкая фаза с высокой степенью пересыщения по компонентам алюмосиликатного геля, ведущая к образованию зародышей большого числа кристаллов и выделению новой коллоидно-дисперсной фазы. Наличие высокого пересыщения обуславливает возникно-

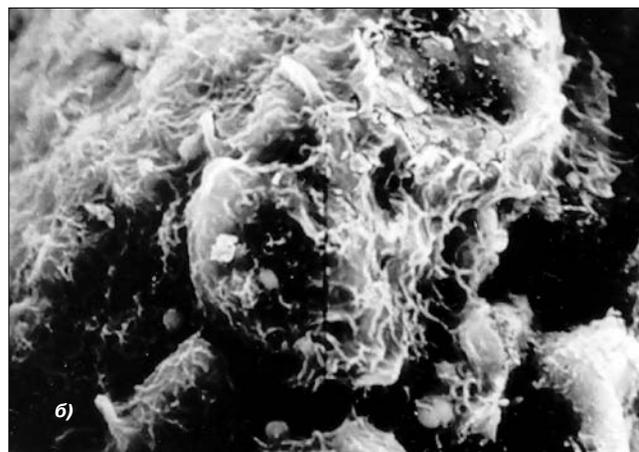


Рис. 3. Образование сплошной пространственной структуры из растущих кристалликов гидроалюмосиликата натрия, полностью покрывающих поверхность пылеватых частиц в образце суглинка dQ_{III} , обработанном: а – 7,5 н.; б – 10 н. раствором NaOH

вание зародышей большого числа кристаллов, которые в общем случае располагаются хаотично в наиболее активных адсорбционных центрах на мозаичной поверхности крупных частиц (рис. 2а), в том числе и в местах наибольшего их сближения. Последнее обстоятельство способствует возникновению зародышей кристаллизационных контактов между такими частицами.

С увеличением концентрации контактирующего раствора NaOH до 10 н. происходит постоянное зарастание всей поверхности пылеватых и песчаных частиц сплошной пленкой гидроалюмосиликата натрия (рис. 2б, 3а, б) толщиной не более нескольких микрон, которая приводит к развитию пространственного жесткого каркаса. Первоначальная пластичная тиксотропно-обратимая коагуляционная структура грунта превращается в прочную, упругопрочную и необратимо разрушающуюся кристаллизационную структуру. На рис. 4 показана зависимость деформации сдвига от сдвигающего усилия образцов пылеватой глины при естественном сложении и после обработки щелочными растворами, из которой видно, что по мере взаимодействия глинистых грунтов с NaOH характер разрушения меняется от пластичного до хрупкого.

Таким образом, воздействие щелочных растворов на дисперсные породы способствует растворению поверхности и отдельных минералов грунта, изменяя их минеральный состав, содействуя синтезу новообразований, устойчивых в щелочной и водной средах. Это воздействие изменяет характер поверхности грунтов, которые становятся активными сорбентами щелочных растворов и служат геохимическим барьером для их распространения.

Следовательно, в отличие от других способов (силикатизации, цементации), где эффект укрепления достигается с помощью заранее внесенных вяжущих веществ, в случае защелачивания грунтов синтез вяжущих происходит непосредственно в породах за счет собственных ресурсов, извлекаемых из минеральных составляющих грунта в условиях сильнощелочной среды.

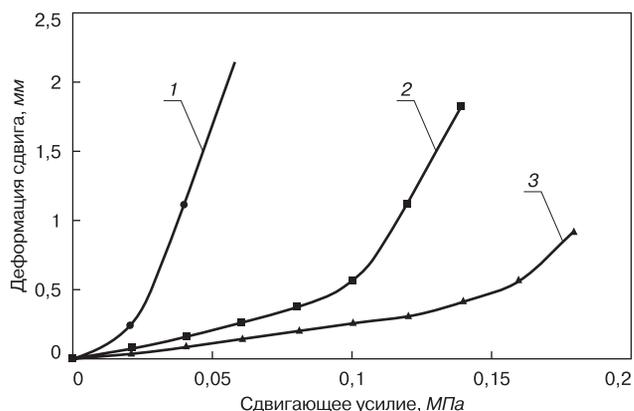


Рис. 4. График зависимости деформации сдвига от сдвигающего усилия образцов пылеватой глины dQ_{11} до (1) и после замачивания их растворами NaOH 5н. (2) и 10 н. (3) концентраций

Апробация полученных результатов в промышленных условиях осуществлена на ряде строительных площадках по укреплению дисперсных пород оснований реконструируемых и аварийных зданий и сооружений. Это способствовало снижению материалоемкости, уменьшению трудозатрат на площадке и тем самым снижению себестоимости строительства.

Список литературы

1. Новолодская А. А., Авдеева Т. Н. О гидроалюмосиликатах, образующихся в условиях обескремнивания алюминатных растворов // Сб. «Химия и технология глинозема». Новосибирск: Наука. 1971. С. 202–209.
2. Физико-химическая механика природных дисперсных систем / Под ред. Е.Д. Щукина и др. М.: Изд-во МГУ. 1985. 264 с.



MVK

www.MVK.ru

995-05-95

6-я Международная специализированная выставка



**ЛЕСТЕХ
ПРОДУКЦИЯ
WOODEX**





www.woodexpo.ru

ТЕМАТИКА ВЫСТАВКИ:

ЛЕСОПРОДУКЦИЯ, МАШИНЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЛЕСНОЙ, ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ И ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ДЕКАБРЬ
08.12 - 12.12
2003

Выставка:	ЛЕСТЕХПРОДУКЦИЯ-2003
Организаторы:	MVK - Международная выставочная компания
Почтовый адрес:	107113, Москва, Сокольнический вал, 1, павильон 4
Директор выставки:	Вишневская Валентина Михайловна, тел.: (095) 268-14-07, 268-9915, 269-4262, 105-3413; Факс: (095) 105-3489, 268-9903, 268-0891; E-mail: v_v@mvk.ru

РОССИЯ, МОСКВА, КУЛЬТУРНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР «СОКОЛЬНИКИ»

При содействии:



При поддержке:

Министерства промышленности, науки и технологий РФ
Торгово-промышленной палаты РФ
Московской торгово-промышленной палаты
Союза лесопромышленников и лесохозяйственников России
Ассоциация предприятий мебельной и деревообрабатывающей промышленности России

Информационные спонсоры:










Пути снижения толщины трехслойных ограждающих конструкций без потери теплофизических свойств

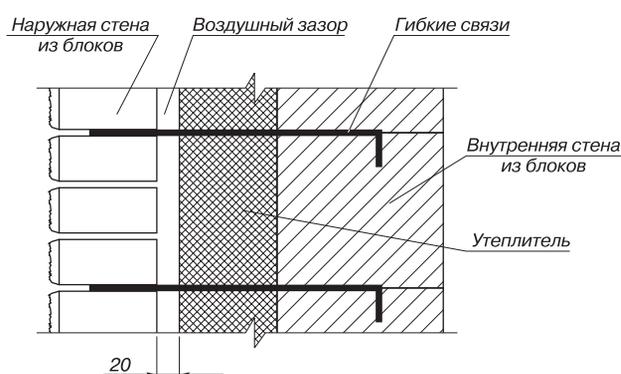
Необходимость рационального использования топливно-энергетических ресурсов привела к необходимости дополнительного утепления фасадов как при их реконструкции, так и при новом строительстве. Россия вслед за западными странами уже приняла ряд нормативно-технических документов, направленных на решение задачи энергосбережения и снижения эксплуатационных затрат в строительстве. Основным среди них является изменение №3 СНиП II-03-79* «Строительная теплотехника» по теплозащите зданий и сооружений. В соответствии с этими требованиями традиционные строительные материалы (железобетон, кирпич, дерево) не способны в однослойной ограждающей конструкции обеспечить требуемое значение термического сопротивления. Оно может быть достигнуто лишь в многослойной конструкции, где применяется теплоизоляционный материал.

Трехслойная конструкция стены из ROSSER-блоков с применением различных утеплителей почти вдвое превосходит требуемые значения новых СНиП по теплосопротивлению ограждающих конструкций. При этом максимальная толщина стены не превышает 480 мм.

Колодцевая кладка представляет собой трехслойную конструкцию. Толщина первого слоя – внутренней несущей стены – определяется в основном прочностными требованиями; толщина теплоизоляционного слоя диктуется теплофизическими требованиями; назначение третьего (лицевого) слоя – защитить утеплитель от внешних воздействий.

Внутренний слой обычно выполняется из кирпича или блоков (бетонных, керамзитобетонных, шлакобетонных, гипсобетонных, газосиликатных и др.). Для лицевого слоя может применяться кирпич или стеновые блоки. Специальные требования применяются к утеплителю, так как в данном случае ремонтно-восстановительные работы невозможны. Основными из них являются устойчивость к деформациям и влагостойкость, поэтому чаще всего применяются минераловатные и стекловатные плиты и пенополистирол.

При проектировании и эксплуатации трехслойных стен с внутренним расположением утеплителя существует проблема конденсации влаги внутри конструкции. Во-



дней пар, попадающий в толщу конструкции, зачастую приводит к прогрессирующему отсыреванию утеплителя и постепенной потере им своих теплоизолирующих свойств. При этом утеплитель не высыхает даже в теплое время года, так как наружный слой является паронепроницаемым. Для борьбы с этим явлением рекомендуется устройство воздушного вентиляционного зазора.

По сути своей трехслойная стена из блоков с воздушным зазором является вентилируемым фасадом, только роль облицовки здесь выполняют не листовые или плитные материалы, а каменная наружная стенка. Это достаточно недорогой способ возведения ограждающей конструкции, обладающий рядом преимуществ, таких как небольшая толщина и соответственно масса, высокая тепловая эффективность, огнестойкость.

Внутренние и наружные стенки трехслойных ограждающих конструкций соединяют специальными связями (см. рисунок). Обычно для этого используются штыри из арматуры диаметром не менее 6 мм, металлические скобы или стеклопластиковые связи. Металлические закладные детали должны быть выполнены из нержавеющей стали или иметь антикоррозийное покрытие. Гибкие связи укладывают в швы кладки на глубину 60–80 мм на расстоянии 600 мм друг от друга по вертикали и 500–1000 мм по горизонтали из расчета 5–7 штырей на 1 м².

Внутренняя отделка	Штукатурка, гипсокартонные листы, вагонка	
Внутренняя конструктивная часть стены	Кладка из керамзитобетонных ROSSER-блоков полнотелых толщиной 190 мм	Кладка из бетонных ROSSER-блоков толщиной 190 мм
Утеплитель толщиной не менее	150 мм	150 мм
Ветрозащитный материал	Ветрозащитная паропроницаемая мембрана	
Воздушная прослойка	Толщина 20 мм	
Наружная конструктивная часть стены	Кладка из американского ROSSER-кирпича толщиной 90 мм	Кладка из евро-кирпича ROSSER толщиной 120 мм
Наружная отделка	–	–
Итого	450 мм	480 мм

Осенние промышленные выставки в «Экспоцентре»

8–12 сентября 2003 г. в Москве, в выставочном комплексе «Экспоцентр» прошли международные специализированные выставки: 12-я «Химия», 11-я «Стройиндустрия и архитектура», 9-я «Экспогород», 2-я «Капитальное строительство», 2-я «Ландшафтное строительство и благоустройство», 2-я «Леспромбизнес».

Цельная интересная экспозиция выставки «**Капитальное строительство**» продемонстрировала современные технологии капитального строительства, достижения в области изготовления бетонов и смесей, а также оборудование для их производства. Спонсором выставки выступил цементный холдинг «**Евроцемент**». В него входят «Мальцовский цемент» (Брянская обл.), «Михайловцемент» (Рязанская обл.), «Липецкцемент», «Савинский цементный завод» (Архангельская обл.), московские цементные элеваторы. В 2002 г. на предприятиях холдинга было выпущено более 7 млн т цемента. Кроме этого предприятия компании выпускают бетон, минеральный порошок для дорожного строительства, асфальтобетонную смесь.

АО «**Старооскольская опалубка**» на комплектном импортном оборудовании изготавливает туннельную, шахтную, крупно- и мелкощитовую стеновую опалубку, опалубку колонн, перекрытий и все необходимые комплектующие. Оборачиваемость опалубки 100 и более раз.

Одной из острейших проблем современного жилищно-коммунального хозяйства продолжает оставаться низкая эксплуатационная надежность рубероидных кровель. В 2002 г. калининградская фирма «**Авистен Групп**» завершила работу

по созданию технологии вторичного использования рубероида (ВИР) и приступила к серийному выпуску специальных аппаратов для переработки многослойных (5–50 слоев) старых рубероидных ковров непосредственно на кровле зданий.

В отдельную экспозицию «Стройиндустрия регионов России» были объединены стенды, организованные ЦБНТИ Госстроя России.

С сожалением приходится констатировать, что одна из самых крупных и интересных строительных выставок «Стройиндустрия и архитектура» практически растворилась в мелких экспозициях. К этой выставке не был выпущен даже отдельный каталог. Не было представлено и архитектурное направление.

Выставка «**Бизнес в лесопромышленном комплексе**» (Леспромбизнес) была организована ЗАО «Экспоцентр» и ОАО «Центрлесэкспо» под патронажем ТПП РФ. Развитие бизнеса в лесопромышленном комплексе чрезвычайно актуально для России. Обладая четвертью мировых запасов древесины, наша страна является крупнейшим экспортером необработанного, круглого леса. Поэтому перспективными направлениями являются развитие глубокой переработки древесины, производство конкурентоспособной продукции, внедрение передо-

вых технологий, развитие собственной машиностроительной базы для лесопромышленного комплекса.

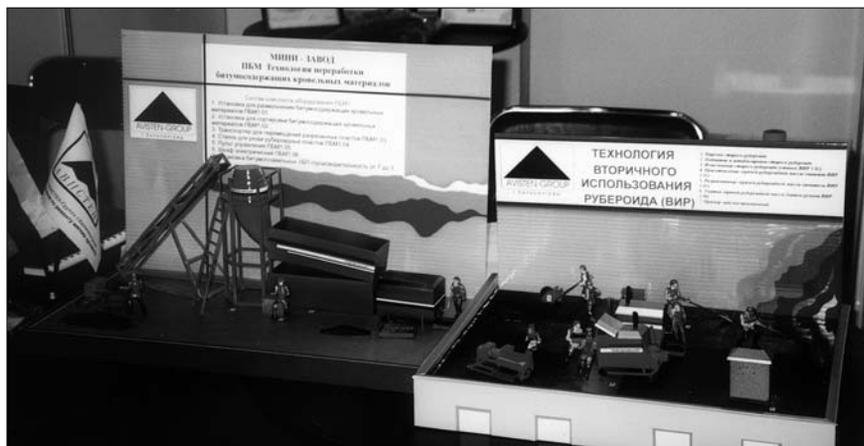
Выставка объединила предприятия лесной промышленности, машиностроительные заводы, производителей широкой номенклатуры материалов и конструкций из древесины, отраслевые НИИ. В ней приняли участие более 100 организаций из 10 стран мира.

Активно продвигают свою продукцию отечественные разработчики и производители оборудования. **Производственное объединение «Камистанкоагрегат» (Москва)** является одним из крупнейших в России проектировщиков и изготовителей широкого спектра деревообрабатывающего оборудования.

Сушильные комплексы модели СКВК предназначены для сушки пиломатериалов хвойных и лиственных пород, где в качестве топлива используются древесные отходы: опилки, стружка, щепа, обрезки. Камеры СКВК-50Ф и СКВК-100Ф с фронтальной загрузкой соответствуют лучшим мировым аналогам. Они представляют собой быстровозводимые модульные конструкции. Облицовка панелей алюминиевыми листами позволяет значительно увеличить срок службы. Для предприятий небольшой мощности можно устанавливать один блок, а для крупных предприятий – комплекс из нескольких блоков. Завод поставляет отдельно энергетические установки АГГУ-250, при работе которых практически отсутствует дым, резко сокращен выброс вредных веществ в атмосферу.

Промышленная группа «Гризли» (г. Волжский Волгоградской обл.) представила трехдисковый лесопильный станок «Гризли» для продольной распиловки древесины различных пород диаметром до 1000 мм на обрезные пиломатериалы длиной до 6300 мм. Он обеспечивает высокую точность пиления и максимальный выход радиальных досок.

ЗАО «Вуд-Майзер Ист.» (Санкт-Петербург) представило новую разработку – пресс-вакуумную сушильную камеру, которая позволяет сушить пиломатериалы, в частности брус, без изгибов и трещин.



На стенде фирмы «Авистен Групп» были представлены макеты, наглядно демонстрирующие преимущества технологии вторичной переработки рубероида. Комплект оборудования для работы непосредственно на крыше состоит из измельчителя старых слоев рубероида, двух машин для производства материала ВИР-пласт, специального обогреваемого шпателя с ручкой, ручного катка и электрошвафа

Установка компактна, полностью автоматизирована. По мнению специалистов, это наиболее перспективное направление в сушке.

На группе стендов «Наука – лесному комплексу» были продемонстрированы научно-технические разработки, опытные образцы оборудования и приборов ведущих научно-исследовательских институтов лесопромышленного комплекса – ВНИИДРЕВ (г. Балабаново Калужской обл.), ЦНИИМОД (Архангельск), Московский государственный университет леса, НИПИЭИ-ЛЕСПРОМ (Москва), ЦНИИМЭ (г. Химки Московской обл.).

Изюминкой выставки стала экспозиция Русского музея леса, приуроченная к 100-летию проведения X Всероссийского лесохозяйственного съезда и III съезда членов казенного лесного ведомства в 1903 г. Исторические материалы из фондов музея показали, что уже в те далекие годы чиновники лесного ведомства и специалисты лесной отрасли проявляли озабоченность состоянием леса и лесной науки и принимали различные меры для улучшения лесного хозяйства.

Одновременно с выставками строительного и деревообрабатывающего комплекса проходила международная выставка «Химия-2003», которая проводится один раз в два года. Экспозиция объединила ведущих российских и мировых производителей в области химии, научно-исследовательские институты, поставщиков оборудования и лабораторных приборов. Она занимала один из самых больших выставочных павильонов «Экспоцентра».

Демонстрируемая продукция представляла интерес практически для всех сфер промышленного производства, в том числе строительства и промышленности строительных материалов. В выставке приняли участие ведущие производители лакокрасочных материалов и строительной химии. Крупные химические концерны BASF, Dow Chemical и др. среди прочей продукции демонстрировали теплоизоляционные материалы – экструдированный пенополистирол и сырье для его производства.

Интенсивная работа велась на стендах поставщиков химических добавок для производства лакокрасочных материалов (ЛКМ) и сухих строительных смесей. Это направление в настоящее время развивается очень активно и привлекает на выставку много специалистов.

Центром общения специалистов этих производств стал стенд французского концерна «Родиа». Один из мировых лидеров в специальной химии, концерн «Родиа» в сотрудничестве с клиентами разрабатывает широкий спектр технологических инноваций для агрохимии, пищевой, автомобильной промышленности, электроники, производства волокон, фармацевтики и потребительских товаров. В 2002 г. объем продаж «Родиа» составил 6,62 млн евро. В компании трудится 24,5 тыс. сотрудников по всему миру.

В настоящее время компания разработала и производит новые продукты для производителей ЛКМ – пленкообразователи с высокими свойствами Rhodopas Ultradia и Rhodopas Ultrabride.



ЗАО «Боровичский комбинат строительных материалов» предлагает строительному рынку традиционную продукцию – керамический кирпич различной формы и назначения. Особый интерес специалистов вызвали оригинальные архитектурные изделия. Кроме того была представлена широкая номенклатура изделий из клееной древесины: профилированный брус, длиной до 6 м и погонажные изделия

Широко было представлено испытательное и лабораторное оборудование, как отечественного, так и зарубежного производства.

Количество и состав посетителей выставки «Химия» показали, что здесь свою сферу интересов находят представители любой отрасли промышленного производства.

НОВЫЙ УЧЕБНИК

Химическая технология керамики

Н.Т. Андрианов, В.Л. Балкевич, А.В. Беляков, А.С. Власов, И.Я. Гузман, Е.С. Лукин, Ю.М. Мосин, Б.С. Скидан

(Под редакцией проф. И.Я. Гузмана)

Впервые издан учебник для вузов, обучающихся по специальностям «Химическая технология керамики и огнеупоров», «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов».

Он состоит из двух частей. В первой части представлены классификация керамики, характеристика различных видов сырья для ее производства, включая техногенное. Подробно описаны основные передельные технологии – подготовка порошков, керамических масс, процессы формования различными методами, механизмы спекания, а также дополнительные виды обработки керамики (металлизация, глазурирование, декорирование, механическая обработка). Описаны структура и основные свойства различных видов керамики – механические, деформационные, теплофизические, электрофизические, в том числе при высоких температурах.

Во второй части представлена технология основных видов керамических изделий, классифицированных по областям их применения.

Новое учебное пособие рассчитано на студентов вузов, обучающихся по специальности «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов», а также будет полезно специалистам, работающим в области керамики и огнеупоров.

Химическая технология керамики: Учеб. пособие для вузов /

Под ред. Проф. И.Я.Гузмана. – М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2003. – 496 с., ил.

Бланк-заявка на приобретение учебника – на обороте! ➔

«Батимат» в Санкт-Петербурге меняет название

В сентябре 2003 г. в выставочном комплексе «Ленэкспо» (Санкт-Петербург) состоялась Балтийская строительная неделя, которая до сих пор была известна как выставка «Батимат Санкт-Петербург». Появление нового общего названия обусловлено выделением некоторых разделов экспозиции в самостоятельные выставки («Heat Vent Санкт-Петербург», «Decotex Санкт-Петербург» и др.).

Экспозиция заняла около 16 тыс. м², на которых расположилось 450 фирм из России и 25 стран мира, представивших широкий спектр продукции для строительства, инженерного обеспечения зданий, декора и убранства помещений. Как отечественные, так и зарубежные фирмы в основном были представлены не производителями материалов и конструкций, а в основном торговыми структурами, поставляющими на рынок изделия и материалы сразу нескольких компаний.

Однако среди торговых организаций были и настоящие отечественные производители. Московская фирма «Неохим» представила коллекцию красок «Ухра» для получения покрытий с высокой адгезией и обладающих эффектом подавления коррозии. Краски предназначены для защиты от коррозии металлических и железобетонных конструкций. В серию «Ухра» входят краска-грунтовка для защиты металла от коррозии, грунтовка, шпатлевка, краска защитно-декоративная (фасадная), краска для внутренних работ. Составы производятся на водной основе.

Раздел оборудования для производства строительных материалов занимал достаточно скромное место в экспозиции, поэтому установки для производства пенобетона («Санни»), вибролитья и вибропрессования ООО «Стройбетон» из г. Старая Русса Новгородской обл. привлекали особое внимание посетителей. Вместе с оборудованием фирма поставляет пенообразователь «Ареком», ускоритель твердения «Простон» и смазку для форм «Компил».

Оригинальный импортный теплоизоляционный материал «Thermal-Coat™» представила компания «СпецСтройСистемы». «Thermal-Coat™» — это микроскопические керамические и силиконовые шарики, которые находятся во взвешенном состоянии в жидкой композиции из синтетического каучука, акриловых полимеров и неорга-

нических пигментов. После высыхания состав белого цвета образует эластичную пленку, которая характеризуется коэффициентом теплопроводности 0,005–0,04 Вт/(м·К) в зависимости от температуры и плотности теплового потока от поверхности объекта. Средняя плотность материала 450 кг/м³, водопоглощение за 24 ч при толщине слоя 0,6–0,65 мм 0,006 г/см². Компания «СпецСтройСистемы» предлагает использовать материал в качестве теплоизоляционного красочного покрытия для изоляции трубопроводов, паровых котлов, водонагревателей, стен и крыш жилых зданий. Материал опробован на некоторых зданиях в Санкт-Петербурге.

В дни работы выставки третий раз проводилась международная конференция «Baltmix — сухие строительные смеси для XXI века», которая собрала представителей около 100 компаний из различных регионов России и зарубежья. На конференции поднимались актуальные вопросы производства сухих строительных смесей, касающиеся отечественного и зарубежного оборудования, автоматизации производственных процессов.

Большое внимание в работе конференции уделялось маркетинговым вопросам и продвижению ССС на строительный рынок. Доклад о возможных путях развития российской отрасли сухих строительных смесей сделал генеральный директор компании «Строительная информация» Е. Ботка. Не менее актуальными для специалистов стали результаты исследования структуры покупателей ССС в Москве, проведенные компанией «Symbol». В программе конференции состоялась экскурсия на новый завод компании «Сканмикс СПб», который построен по проекту ООО ПКП «Стройтехника».

Второй раз на выставке «Батимат» был представлен проект «В поддержку малого бизнеса», разработанный совместно с Петербургским строительным центром. Цель этого проекта — продвижение малых и средних предприятий на российский и международный рынки в условиях бюджетного дефицита. Малым предприятиям были предоставлены специальные условия участия в выставке, дополнительная информационная поддержка и льготы, ориентированные на специфику именно этого сектора экономики.

- ✂
1. Отправьте заполненную заявку в редакцию журнала «Строительные материалы» по факсу (095) 124-32-96, 124-09-00 или e-mail: rifsm@ntl.ru
 2. Счет на оплату будет выслан по факсу или по почте. Оригинал счета будет выслан Вам по почте с книгой.

название организации

просит выставить счет на приобретение книги «Химическая технология керамики» по цене 450 руб/экз.

Наши реквизиты для оформления счета

Название организации с указанием формы собственности _____

ИНН

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Юридический адрес: _____

Телефон/факс: () _____

Фамилия, имя, отчество получателя: _____

Почтовый адрес доставки: _____