

Учредитель журнала:
ООО Рекламно-издательская
фирма «Стройматериалы»

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.
ГОНЧАРОВ Ю. А.
ГОРИН В. М.
ЖУРАВЛЕВ А. А.
КОЗИНА В. Л.
КРАСОВИЦКИЙ Ю. В.
КРИВЕНКО П. В.
ЛЕСОВИК В. С.
ОРЕШКИН Д. В.
ПИЧУГИН А. П.
ФЕДОСОВ С. В.
ФИЛИППОВ Е. В.
ХЕЛМИ Ш.
ХИХЛУХА Л. В.
ЧЕРНЫШОВ Е. М.
ШЛЕГЕЛЬ И. Ф.
ШТАКЕЛЬБЕРГ Д. И.

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
возможны лишь с письменного
разрешения главного редактора

Редакция не несет ответственности
за содержание рекламы и объявлений

Адрес редакции:

Россия, 127434, Москва,
Дмитровское ш., д. 9, стр. 3

**Тел./факс: (499) 976-22-08
(499) 976-20-36**

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

Крупнопанельное домостроение

**III Международная научно-практическая конференция
«Развитие крупнопанельного домостроения в России»** (Информация)..... 3

Новый продукт от компании «Гален» – композитная сетка ROCKMESH 8

EBAWE – инновации для будущего 10

Н. И. КАРПЕНКО, В. Н. ЯРМАКОВСКИЙ

**Основные направления ресурсоэнергосбережения при строительстве
и эксплуатации зданий. Часть 1. Ресурсоэнергосбережение
на стадии производства строительных материалов,
стеновых изделий и ограждающих конструкций** 12

Научно обоснованы и сформулированы основные направления (пути) ресурсоэнергосбережения на стадиях производства и применения в строительстве основных компонентов бетонов (композиционных малоклинкерных вяжущих и заполнителей, изготавливаемых на базе использования продуктов переработки техногенных отходов). Выполнен аналитический обзор и определены ориентированные на ресурсоэнергосбережение основные пути развития индустрии особо легких бетонов для производства стеновых изделий и ограждающих конструкций.

Новое поколение кассетных форм Weckenmann 19

**XIV Международная специализированная выставка
«Строительная Техника и Технологии'2013»** (Информация) 24

В. А. ЕЗЕРСКИЙ, П. В. МОНАСТЫРЕВ, Р. Ю. КЛЫЧНИКОВ

**Оптимизация термомодернизации крупнопанельного жилого здания
с учетом сроков службы теплозащитных мероприятий** 25

Показано, что повышение тепловой защиты здания с использованием дорогих и долговечных материалов приводит к чистой экономии средств, в два раза превышающей капиталовложения при сроке окупаемости 20,8 лет.

Высокопрочные бетоны

С. С. КАПРИЕЛОВ, И. А. ЧИЛИН

**Сверхвысокопрочный самоуплотняющийся фибробетон
для монолитных конструкций** 28

Приведены результаты исследования свойств сверхвысокопрочного самоуплотняющегося фибробетона классов выше В100. В основе технологии получения такого материала лежит совмещение сверхвысокопрочной матрицы, основной объем которой представляет собой аналог Reactive Powder Concrete – порошкового бетона – и стальной фибры. Показаны тенденции изменения прочности на осевое сжатие и растяжение при изгибе в зависимости от количества фибры в бетонной смеси. Получен сверхвысокопрочный самоуплотняющийся сталефибробетон классов от В100 до В130, отличающийся повышенной удобоукладываемостью и технологичностью, с пределами прочности на осевое растяжение выше 10 МПа, на растяжение при изгибе выше 20 МПа, начальным модулем упругости 44–50 ГПа и динамическим модулем упругости 46–55 ГПа.

И. М. БАРАНОВ

**Проблемные вопросы технологии получения
высококачественных специальных бетонов** 31

С целью создания системы оценки свойств и классификации по свойствам формовочных смесей для особопрочных и самоуплотняющихся бетонов, бетонов для подводного бетонирования и ремонтных композиций с последующей стандартизацией для обеспечения высокого качества и физико-механических свойств бетонов из этих смесей предлагается прибор и методика определения их реологических свойств.

Т. А. КРАСНОВА, Н. И. БОРОУЛЯ

Химическая модификация бетонов для монолитного бетонирования 33

Рассмотрены основные модификаторы бетонов и строительных растворов, являющиеся анионоактивными ПАВ – полиметиленафталинсульфонаты (Пластификатор С-3), лигносульфонаты (ЛСТ), поликарбоксилатные эфиры (ПК), а также некоторые карбоновые кислоты и их производные. Описан механизм действия данных модификаторов, приведена оценка эффективности монопродуктов и комплексных модификаторов на их основе на различных цементах в соответствии с ГОСТ 30459–2008. Показано преимущество комплексных узконаправленных модификаторов перед монопродуктами и универсальными модификаторами.

Ячеистые бетоны: наука и практика

Автоклавный газобетон – надежный и долговечный материал для жилищного и гражданского строительства 38

А.А. ВИШНЕВСКИЙ, Г.И. ГРИНФЕЛЬД, Н.О. КУЛИКОВА

Анализ рынка автоклавного газобетона России. 40

Представлен анализ данных о состоянии производства автоклавного газобетона (АГБ) в России. Приводится характеристика установленных мощностей по выпуску АГБ, сообщаются данные по выпуску АГБ в 2012 г., анализируется сырьевая база производства и характеристики выпускаемой продукции. Также рассматриваются перспективы развития производства автоклавного газобетона в России.

М.В. КАФТАЕВА, И.Ш. РАХИМБАЕВ

О влиянии первичного и вторичного этtringита на качество автоклавного газобетона 45

Показано, что вторичный этtringит не опасен для автоклавных ячеистых бетонов, так как он образуется в смеси в условиях низкой концентрации $\text{Ca}(\text{OH})_2$ через «жидкую фазу». В то же время при температуре автоклавной обработки $t=185-190^\circ\text{C}$, особенно это заметно при использовании литевой технологии производства газобетонных изделий, когда в сырьевую смесь вводится до 10% гипса, последний превращается в α -растворимый ангидрид, отличающийся большой скоростью гидратации и значительным расширением при твердении. Этот процесс может явиться причиной образования дефектов структуры готовых изделий на стадии охлаждения.

Результаты научных исследований

И.Я. ГНИП, С. ВАЙТКУС, С. ВЕЯЛИС

Прогностическая оценка деформации ползучести полистирольного пенопласта (EPS) при постоянном сжатии 47

Представлены результаты исследований ползучести полистирольного пенопласта при постоянной сжимающей нагрузке. По результатам длительных экспериментов определена его податливость при ползучести при постоянно сжимающем напряжении. Выявлена зависимость податливости при ползучести от прочности пенополистирола при сжатии $\sigma_{10\%}$. Изменение податливости при ползучести с течением времени представлено коэффициентом m_t . Предложен практический способ прогностической оценки деформации ползучести полистирольного пенопласта на базе короткого эксперимента (или с использованием эмпирических уравнений для податливости при ползучести I_c) и коэффициента m_t , учитывающий изменение значения I_c во времени.

А.Г. ПЕРЕХОЖЕНЦЕВ

Моделирование температурно-влажностных процессов в пористых строительных материалах. Часть 8. Расчет количества незамерзшей воды в пористых материалах при отрицательной температуре 54

Рассматривается методика расчета количества незамерзшей воды в порах материалов при отрицательной температуре.

В.С. ЛЕСОВИК, А.В. САВИН, Н.И. АЛФИМОВА, А.В. ГИНЗБУРГ

Оценка защитных свойств бетона из композиционных вяжущих по отношению к стальной арматуре 56

Методами электрохимических исследований, диффузионной проницаемости, коррозионных испытаний исследованы защитные свойства бетона на композиционных вяжущих (КВ) с применением техногенных, природных песков и суперпластификатора по отношению к стальной арматуре. Установлено, что в бетоне на КВ без суперпластификатора, содержащих до 50% песков, защита стальной арматуры от коррозии обеспечивается при расходе клинкерной составляющей не менее 190 кг/м^3 . Введение в КВ суперпластификатора позволяет получать бетон класса более В40 пониженной проницаемости и снизить расход клинкерной составляющей до 110 кг/м^3 .

А.О. АДАМЦЕВИЧ, А.П. ПУСТОВГАР, А.В. ЕРЕМИН, С.А. ПАШКЕВИЧ

Исследование влияния формиата кальция на процесс гидратации цемента с учетом фазового состава и температурного режима твердения 59

В настоящее время в строительстве активно применяются химические добавки для интенсификации твердения бетонов и других систем на основе цементного вяжущего. Одной из наиболее популярных бесхлоридных добавок-ускорителей является формиат кальция. В работе приведены результаты экспериментального исследования влияния формиата кальция на процесс гидратации портландцементов с различным фазовым составом. Исследование производилось с использованием метода изотермической калориметрии в широком температурном диапазоне твердения.

Сырьевая база отрасли

Г.Р. БУТКЕВИЧ

Проблемы вовлечения отходов горнодобывающего производства в хозяйственную деятельность 62

Рассмотрена проблема накопления и использования отходов горной промышленности. Приводятся данные об объемах накопленных отходов в отвалах и шламохранилищах и объемах текущих отходов. Сформулированы предложения, которые позволят повысить заинтересованность промышленности в вовлечении вторичного сырья в хозяйственную деятельность.

А.Г. ШАПАРЬ, А.Ю. ВИЛКУЛ, Л.В. ЯКУБЕНКО, Н.А. ЕМЕЦ

Некоторые аспекты производства строительных материалов в процессе освоения техногенных месторождений Кривбасса 66

Для эффективного освоения техногенных месторождений с целью получения минерального сырья для производства строительных материалов разработаны технологические схемы отработки этих массивов. Выбор технологической схемы осуществляется исходя из особенностей состояния техногенных массивов.

Французский концерн «Сан-Гобен» долго выжидал, теперь вынужден догонять производителей гипсокартона на российском рынке 69

Новости 70

III Международная научно-практическая конференция «Развитие крупнопанельного домостроения в России»

4–5 апреля 2013 г. в Ростове-на-Дону в Конгресс-Отеле Don-Plaza прошла III Международная научно-практическая конференция «Развитие крупнопанельного домостроения в России», организованная Центральным научно-исследовательским и проектным институтом жилых и общественных зданий (ЦНИИЭП жилища) и объединенной редакцией научно-технических журналов «Жилищное строительство» и «Строительные материалы»® при поддержке Министерства регионального развития РФ, Российского союза строителей, Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН), а также спонсора мероприятия – ЗАО «ПАТРИОТ-Инжиниринг» и партнеров конференции – Группы ЛСР (Россия), Ebawe Anlagentechnik и Echo Precast Engineering (Германия).

В работе конференции приняли участие более 170 руководителей и ведущих специалистов строительно-инвестиционных компаний, домостроительных предприятий, проектных организаций, девелоперских фирм, машиностроительных компаний, ученых вузов и научно-исследовательских институтов из 30 регионов Российской Федерации и 5 европейских стран.



К заместителю губернатора Ростовской области **С.Ф. Трифонову**, как и ко всем докладчикам, у средств массовой информации было много вопросов. Работу конференции освещали такие средства массовой информации как РИА НОВОСТИ, Интерфакс, телеканалы «Вести Дон», РБК-ЮГ



Министр строительства, архитектуры и территориального развития Ростовской области **В.Н. Кузнецов**

Проведение конференции в Ростове-на-Дону инициировано участниками, которые на предыдущих мероприятиях, проходивших в Москве, высказывали пожелания рассмотреть возможность проведения следующей конференции в одном из регионов РФ, для того чтобы во время выездной сессии, которая традиционно проходит во второй день, познакомиться с региональными предприятиями. В 2013 г. выездная сессия объединила два тура. Все участники конференции смогли посетить ЗАО «Комбинат крупнопанельного домостроения» (предприятие ЗАО «ПАТРИОТ-Инжиниринг») и жилой район «Западные ворота» в Ростове-на-Дону.

30 ноября 2012 г. Правительством РФ утверждена государственная программа «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации». Этой программой установлены объемы ввода жилья в 2015 г. – 71 млн м², в 2020-м – до 92 млн м², что существенно ниже объемов, заявленных правительством 25 апреля 2011 г.: в 2015 г. выйти на объем 100 млн м², а в 2020-м – на 140 млн м².

Анкетный опрос, постоянно проводимый ЦНИИЭП жилища, и анализ статистических данных показывают, что доля крупнопанельного жилья в объеме 65,2 млн м² построенного в 2012 г., составляет примерно 18%. Фактическая общая мощность домостроительных предприятий находится на уровне 50 млн м² в год, что говорит об использовании производственных мощностей в среднем на уровне 25–30%. Отсутствие государственных (федеральных, муниципальных) заказов в программах предприятий КПД и соответствующей поддержки сказывается на недоиспользовании имеющихся домостроительных мощностей. На наличие этого фактора в виде «прироста качественного жилья в 30 млн м²» обратил внимание председатель Правительства РФ в апреле 2011 г.

Происходящие кадровые перестановки и структурные изменения в Министерстве регионального развития РФ не позволили в прошедшем году выполнить наказ участников второй конференции о реализации пилотных проектов по модернизации предприятий в восьми федеральных округах и создать Положение о налоговых льготах при модернизации домостроительных предприятий и организации производства современного технологического оборудования на отечественных машиностроительных предприятиях.

Однако несмотря на это, положительным итогом прошедшего после второй конференции времени можно считать продолжающийся рост числа предприятий, которые ведут или планируют проведение модернизации на качественно новой технической основе с использованием гибкой технологии производства. Как показывает анкетный опрос, практически во всех федеральных округах России наметилась тенденция восстановления и модернизации домостроительных предприятий.

Конференция вызвала большой интерес администрации и специалистов Ростовской области, местных средств массовой информации. С приветственным словом к участникам конференции обратился заместитель губернатора Ростовской области **С.Ф. Трифонов**. Он отметил, что конференция может дать дополнительный импульс к решению жилищного вопроса как в Ростове, так и в области в целом. По словам С.Ф. Трифонова, с 2010 г. по настоящее время Ростовская область твердо держится в десятке регионов-лидеров по объемам ввода жилья, в городе ощущается дефицит жилья эконом-класса и только крупнопанельное домостроение, позволяющее строить быстро, качественно и при этом комфортно, позволяет решить эту проблему.

В настоящее время мощности существующих предприятий Ростовской области, производящих крупнопанельные конструкции, смогут обеспечить не толь-



В этом году ЗАО «ПАТРИОТ-Инжиниринг» выступило соорганизатором и спонсором конференции. Генеральный директор ЗАО «ПАТРИОТ-Инжиниринг» **С.Е. Шмелев** отметил, что основная ценность подобных мероприятий – возможность узнать о последних разработках и инновациях в отрасли, наладить сотрудничество с российскими и зарубежными коллегами. Индустриальное домостроение на современном этапе позволяет строить быстро, качественно и экономично с применением железобетонных конструкций заводского изготовления. А используя современные технологии, внедряя ноу-хау, тщательно подбирая оборудование и детально контролируя весь производственный процесс, можно возводить здания, интересные с точки зрения архитектуры и обладающие максимальным уровнем комфорта.

ко растущие потребности регионального рынка жилищного строительства, но и потребности других российских субъектов. Реконструкция, проведенная на «Комбинате крупнопанельного домостроения» (ККПД), доказала, что продукция завода приобрела совершенно иные технические характеристики, в сегменте индустриального домостроения появились принципиально новые технологии, которые дают стимул развитию строительной отрасли всего Ростовского региона.

В Стратегии социально-экономического развития Ростовской области на период до 2020 г. выделен перечень основных направлений, приоритетных для решения на период 2013–2016 гг. Для строительного комплекса это развитие производства строительных материалов. В области имеется мощная минерально-сырьевая база для строительной индустрии, ресурсы которой удовлетворяют не только нужды области, но и позволяют вывозить некоторые виды сырья и строительные материалы в другие регионы.

Развитие промышленности строительных материалов и индустриального домостроения позволяет привлекать в регион инвестиции, обеспечивать выпуск современных конкурентоспособных материалов, необходимых для жилищного строительства. В подпрограмме «Развитие территорий для жилищного строительства в Ростовской области» областной долгосрочной целевой программы «Развитие жилищного строительства в Ростовской области на 2010–2015 гг.» разработан раздел «Развитие промышленности строительных материалов и индустриального домостроения в Ростовской области», предусматривающий развитие предприятий промышленности строительных материалов, изделий и конструкций до 2015 г. с последующей ежегодной корректировкой до 2020 г.



В этом году фирмы Ebaue и Echo precast engineering (Германия) выступили партнерами мероприятия. **В.А. Лихтнер** рассказал об этапах модернизации самого большого на Юге России завода по производству сборных элементов ЗАО «Комбинат крупнопанельного домостроения» (ККПД) в Ростове-на-Дону производительностью: внутренних стеновых элементов 1350 м² в сутки; массивных плит перекрытия 1100 м²; сэндвичных элементов 800 м², а также о частичной модернизации действующего ООО «ДСК» в г. Набережные Челны (Республика Татарстан) производительностью 200 тыс. м² жилья в год введено в эксплуатацию в августе 2012 г.

Группа ЛСР поддержала проведение первой научно-практической конференции, посвященной проблемам крупнопанельного домостроения на уровне идеи. Уже в течение трех лет Группа ЛСР является соорганизатором мероприятия. Заместитель управляющего по промышленному производству и техническому развитию ЗАО «ДСК «БЛОК» (предприятие Группы ЛСР, Санкт-Петербург) **И.В. Тырон** рассказал о реализации индивидуальной архитектуры из индивидуальных сборных элементов под потребности заказчика. Он обратил внимание на усиление связи проектирование – производство – строительство на основе внедрения современного высокотехнологичного оборудования ведущих мировых производителей, таких как Weckenmann, Vollert, EBAWE (Германия); ELEMATIC Oy, Eaglefinn Oy, SAL-product Oy (Финляндия), EVG (Австрия) и др.; автоматизации процесса проектирования и управления производством путем внедрения системы Allrap и интеграции ее с производственными линиями; быстрой переналадки оборудования под новый вид изделия. Организаторы и участники получили официальное приглашение Группы ЛСР провести конференцию в 2014 г. на базе ЗАО «ДСК «БЛОК» в Санкт-Петербурге.



Важным этапом по стимулированию привлечения инвестиций в экономику Ростовской области стало формирование перспективных инвестиционных площадок, инициированных властными структурами и бизнесом в ряде муниципальных образований области. Часто предприятия по производству строительных материалов входят в состав индустриально-строительных кластеров, созданных и создаваемых на базе существующих и планируемых промышленных зон. Например, в декабре 2012 г. начал выпуск продукции домостроительный комбинат по строительству быстровозводимых железобетонных зданий ООО «Ирдон» (производство стеновых материалов) с проектной мощностью 100 тыс. м² жилья в год, включенный в перечень «100 губернаторских инвестиционных проектов», реализация которого сопровождалась Министерством строительства, архитектуры и территориального развития Ростовской области.



С. Лопырев (Vollert, Германия) отметил реализованные и находящиеся в стадии завершения проекты стройиндустрии РФ и стран СНГ. Большой интерес вызвал раздел доклада, посвященный схемам финансирования реализации проекта с привлечением банка-кредитора



Д.Е. Нырковский – генеральный директор ООО «Олерт Маркетинг», фирма «Weckemann Anlagentechnik GmbH&Co. KG» (Германия), подробно остановился на поэтапной модернизации ЗАО «ДСК «Блок» (предприятие Группы ЛСР, Санкт-Петербург) в 2007–2012 гг. Это предприятие было построено в 1992 г. как одно из самых больших в Европе.



Доктор технических наук Ростовского государственного строительного университета (Ростов-на-Дону) **Г.В. Несветайев** обратил внимание участников конференции на одну из проблем эксплуатации крупнопанельных домов – вертикальный стык и предложил возможные варианты решения этой проблемы: изменение схемы разрезки панелей или укрупнение размера панелей (например, в США размер панелей может достигать 35 м²)



Ю.А. Смекалова – инженер-технолог ООО «Торговый дом СУПЕРПЛАСТ» (Владимир) сделала доклад об эффективности применения химических модификаторов в крупнопанельном домостроении

В Ростовской области уделяется большое значение не только созданию новых мощностей по производству строительных материалов. Для обеспечения запланированного роста объемов жилищного строительства проводится работа по расширению и модернизации производств, замене устаревших и изношенных фондов предприятий промышленности строительных материалов и стройиндустрии, в частности проведена модернизация основных фондов на производственных площадках ООО «Строительный трест КСМ-14».

Для оказания государственной поддержки проектов по созданию новых и модернизации действующих производств строительных материалов, а также технологий жилищного строительства Правительством Ростовской области принят ряд правовых документов (областные законы, долгосрочные целевые программы, постановления), где указаны основные формы финансовой поддержки предприятий и организаций из областного бюджета:

- предоставление государственных гарантий по кредитным заимствованиям;
- предоставление инвестиционных налоговых кредитов;
- предоставление налоговых льгот;
- субсидирование части расходов по уплате процентов по привлеченным предприятиями и организациями кредитам, лизинговым платежам.

Развитие в регионе крупнопанельного домостроения позволит достигнуть высоких технико-экономических показателей в строительстве жилых домов, поддержит дальнейшее развитие предприятий строительной индустрии, где использование современного оборудования не только обеспечит повышение качества выпускаемой продукции, расширение ее ассортимента, но и приведет к улучшению условий труда.

Генеральный директор ОАО «ЦНИИЭП Жилища» **С.В. Николаев** сделал доклад «Новые подходы в проектировании социального жилья», в котором подчеркнул, что в настоящее время проектируется и строится жилье на 80–100 лет вперед, поэтому жилье эконом-класса должно иметь возможность перепланировки в любое время. Проектноэкспериментальные разработки ЦНИИЭП жилища показали, что наиболее перспективным является переход на использование при строительстве жилых зданий многпустотных плит безопалубочного формирования и элементов каркаса в виде рам, пилонов и ригелей. Пролеты в жилых зданиях за счет использования многпустотных плит перекрытий могут достигать до 8,4–9 м как в продольном, так и в поперечном направлениях. Он предложил реальные проектные решения в виде системы каркасно-панельного домостроения (СКПД). Эта система позволяет за счет открытой типизации и индустриального производства конструкций строить широкий спектр жилых, социальных и общественных зданий с гибкими объемнопланировочными решениями, что в совокупности недостижимо ни в одной из существующих систем домостроения. СКПД позволяет строить жилье эконом-класса с возможностью расширения и видоизменения жилых пространств в течение всего срока жизни здания. Статью С.В. Николаева читайте в журнале «Жилищное строительство» № 8–2013 г.

Всего на пленарном и секционных заседаниях заслушано 32 доклада, посвященных конкретным вопросам модернизации действующих домостроительных



Генеральный директор ЗАО «Рекон» (Чебоксары) **В.А. Шембаков** как всегда эмоционально охарактеризовал возможности и преимущества технологии сборно-монолитного каркасного домостроения (читайте его статью в журнале «Жилищное строительство», № 3, 2013. С. 26–29)



Доктор технических наук **В.В. Белов**, профессор Тверского государственного технического университета уделил внимание проектированию оптимальных структур цементных бетонов



Директор по развитию ЗАО «Элитикон» (Москва) **А.В. Фефелов** рассказал об особенностях реконструкции Гомельского ДСК

предприятий, выбору технологического оборудования, снижению энергоемкости производства, применению новых и традиционных материалов и конструктивных решений при выпуске изделий КПД. Большинство из них опубликованы в журналах «Жилищное строительство» и «Строительные материалы»® № 3–2013 г.

Принимая как реальность в условиях недостаточной обеспеченности жильем строительство в значительных объемах домов экономкласса, участники конференции обращают внимание на необходимость закладывать в проекты домов конструктивные решения, позволяющие по мере роста обеспеченности жильем расширять границы и планировочные решения помещений. Это позволит не создавать проблему морального старения жилого фонда, который строится в настоящее время, и касается всех видов домостроения – крупнопанельного, монолитного, каркасного, монолитно-каркасного.

В основе модернизации домостроительных предприятий должны быть заложены два основополагающих принципа – гибкая технология производства и гибкая конструктивная схема строящихся зданий.

Гибкость планировочных решений зданий должна быть обеспечена созданием пролетов с шагом шесть и более метров. Для перекрытия таких пролетов наиболее экономичным решением является применение многопустотных плит безопалубочного формования.

Введение в конструкцию крупнопанельных зданий многопустотных плит и элементов каркаса в виде рам, балок, колонн, пилонов позволяет на основе гибкой технологии производства придать новый импульс процессу модернизации домостроительных предприятий и, в конечном счете, развитию крупнопанельного домостроения в России.

Участники конференции решили:

- обратиться к руководству Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству Министерства регионального развития РФ с предложением по координации процесса модернизации домостроительных предприятий и его информационному обеспечению, обмену опытом, разработке Положений по налоговым льготам и процентным ставкам по кредитам для мо-



Главный инженер ООО «Калужский домостроительный комбинат» **Е.Ф. Филатов**



Главный технолог ОАО «Курский завод КПД им. А.Ф. Дериглазова» **Н.А. Вялых**



У коллег всегда найдется тема для обсуждения





Участники конференции приезжают с большим количеством вопросов на выездную сессию. При посещении предприятия или стройки можно задать интересующие вопросы и получить исчерпывающие ответы от специалистов принимающей стороны. В этом году участники конференции смогли посетить все цеха ККПД, увидеть рабочий процесс, обсудить работу оборудования, побывать в лаборатории. При посещении микрорайона «Западные ворота» смогли оценить качество строительства с использованием архитектурного бетона, применение которого вызывает множество неоднозначных вопросов. Стоит отметить, что многие участники были удивлены внешним видом построенных жилых домов, фасады которых увешаны так портящими общую картину кондиционерами. Хотелось бы обратить внимание проектировщиков, что в регионе с умеренно-континентальным климатом с заведомо жарким летом необходимо предусматривать либо центральное кондиционирование (удорожающее строительство и эксплуатацию здания), либо консоли со специальным ограждением или французские балконы для установки внешних блоков кондиционеров. Это еще одна проблема, которую необходимо решать в ближайшее время и проектировщикам и производителям.

дернизруемых предприятий, разработке Общероссийского каталога проектов жилых домов эконом-класса с долгосрочными потребительскими свойствами;

- продолжить практику проведения открытых конкурсов по линии Федерального фонда содействия развитию жилищного строительства (Фонд «РЖС») на проектирование и строительство жилых комплексов многофункционального назначения на базе домов эконом-класса с гибкой планировкой квартир и возможностью их перепланировки в течение всего срока жизни здания;

- создать при ЦНИИЭП жилища постоянно действующую комиссию из заинтересованных участников конференции на инициативной и безвозмездной основе с целью координации деятельности в части развития крупнопанельного домостроения в России в период между ежегодно проводимыми конференциями. Просить журнал «Жилищное строительство» регулярно освещать деятельность этой комиссии;

- считать полезным продолжение организации научно-практических конференций по модернизации базы крупнопанельного домостроения. Организовать IV Международную научно-практическую конференцию «Развитие крупнопанельного домостроения в России» в 2014 г. в Санкт-Петербурге.

Л.В. Сапачева, Е.И. Юмашева



Организаторы конференции уверены, что ее участники получили большой объем необходимой информации, обзавелись новыми профессиональными контактами, обсудили интересующие вопросы.

Ждем вас на конференции в Санкт-Петербурге в 2014 г.

Новый продукт от компании «Гален» — КОМПОЗИТНАЯ СЕТКА ROCKMESH

Компания «Гален» (Чебоксары, Республика Чувашия) специализируется на выпуске композитных материалов для использования в различных отраслях. Первыми материалами, разработанными для строительства, стали арматура и гибкие связи из стеклопластика и базальтопластика. В настоящее время компания начала промышленное производство инновационного продукта — композитной сетки ROCKMESH.

Композитные гибкие связи представляют собой стержни круглого сечения с утолщениями из песка на концах, выполняющими роль анкера при фиксации в швах кладки. Они применяются при изготовлении железобетонных трехслойных панелей типа «сэндвич» для



О преимуществах композитной сетки ROCKMESH на III Международной научно-практической конференции «Развитие крупнопанельного домостроения в России» рассказал директор ООО «Гален» В.Н. Николаев (Ростов-на-Дону, апрель 2013 г.)



Композитная сетка ROCKMESH предназначена для армирования бетонных плит, балок, находящихся в среде повышенной влажности и под действием агрессивных сред (напольные покрытия, ванные комнаты, химические производства, сельскохозяйственные сооружения, прибрежные конструкции); кирпичных и каменных стен зданий и сооружений; внешнего слоя бетонной плиты в крупнопанельном домостроении; бетонных элементов, подвергающихся воздействию химических веществ и солей (производственные напольные покрытия, прибрежные сооружения, градирни, мосты, плотины и др.); бетонных поверхностей дорог, обработанных антиобледенителями и солями. Композиционная сетка может применяться для ограждения автомобильных дорог и железнодорожных путей

крупнопанельного домостроения (соединяют между собой несущий и облицовочный слои). Появление композитных гибких связей для железобетонных или кирпичных ограждающих конструкций позволило решить несколько проблем в домостроении. Например, замена в железобетонных конструкциях шпонок и гибких связей из металла композитами повысила качество и прочность строящихся объектов, устранила мостики холода; теплоэффективность стен зданий увеличилась до 30%, одновременно снизилась себестоимость строительства. По данным ОАО «Мапид» (Минск, Республика Беларусь), замена металлических гибких связей на базальтопластиковые увеличивает сопротивление теплопередаче наружных стен на 14%.

Среди основных преимуществ гибких связей из базальтопластика — низкая теплопроводность (у базальтопластика $0,46 \text{ Вт/м}^2$, а у металла 56 Вт/м^2). Таким образом, базальтопластик в 100 раз менее теплопроводен, что и стало основой для решения проблемы мостиков холода, образуемых металлическими конструкциями. Применение базальтопластиковых связей позволяет сэкономить 20–30% на отоплении. Следующее важное качество — высокая коррозионная и химическая стойкость. Базальтопластик не ржавеет, устойчив к агрессивному влиянию щелочной среды раствора (бетона). Низкая плотность материала позволяет снизить нагрузку на фундамент здания. Гибкие связи из базальтопластика в 3,7 раза легче металлических. Прочность и долговечность изделий из базальтопластика, испытанных в НИИЖБ им. А.А. Гвоздева (Москва) и Университете Шеффилда (Великобритания), позволяют сохранять свойства в щелочной и тепловлажной среде. Экономическая целесообразность их применения также очевидна: конструкция с гибкими связями из базальтопластика в 3–5 раз дешевле, чем из традиционных материалов. Учитываются и требования к пожаробезопасности. Испытания, проведенные в соответствии с требованиями ГОСТ 30247.0–94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции», показали, что предел огнестойкости бетонной панели с гибкими связями из базальтопластика составляет не менее 151 мин.

С начала 2000-х гг. базальтопластиковые гибкие связи, произведенные ООО «Гален», закладывались в проекты Новочебоксарского ДСК (Республика Чувашия), затем начались их поставки в другие регионы России

В настоящее время США потребляют 35% мирового производства композитов; Европа — 22%; Азия — 43%. Российский рынок в составе стран BRIC — менее 1%. В последние годы в России неуклонно растет интерес к применению композитов в разных отраслях промышленности.



Композитная сетка ROCKMESH – инновационный продукт, автором которого является ООО «Гален». Ее производят из базальтопластиковых композитных стержней ROCKBAR, произведенных ООО «Гален» на российском оборудовании. Технология производства сетки запатентована и освоена только в России

и страны СНГ – Казахстан, Беларусь. Следующим этапом были успешные испытания в Великобритании: продукт получил сертификацию BBA (British board of agreement) и стал применяться при строительстве британских пассивных домов. Десятилетний опыт применения композитов доказал очевидные преимущества разработки, удовлетворяя требованиям энергоэффективности, надежности и экономической целесообразности.

КОМПОЗИТНАЯ СЕТКА ROCKMESH

Уникальные свойства композитов не только делают их востребованными во многих областях, но и стимулируют к созданию альтернативных продуктов. Поэтому номенклатура выпускаемых ООО «Гален» изделий постоянно увеличивается. В 2011 г. началась разработка очередной новинки – **композитной сетки ROCKMESH**. Опытно-промышленные образцы сетки ROCKMESH были представлены генеральным директором ООО «Гален» В.Н. Николаевым в Ростове-на-Дону на III Международной научно-практической конференции «Развитие крупнопанельного домостроения в России» в апреле 2013 г., а в мае запущено ее промышленное производство на современных автоматических линиях. Производители смогли удержать стоимость инновационной разработки ROCKMESH на уровне цены металлической сетки, что во многих случаях делает ее использование предпочтительным благодаря особым физико-механическим свойствам. Важно отметить, что применение композитной сетки в качестве армирования внешнего слоя трехслойной плиты позволяет снизить расходы бетона на 20%.

ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА КОМПОЗИТНОЙ СЕТКИ ROCKMESH

При одинаковом диаметре с металлической композитная арматура сетки способна выдерживать более высокие нагрузки на растяжение, изгиб и вырыв из стены. Она прочнее металлической в 3–4 раза. При необходимости удержания заданной нагрузки диаметр композитной арматуры сетки может быть меньше, чем металлической, например 2 и 3 мм соответственно.

Высокая коррозионная и химическая стойкость: хорошая сопротивляемость химикатам, солям и коррозии даже в условиях высокой влажности и агрессивных сред.

Легкость: наиболее распространенная металлическая сетка (50×50×3 мм, 0,5×2 м) весит 2,22 кг/м², аналогичная сетка из композитной арматуры весит 0,36 кг/м², то есть легче в шесть раз.

Низкая теплопроводность: в отличие от металлических сеток и гибких связей, которые находясь в стене, являются мостиками холода и снижают теплозащитные свойства конструкции, композитная сетка имеет коэффициент теплопроводности 0,46 Вт/(м·°С).

Надежность и долговечность: по результатам исследований, проведенных в Университете Шеффилда (Великобритания), снижение прочности композитной арматуры в условиях влажности составляет 1,25 за 100 лет, что соответствует сохранению прочности на 79,6%. (Результаты получены в процессе испытаний, при которых композитная арматура находилась в агрессивной среде ускоренного действия в течение двух лет.).

Диэлектрик.

Не намагничивается.

Низкий модуль упругости позволяет быстро и без последствий гасить вибрацию.

При нарушении бетонной конструкции **сохраняет свою форму**, предотвращая дальнейшее разрушение объекта.

«Продукция «Гален» применяется в России и за рубежом более 15 лет. За это время сэкономлены за счет повышения теплоэффективности миллиарды кубометров газа и построены миллионы квадратных метров жилья», – отметил на конференции в Ростове-на-Дону генеральный директор ООО «Гален» В.Н. Николаев. В настоящее время начинается промышленное производство композитной сетки и ее массовое применение, что также принесет и экономию бетона, и удешевление строительства, и решение ряда технологических проблем при производстве и эксплуатации изделий крупнопанельного домостроения. А разработка и введение в действие нормативных документов, связанных с применением композитных материалов и арматуры, обозначают новый этап в развитии строительной отрасли в целом и в крупнопанельном домостроении в частности. Применение композитной сетки в качестве армирования внешнего слоя трехслойной плиты позволяет снизить расходы бетона на 20%.

Ключевые слова: композитная сетка, базальтопластиковая арматура, гибкие связи.



ООО «Гален»

Россия, 428008

г. Чебоксары, Комбинатская, д. 4

Тел.: +7(8352)66-23-22

E-mail: info@galen.su, market@galen.su

Web: www.galen.su

ЕВАВЕ – ИННОВАЦИИ ДЛЯ БУДУЩЕГО

Когда идея вдохновляет, видение становится реальностью и инновация воодушевляет – это и есть успех! Успех, который обеспечивают сотрудники компании ЕВАВЕ.

ЕВАВЕ Anlagentechnik означает более 60 лет инноваций, достижений и уважения. На территории предприятия в г. Айленбург (Германия), недалеко от Лейпцига, планируют, разрабатывают и поставляют машины и установки для индустрии производства бетонных элементов. Высококвалифицированные сотрудники разрабатывают интеллектуальные решения, которые приводят к увеличению производительности и успеху.

Как предприятие среднего размера, ЕВАВЕ является одной из преуспевающих компаний, насчитывающей более 300 сотрудников и имеющей офисы в разных странах.

Железобетонные элементы любой конфигурации и размера, изготовленные на оборудовании фирмы ЕВАВЕ (оно производится по индивидуальным пожеланиям заказчиков) применяются в гибком домостроении, позволяющем изменить квартирографию. Такое сотрудничество поставщиков оборудования и производителей продукции позволяет строить современное жилье.

На протяжении трех лет фирма ЕВАВЕ Anlagentechnik выступает одним из спонсоров международных научно-практических конференций, посвященных возрождению и развитию крупнопанельного домостроения в России.

В апреле 2013 г. конференция прошла в Ростове-на-Дону. Участники конференции посетили ЗАО «ККПД», входящее в ЗАО «ПАТРИОТ» (Москва). Комбиат крупнопанельного домостроения является самым большим на юге России. Первый этап реконструкции завода завершен в 2008 г. и рассчитан на производство около 130 000 м² новой жилой площади в год. На данный момент ведется подготовка к следующему этапу модернизации, где поставщиком оборудования также является компания ЕВАВЕ – один из мировых лидеров в этом сегменте рынка.

На конференции присутствовали более 170 участников из 30 регионов Российской Федерации и 5 зарубежных стран. Работу мероприятия освещали

средства массовой информации. По телеканалу Россия–Ростов показан сюжет о мероприятии, где интервью, в частности, дал представитель фирмы ЕВАВЕ в России В. А. Лихтнер. Российское информационное агентство «Интерфакс» также освещало это мероприятие.

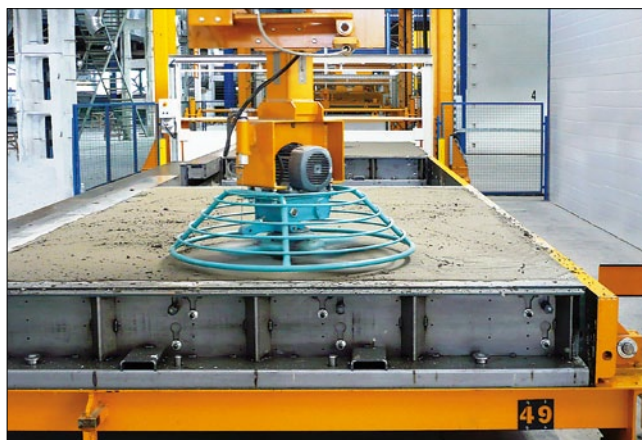
Участники конференции сходятся во мнении: без применения технологий индустриального домостроения невозможно реализовать такие объемы жилищного строительства, которые значатся в региональных планах. При этом, несмотря на то что это жилье причисляют к эконом-классу, качество и уровень комфорта отвечают самым современным требованиям.

Поездка на завод была очень полезна участникам мероприятия. Они смогли увидеть работу оборудования в действии, ознакомиться с производством стеновых панелей и других конструктивных элементов.

Также в ходе программы конференции участники смогли посетить жилой район «Западные ворота», где возведено социальное жилье повышенного стандарта.

Все из одних рук, все в комплекте – в этом смысле фирма ЕВАВЕ, имея необходимое ноу-хау и активно прилагая все силы для обеспечения производства в срок с максимальной надежностью, является подходящим партнером для осуществления проектов любых размеров. Специалисты фирмы ЕВАВЕ участвуют в разработках, приносящих значительную прибыль всей индустрии бетонных элементов. Политика фирмы ЕВАВЕ направлена на объединение задач клиента и представителя фирмы – надежного производителя машин и комплектных линий.





На 2013–2014 гг. запланирован запуск следующих проектов по реконструкции существующих и строительству новых комплексов заводов с различной комплектацией и производительностью.

ООО «ЗКПД СБ» Омск Россия	РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗАВОДА производство трехслойных стеновых панелей с утеплителем Оборудование: линия циркуляции паллет
ООО «Кемеровский ДСК» Кемерово Россия	РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗАВОДА производство наружных трехслойных и массивных стеновых панелей, межкомнатных массивных панелей и плит перекрытий массивных ненапряженных и преднапряженных; Оборудование: линия циркуляции паллет для производства ненапряженных и напряженных элементов, кассетные формы, формы для объемных элементов, арматурное производство: гибочный автомат, правильно-отрезной станок, прутковый автомат
ООО «Энергомонтаж» Новосибирск Россия	НОВЫЙ ЗАВОД КПД производство наружных трехслойных и массивных стеновых панелей, межкомнатных массивных панелей Оборудование: 2 линии циркуляции паллет, арматурное производство: автоматическая линия для производства арматурных сеток M-System Evolution, гибочный автомат, система автоматической адресной подачи бетона, бетоносмесительная и рециклинговая установка
ООО «Управляющая компания «12 квартал»» Ульяновск Россия	НОВЫЙ ЗАВОД КПД производство наружных стеновых панелей Оборудование: линия циркуляции паллет, кассетные формы для лестниц, опрокидывающий вибростол, линия для производства пустотных плит перекрытия, автоматическая линия для производства арматурных сеток M-System Evolution, гибочный автомат, установка для изготовления арматурных лесенок, установка для изготовления арматурных коробов, бетоносмесительная установка, система автоматической адресной подачи бетона
ТОО «Костанай-МБИ» Костанай Казахстан	НОВЫЙ ЗАВОД КПД производство трехслойных стеновых панелей с утеплителем и массивных межкомнатных стен и перекрытий, пустотных плит перекрытия Оборудование: линия циркуляции паллет, кассетные формы, формы для объемных элементов, линия для производства пустотных плит перекрытия, автоматическая линия для производства арматурных сеток «M-System Evolution», гибочный автомат, бетоносмесительная установка, система автоматической адресной подачи бетона
РА «Turkmendemirbetononumleri» Ашгабат Туркменистан	РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗАВОДА производство трехслойных стеновых панелей с утеплителем и массивных стен и элементов перекрытий Оборудование: линия циркуляции паллет, кассетные формы, опрокидывающие столы, правильно-отрезной автомат, гибочный автомат, сварочная установка для производства арматурной сетки Versity
РА «Turkmendemirbetononumleri» Абадан Туркменистан	РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗАВОДА производство трехслойных стеновых панелей с утеплителем и массивных стен и элементов перекрытий Оборудование: линия циркуляции паллет, кассетные формы, правильно-отрезной автомат, гибочный автомат, сварочная установка для производства арматурной сетки Versity
РА «Turkmendemirbetononumleri» Туркменабад Туркменистан	РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗАВОДА производство массивных стеновых панелей и элементов перекрытий Оборудование: кассетные формы, правильно-отрезной автомат, гибочный автомат, сварочная установка для производства арматурной сетки Versity

EBAWE Anlagentechnik GmbH Dübener Landstraße 58
04838 Eilenburg Deutschland (Германия)
Tel.: +49 (0)3423 665-0 Fax: +49 (0)3423 665-200
mail:info@ebawe.de www.ebawe.de



Н.И. КАРПЕНКО, д-р. техн. наук, академик РААСН,
В.Н. ЯРМАКОВСКИЙ, канд. техн. наук, почетный член РААСН,
Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (Москва)

Основные направления ресурсоэнергосбережения при строительстве и эксплуатации зданий. Часть 1.

Ресурсоэнергосбережение на стадии производства строительных материалов, стеновых изделий и ограждающих конструкций

Расход энергии жилищно-коммунальным хозяйством страны, по данным ЦНИИЭП жилища [1], составляет в настоящее время около 150 млн кг у. т. в год, а с учетом расходов на строительство зданий – более 220 млн кг у. т. При этом расход энергии на отопление жилых домов с каждым годом увеличивается все больше за счет вновь вводимых в эксплуатацию зданий. В то же время сокращаются невозобновляемые запасы природного топлива и одновременно истощаются природные ресурсы для производства строительных материалов, необходимых для возведения таких зданий. Последнее же губительно сказывается на окружающей среде обитания [2].

Анализ результатов отечественных и зарубежных исследований и практического опыта в области ресурсоэнергосбережения при строительстве и эксплуатации зданий показывает очевидную целесообразность и перспективность комплексного решения рассматриваемой проблемы (особенно это относится к развивающемуся в последнее время в стране каркасно-панельному домостроению КПД), а именно – поиска и реализации направлений ресурсоэнергосбережения на стадиях: производства строительных материалов и элементов конструктивно-технологических систем зданий; монтажа, возведения и эксплуатации зданий.

1. Производство по инновационным низкоэнергоемким и экологически чистым технологиям альтернативных традиционным строительных материалов на основе продуктов переработки крупнотоннажных отходов промышленности (ППО).

В соответствии со «Стратегией развития промышленности строительных материалов на период до 2020 г.» (рассмотрена на заседании Правительства РФ, одобрена и утверждена Приказом Минрегионразвития РФ № 262 от 30.05.2011 г.), разработанной Минрегионразвития РФ с участием РААСН, предполагается увеличить к 2020 г. производство для бетонов различных видов: цементов с 52 до 98 млн т; продуктов переработки нерудных материалов (заполнителей бетонов) с 0,13 до 0,37 млрд м³.

Исходя из учета потенциального развития и других (кроме строительной индустрии) отраслей хозяйства страны можно представить проблему возможных объемов изъятия природных сырьевых ресурсов для производства этих строительных материалов и степень губительного последствия для среды обитания человека при соответствующих объемах выбросов и накопления вторичных продуктов промышленности (ВПП).

В то же время специалистами РААСН подсчитано, что рациональное использование многотоннажных ВПП только текущего выхода, прежде всего металлургии

Таблица 1

Номенклатура крупнотоннажных техногенных отходов и продуктов их переработки (по состоянию на 10.01.13 г.) для использования при изготовлении легких и тяжелых бетонов по направлению ФЦП «Жилище»

Виды техногенных отходов (ТО)	Текущий выход, млн т/год	Потенциальный объем производства из ТО, в год		
		Шлакопортландцемент, композиционные вяжущие, млн т	Плотные заполнители для тяжелых бетонов, млн м ³	Пористые заполнители для легких бетонов, млн м ³
Черная и цветная металлургия				
Доменные шлаковые расплавы – отходы выплавки чугуна	34	28	4,5	14,5
Гранулированные шлаки – отходы медно-никелевого производства	12,5	–	11,3	–
Литые шлаки – отходы никелевого производства	2,2	–	1,8	–
Бокситовые шламы – отходы глиноземного производства для выплавки алюминия	2,5	4,2	–	1,2
Топливная энергетика				
Золы и шлаки ТЭЦ	12,5	6	0,8	18,2
Отходы углеобогащения	12	–	–	15,6
Итого	75,7	38,2	18,4	49,5

Таблица 2

Ориентировочные суммарные затраты технологического топлива на производство композиционных малоклинкерных вяжущих (КМВ) в сравнении с бездобавочным портландцементом той же активности (ПЦ500Д0)

Вид цемента или КМВ	Количество АМД, кг/т цемента	Количество сухого С-3, кг/т цемента	Расход на 1 т вяжущего							Суммарный расход у. т. к расходу на производство 1 т ПЦ500, %
			Условного топлива, кг у. т.			Электроэнергии, кВт·ч				
			На обжиг клинкера	На сушку добавки	Всего, кг у. т.	На различные технические переделы	На помол	На С-3	Всего	
ПЦ500Д0	0	0	220	-	220	75	40	-	115	257/100
КМВ-50	500	10	110	10	120	38	60	35	133	162/63
КМВ-30	700	6	66	14	80	23	60	21	21	115/46

Примечание. КМВ-50, КМВ-30 – композиционные малоклинкерные вяжущие с содержанием цементного клинкера, соответственно 50 и 30%.

и топливной энергетике, причем по разработанным уже технологиям, позволяет удовлетворить потребности предприятий строительной промышленности в вяжущих и заполнителях для бетонов в настоящий период времени более чем на треть [3]. Номенклатура крупнотоннажных техногенных отходов и продуктов их переработки (по состоянию на 10.01.13 г.) для использования при изготовлении легких и тяжелых бетонов по направлению ФЦП «Жилище» приведена в табл. 1.

Как будет показано ниже, использование таких альтернативных традиционным исходных материалов для бетонов позволит сократить энерго- и материальные затраты на производство бетонов и изделий из них в среднем на 25%. В первую очередь это касается цементной индустрии.

1.1. Цементная индустрия и производство альтернативных цементам низкоэнергоемких композиционных вяжущих для бетонов.

Развитие структуры цементной индустрии в России, к сожалению, идет в обратном направлении в сравнении с общемировыми тенденциями.

Так, производство шлакопортландцемента в России сократилось с 1990 г. с 25 до 5% (т. е. в пять раз), тогда как в странах Евразии производство низкоэнергоемкого аналога этого вида цемента – композиционных вяжущих типа СЕМ III, СЕМ IV, СЕМ V (Евростандарт EN-197-1:2000 «Цементы. Часть 1. Состав, технические требования») с относительным содержанием активных минеральных добавок (АМД) из продуктов переработки техногенных отходов 36–95% выросло в среднем в 1,5 раза [4, 5]. По данным Cembureau of Europe and Portland Cement Association, прогнозируется значительное увеличение доли таких вяжущих при соответствующем сокращении доли производства чисто клинкерных цементов.

Аналогичная картина наблюдается и в цементной промышленности Северной Америки и Канады, где в целях стимулирования производства так называемых смешанных цементов (Blended Cements) с содержанием АМД более 50% действует стандарт ASTM C595M–97 «Blended Hydraulic Cement». По данным CANMET (Malhotra V.M. Fly ash in concrete // Mineral Sciences Laboratories of Canada. Centre for Mineral and Energy Technology (CANMET). Ottawa. 1986. 178 p.), в значительных объемах для производства Blended Cement применяются главным образом золы уноса.

В то же время ведущими институтами страны (НИИСФ, НИИЖБ, НИИЦемент с ОАО «Ингеоком», МГСУ) с участием специалистов РААСН разработаны и успешно апробированы на практике технологии производства малоклинкерных (экономия клинкера до 70%)

композиционных вяжущих активностью 40–50 МПа на основе главным образом продуктов переработки металлургических шлаков, зол и шлаков ТЭС и ГРЭС, а в последнее время, по данным ОАО «Ингеоком», активностью до 80 МПа [6].

Такие вяжущие включают наиболее эффективный их вид – вяжущие низкой водопотребности ВНВ, получаемые совместным помолом до высокой удельной поверхности ($S=425–550 \text{ м}^2/\text{кг}$) цементного клинкера, дисперсных активных минеральных добавок из ВПП и добавки порошкообразных суперпластификаторов (типа С-3).

Энергозатраты на производство таких вяжущих от 1,5 до 2,5 раз (в зависимости от относительного содержания клинкера, от типа АМД и их содержания) ниже в сравнении с традиционными бездобавочными цементами тех же марок (активности). Ориентировочные суммарные затраты технологического топлива на производство композиционных малоклинкерных вяжущих (КМВ) в сравнении с бездобавочным портландцементом той же активности (ПЦ500Д0) приведены в табл. 2.

Подсчитано, что энергозатраты на производство КМВ в сравнении с традиционными бездобавочными портландцементными (ПЦ500Д0, ПЦ400Д0), приведенные к 1 м^3 бетона (с учетом разницы в требуемых расходах этих видов вяжущих для изготовления бетонов классов по прочности от В15 до В50 вкл.), при прочих равных условиях заводской технологии также существенно ниже (в среднем в 1,5–2 раза).

Особое внимание следует уделить новому классу низкоэнергоемких и в то же время низкотеплопроводных и низкосорбционно-активных композиционных малоклинкерных (содержание цементного клинкера от 10 до 40%) вяжущих, изготавливаемых на основе продуктов переработки металлургических шлаков, шламов, а также зол уноса и шлаков, преимущественно высокоосновных, угольных ТЭС и ГРЭС. Научные основы создания таких вяжущих разработаны В.Н. Ярмаковским с участием Ш.К. Торпищева [7].

Применение малоклинкерных низкотеплопроводных КМВ, как будет показано ниже, наиболее эффективно в конструктивно-теплоизоляционных легких бетонах для неармированных изделий, в частности для стеновых блоков, и особенно в теплоизоляционных бетонах, предназначенных как для сборного варианта изделий, например для теплоизоляционных плит, так и для монолитной теплоизоляции ограждающих конструкций.

Величины коэффициентов теплопроводности композиционных вяжущих таких видов в затвердевшем сухом состоянии (цементного камня) $\lambda_{цк}$ значительно

ниже (от 36 до 45%, в зависимости от вида и относительного количества применяемого АМД и от содержания цементного клинкера) в сравнении с портландцементами равной активности (40–50 МПа). Еще большая разница в величинах $\lambda_{цк}$ таких вяжущих отмечается для состояния равновесной влажности в бетонах (ω_A или ω_B по СНиП). Это обусловлено значительным преимуществом КМВ в сорбционной влажности, особенно для условия эксплуатации ограждения ω_B по СНиП, что обеспечивается полимеризацией с помощью суперпластификатора цементной матрицы, а также наличием аморфизированной составляющей в АМД [6].

1.2. Производство альтернативных традиционным низкоэнергоемких заполнителей для бетона.

Ведущими институтами страны, в первую очередь НИИЖБ совместно с НИИСФ, Самарским ГАСУ, МГСУ, УралНИИЧМ, НИИКерамзит, с участием специалистов РААСН разработан ряд низкоэнергоемких и экологически чистых технологий производства заполнителей как для тяжелых, так и для легких конструктивных, в том числе высокопрочных, бетонов на основе крупнотоннажных вторичных продуктов промышленности. При этом используются ВПП как текущего выхода, что наиболее эффективно, так и из отвалов промпредприятий, имеющих технологические карты этих отвалов и осуществляющих соответствующий контроль [8–10].

Наиболее эффективны в легких бетонах *безобжиговые пористые заполнители из металлургических шлаков текущего выхода* (шлаковых расплавов): доменных, ферросплавных и электротермофосфорных. Энергозатраты на их производство от 5 до 10 раз ниже в сравнении с заполнителями из природного сырья (плотными из горных пород и пористыми – из глинистого сырья), себестоимость производства ниже в 3–5 раз. Это, в частности, подтверждено более чем десятилетним опытом производства пористого гравия с остеклованной оболочкой (шлакостеклогранулята) из доменных шлаков текущего выхода на технологической линии Новолипецкого металлургического комбината (рис. 1).

Шлакостеклогранулят производится двух классов: класс А ($\gamma_n=400\text{--}500\text{ кг/м}^3$) – для конструкционно-теплоизоляционного легкого бетона; класс Б ($\gamma_n=600\text{--}800\text{ кг/м}^3$) – для конструкционного легкого бетона. Особенно эффективен шлакостеклогранулят в высокопрочных конструктивных легких бетонах (классов по прочности до В50 включительно при марке по плотности D1800–D1850 кг/м^3). Пример применения легких бетонов на шлакостеклогрануляте в несущих каркасах зданий показан на рис. 2.

Эффективны и пористые заполнители из зол сухого отбора (зола-уноса) и шлаков ТЭС и ГРЭС. Так, в последние годы в Чехии на предприятиях топливной энергетики практикуют практически 100% грануляцию золы-уноса по низкоэнергоемкой технологии при добавлении небольшой (до 10–15 мас. %) части цемента. При этом достигается двойной эффект: с одной стороны, сокращаются затраты на строительство и эксплуатацию элеваторов для хранения золы-уноса или, в худшем случае, затраты на гидроудаление (транспортирование) золы в отвалы в составе золошлаковых смесей (как это, к сожалению, в основном практикуется в нашей стране); последние занимают все большие площади, пригодные для сельского хозяйства и для строительства. С другой стороны, гранулированная таким образом зола-унос эффективно может использоваться в качестве низкоэнергоемкого заполнителя для легких и облегченных бетонов. В стадии внедрения подобная низкоэнергоемкая технология – в строительном комплексе Нижнего Новгорода.



Рис. 1. Установка по производству остеклованного пористого заполнителя из доменных шлаков текущего выхода (шлакостеклогранулята) на Новолипецком металлургическом комбинате. Ввод в действие первой очереди – 1999 г. (Патент РФ на изобретение № 2087438. Установка для производства шлакопемзowego гравия // В.Ф. Панченко, И.В. Франценюк, Г.А. Денисов, Я.Ш. Школьник, В.Н. Ярмаковский, В.Н. Каданцев, А.С. Коротаев. Б.И. № 23. Оpubл. 20.08.1997 г.)

Результатами исследований, проведенных в последние годы лабораториями легких бетонов и конструкций НИИЖБ–НИИСФ, а также ЗАО «Иркутскзоллопродукт» и Самарского ГАСУ, показана эффективность переработки золы-уноса:

- для производства безобжигового зольного гравия (на базе ТЭС и ГРЭС ОАО «Иркутскэнерго» [10]);
- для производства в составе котельного цеха Тольяттинской ТЭС относительно малоэнергоемкого (энергозатраты в 2,5 раза меньше по сравнению с керамзитом – используется тепло отходящих газов котельного цеха) зольного гравия – золошлакозита.

Эти технологии, успешно апробированные в вышеуказанных регионах (безобжиговый зольный гравий – в ЗАО «Иркутскзоллопродукт», гравий из шлаков ТЭС (шлакозит) – в Тольятти, пористые заполнители из металлургических шлаков – в Липецке и Череповце), могут быть эффективно адаптированы и к другим индустриальным регионам.

Выполненными исследованиями установлена высокая эффективность использования безобжигового зольного гравия в конструктивных легких бетонах классов по прочности до В40 включительно, а золошлакозита – в конструкционно-теплоизоляционных легких бетонах



Рис. 2. Возведение монолитного несущего каркаса из легких бетонов классов В15–В40 на пористом шлакостеклогрануляте НЛМК и наружных стен с монолитной теплоизоляцией из полистиролбетона марки по плотности D250 в несъемной опалубке при возведении жилого здания в Воронеже, 2004 г.

для ограждающих конструкций с высокими теплозащитными свойствами [10].

Следует отметить, что в промышленном комплексе стран Европы интенсивно сокращается высокоэнерготратная разработка карьеров для переработки в заполнители нерудных материалов, которые заменяют заполнителями (как плотными, так и, в основном, пористыми) на основе продуктов переработки ВПП. По данным Международной федерации по бетону и железобетону (fib), доля последних в общем объеме производства и применения заполнителей для бетонов увеличилась с 1990 г. с 25 до 38%; наблюдаются явные тенденции к ее прогрессирующему увеличению (прогноз на 2020 г. — более 50%).

В строительном комплексе нашей страны доля заполнителей из ВПП, наоборот, сокращена: с 10% в 1990 г. до 4% в 2010 г. Причина та же, что и с производством композиционных малоклинкерных вяжущих — рыночная политика монополий, не учитывающих государственные интересы. Последние три года благодаря усилиям РААСН, ведущих головных и региональных институтов, таких научно-производственных организаций, как, например, ЗАО «Иркутскзолотпродукт», доля заполнителей из ВПП начинает расти.

В резолюции Международной конференции по строительным материалам 18. IBAUSIL 12–15 сентября 2012 г. в г. Веймаре (Германия) отмечается развитие так называемой концепции «зеленого бетона», которая объединяет такие актуальные вопросы модернизации стройиндустрии, как экономия портландцементного клинкера, утилизация ВПП и получение при этом бетонов с улучшенными показателями строительно-технического качества, а также необходимость развития производства смешанных цементов с использованием *бинарных минеральных добавок*.

Особое внимание при этом уделяется *мультикомпозиционным цементам*. Последнее обусловлено не только стремлением снизить энергозатраты и выбросы CO₂ в атмосферу при производстве таких вяжущих, но и особенными их свойствами, определяющими многофункциональность применения.

Яркой иллюстрацией такого положения является последнее (8-е, 2011 г.) издание Руководства Канадской цементной ассоциации (ССА) по проектированию и контролю качества бетонных смесей [11]. В этом документе представлены более двух десятков видов смешанных цементов (Blended Hydraulic Cements), выпускаемых предприятиями ССА конкретного функционального назначения. Например, Masonry Cement (цемент для производства стеновых блоков), Mortar Cement (цемент для растворных смесей, в том числе для штукатурных работ). И в том, и в другом случае такие цементы можно производить и применять с минимально возможным содержанием клинкерного фонда (до 10–15%), поскольку в этих материалах и изделиях отсутствует стальная арматура. Следовательно, можно не опасаться развития коррозионных процессов электрохимической природы в стали.

Такое положение в стройиндустрии стран Европы, Канады и США, отраженное в последних зарубежных изданиях и нормативно-технических документах, может служить реальным примером эффективного энергоресурсосбережения для предприятий отечественной стройиндустрии. Пока же на подавляющем большинстве предприятий стройиндустрии для производства практически всех видов строительных изделий и конструкций, и армированных, и не армированных, используется практически один вид цемента — высокоэнергоемкий и дорогостоящий портландцемент ПЦ500Д0 или, в лучшем случае, несколько менее энергоемкий портландцемент ПЦ400Д20.

В то же время, например, для стеновых блоков и теплоизоляционных плит, где отсутствует арматура, разумно применять малоклинкерные композиционные вяжущие, что позволит существенно сократить энергозатраты на производство этих изделий и их себестоимость.

2. Развитие индустрии полифункциональных низкоэнергоемких легких бетонов новых наиболее эффективных модификаций (от особо легких теплоизоляционных до конструкционных высокопрочных).

В легких бетонах различного назначения, как будет показано ниже, наиболее эффективно применение низкоэнергоемких и наиболее экономичных продуктов переработки ВПП, в частности композиционных малоклинкерных вяжущих (КМВ) и пористых заполнителей.

Такие бетоны, например конструкционного назначения, менее энергоемки, более долговечны и экономичны в производстве в сравнении с равнопрочными тяжелыми бетонами. Кроме того, применение их позволяет экономить природные сырьевые ресурсы, в частности горные породы.

Причем особенно эффективно применение КМВ в легких бетонах теплоизоляционного и конструктивно-теплоизоляционного назначения в связи с отмеченными выше их высокими показателями теплотехнического качества.

2.1. Особо легкие теплоизоляционные (марок по средней плотности D150–D250) и конструктивно-теплоизоляционные (марок D300–D500) бетоны.

Как показано работами НИИСФ и специалистов РААСН [12, 13], особо легкие теплоизоляционные (ЛТБ) и конструктивно-теплоизоляционные (ЛКТБ) бетоны, особенно последних модификаций, существенно менее энергоемки, более долговечны и надежны в эксплуатации в сравнении с традиционными плитными утеплителями и ячеистыми бетонами (особенно в сравнении с автоклавными газобетонами импортных технологий). Применение первых в ограждающих конструкциях здания позволяет снизить минимум на 20–30% себестоимость и энергоемкость 1 м² оболочечной системы здания.

В качестве *основного критерия перспективности новых модификаций ЛТБ и ЛКТБ* принято оптимальное сочетание основных показателей теплотехнического качества этих бетонов при достаточно высокой их обеспеченности во времени на весь расчетный период безремонтной эксплуатации ограждающих конструкций, высоких показателей долговечности и технико-экономических показателей, в том числе минимально возможной энергоемкости производства.

Именно для таких бетонов разработана номенклатура композиционных малоклинкерных (содержание клинкерного фонда до 30%) вяжущих (МКВ), *изготавливаемых на основе химически взаимосочетаемых крупнотоннажных техногенных отходов* [14]. «Цементный камень» МКВ характеризуется в легких бетонах рассматриваемых видов пониженными в сравнении с традиционными цементными вяжущими значениями сорбционной влажности — до 1,5 раз и коэффициентами теплопроводности в состоянии равновесной влажности — более 40%.

Далее на базе установленных закономерностей влияния показателей микро- и макроструктуры, минералогического и фазового составов «цементного камня» на его теплофизические свойства была разработана технология модифицирования поровой структуры растворной части ЛТБ и ЛКТБ в направлениях:

— уменьшения относительного объема пор-капилляров, снижения их среднего размера, снижения размера замкнутых воздушных пор;

- повышения долевого содержания относительно низкотеплопроводных мелкокристаллических низкоосновных гидросиликатов кальция типа CSH(B), а также низкоосновных гидроалюминатов типа C_2AH_8 ;
- повышения доли аморфизированной фазы.

В качестве примера одного из наиболее эффективных низкоэнергоемких видов особо легких теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных бетонов, востребованных в настоящее время на строительном рынке страны, можно привести разработанный совместно НИИЖБ–НИИСФ модифицированный с помощью комплекса химических добавок и бинарных минеральных добавок-микронаполнителей низкотеплопроводный и низкосорбционно-активный полистиролбетон (МПБ). Этот вид бетона [15], в том числе мелкозернистый, марок по плотности D150–D350 получил мировое признание. Об этом свидетельствуют диплом и медаль Международного салона изобретений «Архимед-2001».

Помимо преимуществ МПБ, изготовленного на смешанных или композиционных вяжущих, в сравнении с традиционным полистиролбетоном (ТПБ) в основных показателях теплотехнического качества, МПБ характеризуется пониженной энергоемкостью производства (в среднем на 15–18% для различных марок по плотности бетона). Это обусловлено сокращенным до 50–70% расходом высокоэнергоемкого цементного клинкера для производства МПБ.

Кроме того, анализ приведенного на рис. 3 графика зависимости коэффициента теплопроводности МПБ, изготовленного на различных композиционных вяжущих (шлакопортландцементе – ШПЦ, пластифицированном и активированном шлакопортландцементе – ПА ШПЦ, на композиционном малоклинкерном – $V_{цк}=30\%$ – вяжущем – КМВ), показывает преимущество первого в меньшем значении λ_b на 26–32,2% – для КМВ; на 20–29,5% – для ПА ШПЦ в сравнении с традиционным полистиролбетоном, изготовленным на портландцементе (ПЦ) равной активности ($R_a=40$ МПа).

Низкоэнергоемкий модифицированный теплоизоляционный и конструкционно-теплоизоляционный полистиролбетон (МПБ) успешно применяется в ограждающих конструкциях различных видов и назначения уже более чем в 15 регионах страны. Так, за период с 1997 по 2013 г. включительно введены в действие при научно-технической помощи специалистов НИИСФ и НИИЖБ более 30 технологических линий (заводов) по производству сборных изделий из полистиролбетона различного назначения: теплоизоляционных плит, стеновых блоков и перемычек. Первые заводы начали действовать в гг. Иркутск, Петрозаводск, Екатеринбург, Тверь, Московской области и др. Примеры применения МПБ в стеновой кладке как многоэтажных, так и малоэтажных зданий различного типа приведены на рис. 4, 5.

В 2011 г. впервые в стране в окрестностях Москвы построены сблокированные коттеджи типа таунхаус, в которых и внутренние (разделительные), и наружные стены выполнены в виде кладки блоков и перемычек из модифицированного мелкозернистого полистиролбетона (МПБ) с использованием в том числе пластифицированного и активированного шлакопортландцемента ЗАО «Осколцемент» (г. Старый Оскол, Белгородская обл.).

Проект коттеджей выполнен ГУП «Моспроект-3» с участием НИИСФ. При изготовлении стеновых изделий из МПБ на заводе строительных материалов ОАО «КМАПроектжилстрой» (г. Старый Оскол, Белгородская обл.) и на заводе ОАО «Пластметалл» (Московская обл.) была использована вышеописанная

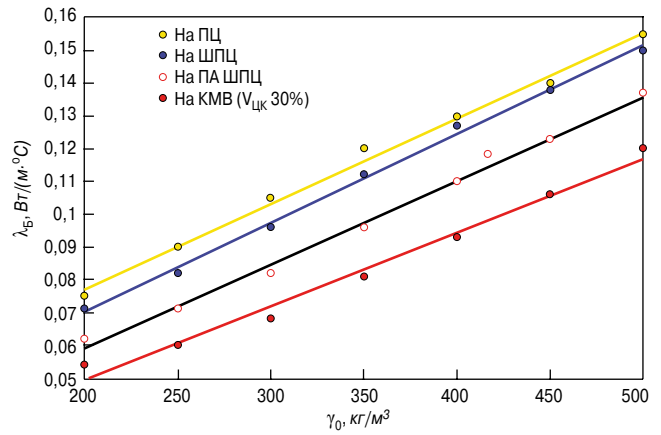


Рис. 3. Зависимости коэффициентов теплопроводности полистиролбетона для условия эксплуатации «Б» по СНиП (λ_b), изготовленного на различных композиционных (смешанных) вяжущих той же активности, от плотности бетона в сухом состоянии (γ_0) в сравнении с полистиролбетоном той же плотности, изготовленном на традиционном портландцементе



Рис. 4. Возведение коттеджа в Иркутской обл. со стеновыми блоками и перемычками из модифицированного полистиролбетона (2003 г.)

технология НИИСФ. На последнем с целью снижения энергозатрат на производство полистиролбетона в качестве заполнителей использовались дробленые отходы от раскроя пенополистирольных плитных утеплителей, применяемых для изготовления трехслойных стеновых панелей.

В то же время следует обратить внимание на существенные преимущества полистиролбетона в монолитном исполнении для устройства теплоизоляции в ограждающих конструкциях зданий. Основные достоинства этого материала, разработанного в 1997–1998 гг. лабораторией легких бетонов и конструкций НИИЖБ совместно с НИИСФ, следующие в сравнении с цементными бетонами аналогичного назначения:

- самая низкая плотность ($\gamma_0=150\text{–}250 \text{ кг/м}^3$) поскольку функции материала только теплоизоляционные;
- самый низкий коэффициент теплопроводности ($\lambda_0=0,055\text{–}0,075 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$) и сорбционной (равновесной) влажности в связи с самым низким расходом энергоемкого цементного клинкера (не более соответственно 15–75 кг клинкера на 1 м^3 бетона);
- самая низкая энергоемкость производства и применения монолитного полистиролбетона, обусловленная, во-первых, существенно пониженным расходом энергоемкого цементного клинкера; во-вторых, исключением необходимости тепловлажностной обра-

ботки (ТВО) такого бетона (происходит естественное твердение его в несъемной опалубке) в отличие от необходимости в ТВО при производстве сборных стеновых и теплоизоляционных изделий из полистиролбетона.

В сравнении с традиционными, так называемыми «эффективными» утеплителями (минераловатные плиты, плиты из пенополистирола, в том числе экструдированного), широко применяемыми в настоящее время для производства трехслойных наружных стеновых панелей, для утепления наружных стен зданий, утепления перекрытий над холодными подвалами, галереями, для устройства теплых полов, *теплоизоляция из монолитного полистиролбетона* кроме существенно (в несколько раз) меньшей энергоемкости и себестоимости имеет следующие основные преимущества:

- существенно выше (в несколько раз) долговечность и срок безремонтной эксплуатации. Это убедительно доказывает опыт ОАО «Норильскремонтстрой»: на кровле восьми производственных зданий этого предприятия более 10 лет назад по предложению НИИЖБ–НИИСФ сменили разрушившуюся минераловатную теплоизоляцию плит покрытия на теплоизоляцию из монолитного полистиролбетона марки по плотности D250, защищенную цементной стяжкой; проведенные в 2013 г. обследования показали практически абсолютную целостность теплоизоляции из полистиролбетона;
- выше обеспеченность показателей теплотехнического качества за счет значительно более высокой устойчивости структуры материала к температурным воздействиям;
- экологическая чистота и достаточная огнестойкость (материал трудногорюч, группа Г1).

На рис. 6 приведен пример низкоэнергоемкой технологии утепления эксплуатируемого покрытия гаража – пристройки к жилому зданию в мкр. Куркино (г. Москва) с помощью нерасслаивающейся и укладываемой с помощью бетононасоса без виброуплотнения мелкозернистой пластифицированной полистиролбетонной смеси.

К преимуществам устройства монолитной теплоизоляции в наружных стенах зданий в сравнении с кладкой из стеновых блоков следует отнести высокую технологичность этого процесса, обеспечиваемую следующим:

- процесс приготовления полистиролбетонной смеси с высокопоризованной и пластифицированной матрицей осуществляется непосредственно на строя-

щемся объекте с помощью специальной мобильной установки;

- с помощью этой же установки, на которой смонтированы вспениватели полистирольного бисера, дозаторы и тракты пневмоподачи в смеситель гранулированного пенополистирола, полистиролбетонная смесь транспортируется бетононасосами в несъемную опалубку наружной стены и укладывается без применения виброуплотнения методом экструзии;
- *исключается трудо- и энергоемкий процесс* кладки стеновых блоков и перемычек *с помощью кранового оборудования* с применением кладочного строительного раствора со значительным расходом энергоемкого цемента и высоким значением λ (выше более чем в пять раз в сравнении с λ полистиролбетона).

НИИСФом разработан альбом технических решений наружных стен зданий, возводимых с использованием монолитного полистиролбетона низкой марки по плотности в несъемной опалубке различных видов (наружная и внутренняя – слои кирпичной кладки 1/2 кирпича, соединенные базальтопластиковыми связями, или объемная просечная оцинкованная сетка с последующим торкретированием и фасадной отделкой и т. п.). В стадии разработки другие, более эффективные тонкостенные варианты внутренней несъемной опалубки.

Одно из самых распространенных за последние 5–10 лет технических решений наружных стен зданий с внутренней и наружной несъемными опалубками из кирпичной кладки (1/2 кирпича), соединенными низкотеплопроводными (практически исключаяющими мостики холода) базальтопластиковыми связями с $\lambda=0,35$ Вт/(м·°С), приведено на рис. 7. Пример реализации этого решения представлен на рис. 8, 9.

Более эффективное решение наружных стен зданий с монолитной теплоизоляцией в несъемной опалубке представлено на рис. 10, где в качестве внешней и внутренней несъемных опалубок применяется объемная просечная оцинкованная металлическая сетка с равномерно распределенными по ее плоскости ребрами жесткости из того же материала. После укладки в опалубку поризованной и пластифицированной полистиролбетонной смеси выполняется торкретирование мелкозернистой бетонной смесью наружной поверхности внешней сетчатой опалубки с последующей отделкой с помощью специальной мастики и покраской.

В последние 5–10 лет предпочтение полистиролбетону как одному из самых эффективных стеновых и теплоизоляционных материалов (особенно в монолит-



Рис. 5. Возведение кладки наружных (облицованных кирпичом или штукатуркой по сетке) и внутренних стен блок-секций коттеджей типа таунхаус с блоками и перемычками из модифицированного мелкозернистого полистиролбетона марок по плотности D300–D400 в дер. Потапово (р-н Южное Бутово, Москва, 2011 г.)



Рис. 6. Утепление эксплуатируемого покрытия монолитным полистиролбетоном марки по плотности D250 по технологии НИИЖБ в здании, строящемся в микрорайоне Куркино (Москва, 2005 г.). Высокопоризованные полистиролбетонные смеси подаются и укладываются в опалубку без виброуплотнения с помощью бетононасосов мобильной установки

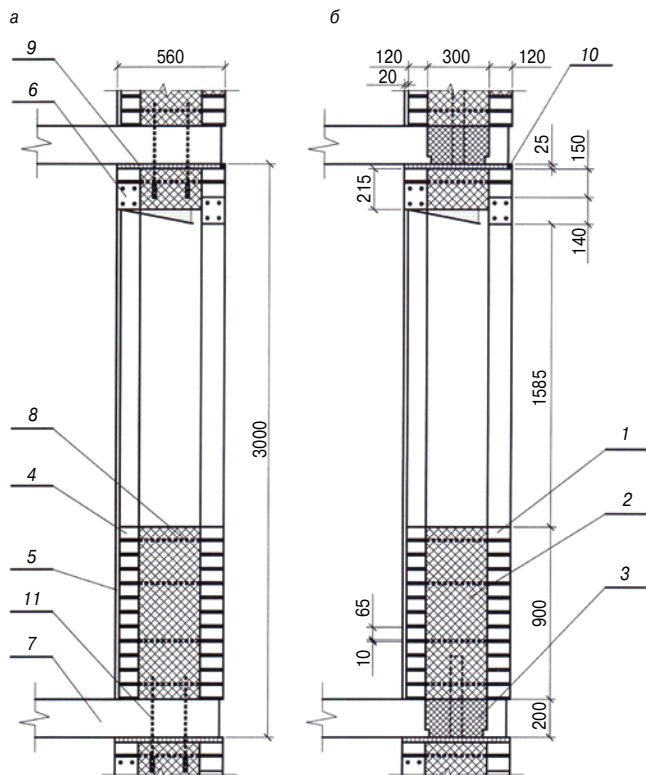


Рис. 7. Конструкция самонесущей стены с утеплителем из модифицированного полистиролбетона (разрез по оконному проему: а – по перемычке перекрытия; б – по утеплителю перекрытия): 1 – наружный слой – кладка из керамического кирпича; 2 – утеплитель стены; 3 – утеплитель перекрытия; 4 – внутренний слой – кладка из сплошного глиняного кирпича; 5 – штукатурка; 6 – перемычка из керамзитобетона стандартная; 7 – перекрытие из тяжелого бетона; 8 – связи базальтопластиковые; 9 – упругая прокладка из поролона; 10 – герметизирующая отверждающая мастика; 11 – связи из нержавеющей стали

ном варианте), отдается в практике строительства США, Китая, Индии, Тайваня, Литвы. Однако следует обратить внимание на тот факт, что за рубежом применяется традиционный полистиролбетон на цементном вяжущем, и он существенно уступает по строительно-техническим, прежде всего по теплотехническим, характеристикам модифицированному полистиролбетону (МПБ) по вышеуказанной разработке НИИЖБ–НИИСФ.

Есть основания полагать, что максимально возможный эффект ресурсоэнергосбережения при производстве и применении легких бетонов для ограждающих конструкций зданий, строящихся в конкретных регионах, будет достигнут при всех других равных условиях при рациональном использовании на предприятиях стройиндустрии этого региона для производства основных компонентов таких бетонов местных (региональных) сырьевых ресурсов, либо продуктов переработки техногенных отходов местных промпредприятий.

Исходя из этой концепции авторами настоящей статьи обобщены данные последних (за 5–15 лет) перспективных разработок НИИСФ РААСН, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, ДальНИИС РААСН (Владивосток), Самарского ГАСУ, Иркутского ПромстройНИИпроекта, ОАО «ЦНИЛ» (Липецк) и др. научно-



Рис. 8. Панорама жилых зданий мкр. Куркино (Москва, 2005–2006 гг.) с наружными стенами, возведенными с использованием монолитной теплоизоляции из модифицированного полистиролбетона марки по плотности D200–D250 в несъемной опалубке



Рис. 9. Фрагмент наружной стены с применением монолитного полистиролбетона в несъемной опалубке (наружной – в виде кирпичной кладки, 1/2 кирпича и внутренней – в виде кладки из пазогребневых щелевых керамзитобетонных перегородочных блоков; опалубки соединены базальтопластиковыми связями ЗАО «МАТЕК», проходящими через все поперечное сечение стены)

производственных региональных организаций с целью распространения опыта промышленного или опытно-промышленного производства особо легких ЛТБ и КТЛБ на предприятиях стройиндустрии страны. Виды особо легких теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных бетонов новых модификаций на органических и минеральных пористых заполнителях, рекомендуемых для внедрения в различных (с учетом их специфики) регионах РФ, приведены в табл. 3.



Рис. 10. Строительство комплекса зданий делового центра «Царев сад» (Москва, Софийская наб., д. 36): а – фрагмент бетонирования практически однослойной стены ($\delta_{\text{общ}}=35$ см при $R_0=3,15$ м.²С/Вт), возводимой в несъемной опалубке из объемной ($\delta=40$ мм) оцинкованной просечной сетки. Использован особо легкий (марки по плотности D250) монолитный полистиролбетон. Высокопоризованные полистиролбетонные смеси подаются и укладываются в опалубку без виброуплотнения с помощью бетононасосов мобильной установки. Технология разработана НИИЖБ с участием НИИСФ (1999–2000 гг.); б – внешний вид стен зданий после отделки

Таблица 3
Особо легкие теплоизоляционные и конструкционно-теплоизоляционные бетоны новых модификаций (разработки НИИСФ, НИИЖБ, ДальНИИС, Самарского ГАСУ, Иркутского ПромстройНИИ/Проекта и др. организаций) на органических и минеральных пористых заполнителях, рекомендуемые для внедрения в различных (с учетом их специфики) регионах РФ

Виды бетонов и пористых заполнителей	Основные характеристики		Рекомендуемый федеральный округ (в редакции Указа Президента РФ № 849 от 13.05.2000 г.), регион внедрения
	Марка по средней плотности	Коэффициент теплопроводности в сухом состоянии, Вт/(м·°С)	
Модифицированный полистиролбетон – монолитный на портландцементе (ПЦ)	D150–D250	0,055–0,075	Практически все Федеральные округа, регионы с экономически доступным и целесообразным (в сравнении с другими материалами) полистирольным бисером
– сборный для теплоизоляционных и стеновых изделий, однослойных и слоистых ограждающих конструкций при использовании шлакопортландцемента (ШПЦ)	D250–D350	0,070–0,085	То же, в том числе при использовании дробленых отходов от расквора пенополистирольных плит для трехслойных панелей и бытовой полистирольной тары
– то же, при использовании малокинкерных композиционных вяжущих (МКВ)	D250–D350	0,057–0,074	Преимущественно в индустриальных регионах, где имеются или планируются к вводу в действие технологические линии по производству МКВ на основе продуктов переработки местных предприятий металлургии и топливной энергетики
– то же, на магнезиевном вяжущем	D200–D350	0,095–0,130 (при большей в 2–3 раза прочности, чем на ПЦ)	Уральский и Сибирский округа (Челябинская и Иркутская области), разведенные месторождения магнезита Дальневосточного федерального округа
Поризованный беспесчаный бетон на особо легком ($\gamma_{лр} = 150–200 \text{ кг/м}^3$) керамзите, изготовленном на высокопластичных глинах	D500–D600	0,14–0,16	Приволжский округ (Самарская, Саратовская, Ульяновская области)
Бетон на вспененном трепельном гравии	D250–D500	0,09–0,14	Центральный округ (Липецкая, Воронежская области)
Мелкозернистые поризованные бетоны на гранулированных шлаках ферросплавного производства (силикомарганца и ферромарганца)	D500–D600	0,11–0,14	Центральный округ (Тульская область)
Умеренно поризованные бетоны на гранулированном вспененном стеклобое и отходах стекольного производства с использованием для активации шихты щелочесодержащих отходов (стеклозитобетоны)	D300–D500	0,07–0,1	Приволжский, Центральный и Сибирский округа (г. Нижний Новгород, Рыбинск, Омск, где имеются соответствующие технологические линии), другие регионы со стекольным производством
Поризованные беспесчаные бетоны на пористых заполнителях из отходов углебогатшения	D500–D600	0,14–0,16	Регионы Кузнецкого и Канско-Ачинского (Сибирский округ), в также Печорского (Северо-Западный округ) угольных бассейнов
Поризованный беспесчаный бетон на легком пористом ($\gamma_{лр} = 200–250 \text{ кг/м}^3$) заполнителе из топливного (ТЭС, ГРЭС) шлака и частично золы-уноса	D450–D600	0,13–0,16	Регионы с ТЭС и ГРЭС, работающие на углях различных бассейнов, обеспеченные системами раздельного удаления топливных шлаков и золы-уноса (базовый пример – технологическая линия Тольяттинской ГРЭС)
Бетоны на легких ($\gamma_{лр} = 130–215 \text{ кг/м}^3$ для фр. 5–20 мм) гранулированных пористых заполнителях из горных пористых пород вулканического и осадочного происхождения с преимущественным содержанием стеклофазы (перлиты, обсидианы, цеолиты, алевролиты), пористые известняки, туфобетоны	D300–D500	0,075–0,13	Дальневосточный округ (Камчатка, Сахалинская область, Чукотка, Приморский край, Магаданская область), Северо-Кавказский округа (Дагестан, Кабардино-Балкария, Северная Осетия, Карачаево-Черкесия)
Мелкозернистые умеренно поризованные бетоны на перлитовых песках с пониженным водопоглощением и на вермикулите	D400–D500	0,10–0,11	Сибирский округ (Иркутская область, Бурятия, Алтай, Читинская область)

Прочность на сжатие, морозостойкость и усадка конструкционно-теплоизоляционных легких и ячеистых бетонов различных видов и марок по плотности

Разновидность бетона	Марка по плотности	Прочность при сжатии, МПа, в возрасте 28 сут при НВТ	Морозостойкость (количество циклов)		Конечная усадка, мм/м
			ГОСТ 25485-89	ГОСТ 10060.1-95	
Автоклавные газобетоны на цементном и смешанном вяжущих	D400	1,5	25	10/3*	2,2
	D500	2,5	30	12/5	2,5
	D600	3,5	35	14/7	2,7
Неавтоклавные пенобетоны на цементном вяжущем и песке	D500	1,5	35	18	2,4
	D600	2	45	20	2,6
Беспесчаный керамзитобетон, поризованный воздуховлекающей добавкой	D500	1,5	-	>75	0,65
	D600	2	-	>100	0,7
Полистиролбетон на портландцементе	D300	0,7	-	>75	0,75
	D400	1,1	-	>100	1
	D500	2	-	>125	1,08
	D600	2,5	-	>150	1,12
Модифицированный полистиролбетон на композиционном вяжущем	D300	0,75	-	>100	0,66
	D400	1,25	-	>150	0,88
	D500	2,25	-	>200	0,95
	D600	2,75	-	>200	0,99

Примечания: * Перед чертой – показатели морозостойкости газобетона на цементном вяжущем; за чертой – на смешанном (портландцемент + известь) вяжущем.

Требования по морозостойкости всех видов бетонов (тяжелых, легких, ячеистых), приведенные в действующем СНиП 2.03.01-84* «Бетонные и железобетонные конструкции», а также в актуализированной редакции СНиП 51-00-2011 «Бетонные и железобетонные конструкции» (взамен СНиП 52-01-2003), ориентированы на результаты соответствующих испытаний бетонов по методике ГОСТ 10060.1-95 (1-й базовый метод). Результаты испытаний ячеистых бетонов по эксклюзивной методике ГОСТ 25485-89 неправомерно сравнивать с требованиями указанных СНиПов.

Все вышеперечисленные разработки ЛТБ и ЛКТБ имеют значимые преимущества по комплексу основных строительно-технических свойств и технико-экономических показателей в сравнении с довольно широко применяемыми для производства стеновых блоков и теплоизоляционных изделий существенно более энергоемкими ячеистыми бетонами, особенно автоклавного твердения (энергоемкость производства 1 м³ автоклавного газобетона выше в 1,5–1,7 раза).

Наибольшие преимущества в применении к сборным стеновым изделиям имеет модифицированный полистиролбетон (МПБ), особенно на композиционных низкотеплопроводных и низкосорбционно-активных вяжущих (табл. 3, 4 и рис. 11):

– минимально возможная плотность МПБ при требуемой достаточной для блоков несущих стен каркас-

ных зданий прочности меньше в сравнении с пенобетоном в 2–2,4 раза, а в сравнении с газобетоном – в 1,6–1,8 раза;

- сорбционная (равновесная влажность) МПБ меньше в 2–3 раза, величина коэффициента теплопроводности в состоянии равновесной влажности λ_B в 2,5–2,8 раза;
- усадка меньше в 2–2,5 раза, морозостойкость выше в 2–5 раз (наибольшая разница в сравнении с наименее морозостойким газосиликатом – автоклавным). Это обусловлено меньшим почти в два раза требуемым водоцементным отношением МПБ и соответственно значимо меньшей его капиллярной пористостью. МПБ, как и другие виды ЛКТБ, характеризуются в отличие от ячеистых бетонов достаточной пассивирующей способностью по отношению к стальной арматуре. Это позволяет изготавливать из ЛКТБ и применять в стеновой кладке вместе с блоками и армированные перемычки. В перемычках же из ячеистых бетонов стальную арматуру необходимо защищать от коррозии;
- стоимость 1 м² стеновой кладки блоков и перемычек из ЛКТБ исходя из стоимости местных исходных материалов и технологии изготовления с учетом преимуществ в теплофизических характеристиках меньше на 30–50%; энергоемкость же изготовления стеновых изделий из ЛКТБ меньше в два раза и более.

Значительное преимущество легких бетонов теплоизоляционного назначения в сравнении с ячеистыми бетонами состоит в том, что первые могут использоваться для заливки монолитной теплоизоляции в ограждающих конструкциях и иметь требуемую кинетику твердения при меньшей в 2–3 раза плотности (при марках D150–D250) и в условиях пониженных до минус 10–15°C температур. Это подтверждено успешным опытом возведения наружных стен в несъемной опалубке с монолитной теплоизоляцией из мелкозернистого полистиролбетона с использованием специальной мобильной установки при возведении стен жилых зданий в г. Иркутск, Петрозаводск, Воронеж, Ижевск, Москва и др.

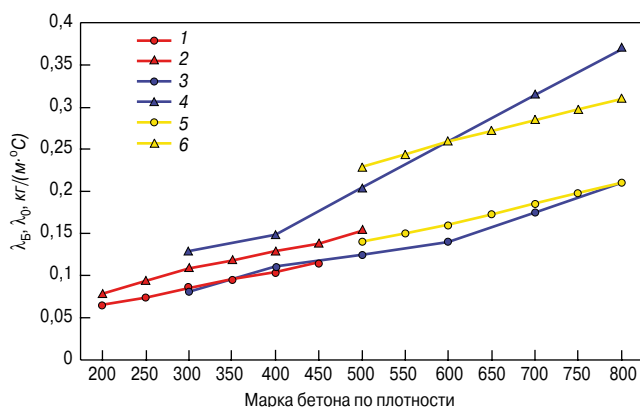


Рис. 11. Зависимость коэффициента теплопроводности особо легких и ячеистых бетонов в сухом состоянии (λ_D) и в состоянии равновесной влажности для условия эксплуатации «Б» (λ_B) от марки бетона по средней плотности: 1, 2 – полистиролбетон соответственно в сухом состоянии (1) и в состоянии равновесной влажности (условие «Б» по СНиПу); 3, 4 – ячеистый бетон соответственно в сухом состоянии (3) и в состоянии равновесной влажности (условие «Б» по СНиПу); 5, 6 – керамзитобетон соответственно в сухом (5) состоянии и в состоянии равновесной влажности (условие «Б» по СНиПу)

Исходя из вышеизложенного следует отметить высокую эффективность применения, высокую конкурентную способность и соответственно прогрессирующую востребованность строительным комплексом страны разработанных за последние 10–15 лет новых модификаций ЛТБ и ЛКТБ (табл. 3, 4) в сравнении с другими видами строительных материалов аналогичного назначения, в частности с **ячеистыми бетонами (особенно автоклавного твердения)**. Основные характеристики конструкционно-теплоизоляционных легких и ячеистых бетонов различных видов и марок по плотности приведены в табл. 4.

Отечественные инновационные разработки низкоэнергоемких и малозатратных технологий производства стеновых материалов, изделий и конструкций, выполненные за последние 10–15 лет центральными и региональными научно-исследовательскими институтами страны, позволяют быстро и эффективно решить актуальнейшую задачу ресурсоэнергосбережения в строительных комплексах практически всех регионов страны. Важно, что предлагаемые технологии привязаны непосредственно к сырьевой и производственной базам конкретных регионов и ориентированы на преимущественное использование в качестве основных компонентов бетонов (пористых заполнителей, вяжущих и гидравлически активных добавок-микронаполнителей) продуктов переработки техногенных отходов местных промышленных предприятий или на применение экономически эффективных и доступных местных природных материалов.

Однако строительный рынок многих регионов страны, особенно за Уралом, в Сибири и на Дальнем Востоке, начинают захватывать зарубежные фирмы и их филиалы со своими высокосорбционно-активного и низкоморозостойкого стенового материала. Все меньше остается возможностей для внедрения в регионах существенного более эффективных инновационных отечественных технологий производства низкоэнергоемких, теплотехнически высокоэффективных и долговечных стеновых изделий из особо легких бетонов, для расширения номенклатуры таких бетонов с учетом особенностей сырьевых ресурсов регионов и их потребностей. Немаловажно отметить, что развитие такой ситуации явно противоречит:

1. Указу Президента Российской Федерации № 537 от 12.05.09 г. «О стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 г.», а именно:
 - по разделу «Национальные интересы РФ и стратегические национальные приоритеты» – стимулированию и поддержке развитию уровня **отечественных инноваций**, а также рациональному природопользованию и развитию **отечественных прогрессивных технологий**, в том числе в строительстве;
 - по разделу «Экономический рост» – эффективному использованию энергоресурсов;
 - по разделу «Наука, технологии и образование» – обеспечению реализации конкурентных преимуществ национальной экономики; **исключению зависимости от импортных поставок оборудования и технологий**; в целом обеспечению технологической безопасности РФ.
2. Одобренной Правительством РФ вышеуказанной «Стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 г.».

Ключевые слова: ресурсоэнергосбережение, строительные материалы, композиционные малоклинкерные вяжущие, пористые и плотные заполнители, особо легкие

теплоизоляционные и конструкционно-теплоизоляционные бетоны, стеновые изделия, ограждающие конструкции.

Список литературы

1. *Беляев В.С., Ахмяров Т.А.* Энергоэффективность крупнопанельных зданий // Жилищное строительство. 2013. № 4. С. 47–49.
2. *Савин В.К.* Строительная физика. Энергоперенос. Энергоэффективность. Энергосбережение. М.: Лазурь, 2005. 426 с.
3. *Карпенко Н.И., Ярмаковский В.Н., Школьник Я.Ш.* Состояние и перспективы использования побочных продуктов техногенных образований в строительной индустрии // Экология и промышленность России. 2012. № 10. С. 50–55.
4. *Кертон Ф.* Перспективы рынка шлаковых цемента в Европе // Цемент и его применение. 2006. № 5. С. 12–16.
5. *Хайдер Й.* Заменители клинкера в цементной промышленности // Цемент. Известь. Гипс. ZKG International. 2006. № 2. С. 26–31.
6. *Юдович Б.Э., Зубехин С.А., Раховский В.И., Климов С.Б.* Новое о модели цементного камня и материалов на его основе // Труды XXIII Международного совещания начальников лабораторий цементных заводов. М.: Стройиздат, 2010. С. 151–159.
7. *Ярмаковский В.Н., Торпищев Ш.К.* О научных основах создания класса низкотеплопроводных композиционных вяжущих // Научные труды РААСН «Фундаментальные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2009 году». Т. 2. Москва–Иваново. 2010. С. 193–201.
8. *Рахимов Р.З., Магдеев У.Х., Ярмаковский В.Н.* Экология, научные достижения, инновации в производстве строительных материалов на основе и с применением техногенного сырья // Строительные материалы. 2009. № 12. С. 8–11.
9. *Буткевич Г.Р.* Резервы промышленности нерудных строительных материалов // Строительные материалы. № 5. С. 11–13.
10. *Петров В.П., Макридин Н.И., Ярмаковский В.Н.* Пористые заполнители и легкие бетоны. Материаловедение. Технология производства. Самара: Самарский ГАСУ, 2009. 436 с.
11. *Kosmatka S., Kerkoff B., Hooton R.* Design and control of Concrete Mixtures. The Guide to Application, Methods and Materials. Eight Canadian Edition // Cement Association of Canada. Ottawa. 2011. Pp. 35–68.
12. *Ярмаковский В.Н.* Особо легкие теплоизоляционные бетоны новых модификаций. Состояние, перспективы развития // Материалы научно-технической конференции «Строительная физика в XXI веке». М.: НИИСФ РААСН. 2006. С. 116–120.
13. *Ильичев В.А., Карпенко Н.И., Ярмаковский В.Н.* Об инновационных технологиях производства для элементов КС зданий низкоэнергоемких строительных материалов на основе вторичных продуктов региональных предприятий (ВПП) // Российский строительный комплекс. № 9. 2011. С. 96–99.
14. *Ярмаковский В.Н.* Композиционные вяжущие для легких бетонов с высокими показателями теплотехнического качества // Труды международной конференции «Наука и технологии силикатных материалов – настоящее и будущее». М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2003. Т. 4. С. 34–47.
15. Патент РФ на изобретение № 2169132. Смесь для изготовления теплоизоляционных изделий. В.Н. Ярмаковский, Б.А. Крылов, И.С. Хаймов, Т.Б. Мишина // Опубл. 20.06. 2001. Бюл. № 17.

Новое поколение кассетных форм Weckenmann

Более 10 лет компания Weckenmann – ведущий немецкий производитель оборудования для железобетонной промышленности, занимается разработкой и изготовлением кассетных форм. Последняя модернизированная версия хорошо зарекомендовала себя в работе у различных пользователей, получив множество положительных отзывов.

Данный тип оборудования позволяет осуществлять одновременную формовку в нескольких вертикальных ячейках плоских бетонных элементов, таких как стеновые панели и плиты перекрытия. Преимущества такой производственной системы следующие:

- компактность конструкции, что позволяет обеспечивать довольно высокую производительность (400–600 м²/сут.) на минимальной площади;
- обоюдогладкая поверхность изделий;
- низкий расход энергии на производство и обогрев;
- высокая производительность при формовке стандартных изделий.

Свой выбор в пользу данного вида оборудования Weckenmann сделали такие известные производители сборного железобетона, как:

- ЗАО «ДСК «БЛОК», Санкт-Петербург, Россия;
- ОАО «Гатчинский ДСК», г. Гатчина (Ленинградская обл.), Россия;

- Мозырьский ДСК, г. Мозырь, Республика Беларусь;
- Бобруйский ДСК, г. Бобруйск, Республика Беларусь.

В тесном сотрудничестве с опытными производителями, использующими данный вид оборудования, выполнены доработки, которые коснулись следующих технических узлов.

Несущая часть была усилена таким образом, что отпала необходимость одновременного послойного заполнения всех ячеек кассеты для передачи возникающего давления бетона на стягивающий блок. Теперь стало возможным полное заполнение каждой ячейки независимо друг от друга. Это важно в случае использования различных бетонных смесей или при необходимости частичной загрузки кассеты.

Дальнейшему улучшению подверглась система вибрации за счет более оптимального расположения вибраторов внутри пластин кассеты, что привело к более высокой интен-





сивности вибрации при пониженном уровне шума. Для контроля качества и документирования Weckenmann предлагает систему мониторинга вибрации, учитывающую, какой вибратор с какой частотой когда и сколько работал в ходе производственного процесса.

Эти данные считываются, оцениваются и архивируются в таблице Excel, что позволяет отследить зависимость рецептуры бетона, технических параметров вибрации, достигнутой степени уплотнения и качества поверхности изделия.

Система обогрева также была еще раз приведена в соответствие с возросшими требованиями заказчика. Наиболее часто возникающий вопрос, когда речь заходит о производственных затратах, – расход энергии.

С этой целью регистры в пластинах кассеты были проложены так, чтобы обеспечивался максимально равномерный уровень темпера-

туры. При помощи автоматического регулирующего блока может программироваться ход температуры в пределах одного нагревательного цикла применительно к конечному продукту, в зависимости от рецептуры бетона и требуемой прочности. Так же как и вибрация, температура фиксируется для дальнейшей технической обработки.

Кассетные формы Weckenmann изготавливаются на головном предприятии в г. Дорметтинген (Германия) с соблюдением строжайших норм качества. Фирма Weckenmann использует комплектующие только первоклассных производителей, большинство из которых имеет сеть сервисных центров за рубежом. Наряду с надежной техникой и широким сервисом, осуществляемым специалистами фирмы Weckenmann, это гарантирует высокую степень эксплуатационной надежности даже при длительном сроке эксплуатации.

14-я Международная
специализированная выставка
«СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
И ТЕХНОЛОГИИ'2013»

СТТ'2013

СПЕЦИАЛИСТЫ ЗНАЮТ!

С 4 по 8 июня в МВЦ «Крокус Экспо» прошла XIV Международная специализированная выставка «Строительная Техника и Технологии / СТТ'2013». Самое масштабное и значимое событие строительной отрасли собрало производителей и поставщиков техники, оборудования и комплектующих из России и 30 стран мира.

Количество участников в 2013 г. впервые превысило отметку в тысячу экспонентов и составило 1038 компаний (911 – в 2012 г.). Экспозиция СТТ'2013 заняла более 130 тыс. м² (брутто). По окончательным статистическим данным, за пять дней работы мероприятие посетило 36450 отечественных и зарубежных специалистов (32358 человек – в 2012 г.).



На стендах, расположившихся в павильонах «Крокус Экспо» и под открытым небом, свою технику продемонстрировали LIEBHERR, JOHN DEERE, RM-TEREX, HITACHI, VOLVO, JCB, WIRTGEN, BOMAG, DOOSAN, KOMATSU, HYUNDAI, АВТОКРАН (Иваново), МК КРАНЭКС (Иваново), КЛИНЦОВСКИЙ АВТОКРАНОВЫЙ ЗАВОД, ГАЛИЧСКИЙ АВТОКРАНОВЫЙ ЗАВОД, КАМАЗ, ЧЕТРА-ПРОМЫШЛЕННЫЕ МАШИНЫ и многие другие производители и поставщики. Своими достижениями поделились национальные экспозиции Германии, Италии, Финляндии, Китая и Южной Кореи. Экспозиция выставки охватила все основные направления строительства, включая дорожное строительство, буровые и горнопроходческие работы, оборудование для производства бетонных работ, подъемное оборудование, краны, экскаваторы, погрузчики и многое другое.

Помимо обширной экспозиции для посетителей и представителей СМИ была подготовлена насыщенная деловая программа. Во время работы выставки прошло несколько десятков презентаций, пресс-конференций, круглых столов и семинаров.

Большую роль по поддержанию имиджа выставки за рубежом и в работе с иностранными клиентами играют наши международные партнеры:

- **CECE** – Объединение европейских производителей оборудования;
 - **IMAG** – международное подразделение MESSE MUNICH INTERNATIONAL, входящего в число самых крупных выставочных компаний мира и выступающего организатором около 40 авторитетных специализированных промышленных выставок;
 - **AEM** – Американская ассоциация производителей оборудования;
 - **СМЕС** – Китайская национальная корпорация по экспорту и импорту машин и оборудования.
- Официальную поддержку выставке оказали:
- Комитет Государственной Думы по земельным отношениям и строительству;
 - Министерство регионального развития РФ;
 - Министерство промышленности и торговли РФ;
 - Национальные объединения участников строительной индустрии: НОСТРОЙ, НОСИ и др.;
 - Некоммерческое партнерство производителей дорожно-строительной, коммунальной и наземной аэродромной техники.

XV Международная специализированная выставка Строительная Техника и Технологии / СТТ'2014 пройдет с 3 по 7 июня 2014 г. в МВЦ «Крокус Экспо».

В.А. ЕЗЕРСКИЙ, д-р техн. наук, Белостокский технический университет, Республика Польша; П.В. МОНАСТЫРЕВ, д-р техн. наук, Р.Ю. КЛЫЧНИКОВ, канд. техн. наук, Тамбовский государственный технический университет

Оптимизация термомодернизации крупнопанельного жилого здания с учетом сроков службы теплозащитных мероприятий

Значительную долю опорного жилищного фонда российских городов составляют многоэтажные крупнопанельные жилые здания. Основная их масса возведена до 2000 г., а значит, уровень тепловой защиты ограждающих конструкций данных домов изначально был низким и остается таковым до сих пор. Следовательно, снижение эксплуатационных затрат на содержание указанных зданий, достичь которого можно лишь за счет их термомодернизации, является важным этапом решения задачи сокращения энергоемкости отечественной экономики. При этом реализуемый комплекс теплозащитных мероприятий должен иметь наилучшие показатели по соотношению затрат и достигаемой экономии, т. е. быть оптимальным.

Существует множество методик, направленных на поиск оптимальных и экономически обоснованных уровней тепловой защиты ограждающих конструкций зданий [1–3]. Однако все эти подходы рассматривают параметры теплозащиты здания обособленно и зачастую без учета срока службы мероприятий по термомодернизации.

Ранее предложенную методику оптимизации [4] авторы расширили с учетом сроков службы теплозащитных мероприятий. Эта методика, детально описанная в [5], использована для выполнения расчетов в настоящей работе.

Математически сущность решаемой задачи можно записать в виде следующего выражения:

$$\begin{cases} \max \text{ЧДЭС} \\ q_{des} \leq q_{req} \end{cases}, \quad (1)$$

где ЧДЭС – чистая дисконтируемая экономия средств, достигаемая в результате термомодернизации здания, USD; q_{des} – удельное теплопотребление здания после термомодернизации, кДж/(м³·°C·сут); q_{req} – удельное нормируемое теплопотребление здания, кДж/(м³·°C·сут).

В свою очередь, формула для определения величины ЧДЭС имеет вид:

$$\text{ЧДЭС} = \frac{c_{т0} \cdot (Q_0 - Q_1)}{(p - d)} \cdot \left(1 - \left(\frac{1+d}{1+p}\right)^{T_0}\right) - K, \quad (2)$$

где K – затраты на теплозащитные мероприятия, выраженные в текущих ценах, USD; $c_{т0}$ – текущая стоимость единицы тепловой энергии, USD/ГКал; Q_0 и Q_1 – расход тепловой энергии на отопление рассматриваемого здания соответственно до и после проведения термомодернизации, ГКал; p – норма дисконта в абсолютных единицах; d – средний прогнозируемый фактор роста цен на тепловую энергию в абсолютных единицах; T_0 – расчетный период оценки эффективности программы термомодернизации, годы.

Учет сроков службы теплозащитных мероприятий достигается при принятии конкретного значения расчетного периода оценки эффективности программы термомодернизации T_0 , что важно осуществлять на основании принципов метода оценки жизненного цикла рассматриваемых мероприятий [6]. Очевидно, что каждый метод повышения тепловой защиты, соответствующий

тому или иному оптимизационному фактору или их сочетанию, имеет, как правило, отличный от других подходов срок службы. В связи с этим при расчетах ЧДЭС за T_0 для обеспечения сопоставимости сравниваемых мероприятий с различающимися сроками службы следует принимать срок службы наиболее долговечного, если он кратен срокам службы наименее долговечных мероприятий. При этом в расчетах капитальных затрат K для наименее долговечных мероприятий необходимо учитывать соответствующее число раз стоимость работ по их демонтажу и новому устройству. В случае же, если срок службы наиболее долговечного мероприятия не кратен срокам службы менее долговечных мероприятий, за T_0 следует принимать их наименьшее общее кратное.

Поясним на конкретных примерах. Если сопоставляются теплозащитные мероприятия со сроками службы 10 и 40 лет, то за T_0 следует принимать 40 лет с учетом четырехкратной замены наименее долговечного мероприятия; в случае же, если сопоставляются теплозащитные мероприятия со сроками службы 10, 20 и 30 лет, то за T_0 следует принимать 60 лет с учетом соответствующего числа замен каждого из мероприятий.

С использованием указанной методики произведена оптимизация параметров термомодернизации девятиэтажного четырехсекционного жилого дома серии 111-90 в климатических условиях Тамбова.

Однослойные наружные стены зданий этой серии выполнены из керамзитобетона толщиной 0,35 м с различными защитно-декоративными наружными покрытиями толщиной 0,02 м и имеют приведенное сопротивление теплопередаче 0,976 м²·°C/Вт.

Чердачные перекрытия утеплены керамзитовым гравием толщиной 200 мм и имеют приведенное сопротивление теплопередаче 0,715 м²·°C/Вт. Конструкция перекрытия над подвалом имеет приведенное сопротивление теплопередаче порядка 1,99 м²·°C/Вт.

Окна и балконные двери в здании выполнены в деревянных коробках с двойными раздельными переплетами. Установлено, что в среднем их сопротивление теплопередаче составляет 0,35 м²·°C/Вт.

После анализа теплозащиты выбранного здания принято решение, что на тепловую эффективность дома могут оказывать влияние следующие факторы: тип системы дополнительного утепления наружных стен (фактор X_1); толщина слоя дополнительной теплоизоляции наружных стен $\sigma_{стен}^{доп}$ (фактор X_2), м; сопротивление теплопередаче вновь устанавливаемых оконных и балконных заполнений термомодернизируемого здания $\sigma_{ок}^{new}$ (фактор X_3), м²·°C/Вт; тип материала слоя дополнительной теплоизоляции чердачного перекрытия (фактор X_4); толщина слоя дополнительной теплоизоляции чердачного перекрытия $\sigma_{черд}^{доп}$ (фактор X_5), м; толщина слоя дополнительной теплоизоляции перекрытия первого этажа $\sigma_{цок}^{доп}$ (фактор X_6), м.

Выбранные факторы варьировались на трех уровнях. Первый фактор (X_1) – тип системы дополнительного утепления наружных стен, на нижнем уровне (-1) соот-

№ эксперимента	X_1 (конструкция стен)	X_2 ($\sigma_{\text{стен}}^{\text{доп}}$, м)	X_3 ($R_{\text{ок}}^{\text{new}}$, м ² ·°C/Вт)	X_4 (конструкция чердака)	X_5 ($\sigma_{\text{черд}}^{\text{доп}}$, м)	X_6 ($\sigma_{\text{пок}}^{\text{доп}}$, м)	ЧДЭС (Y, USD)
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	937109,8
2	+1	-1	-1	-1	-1	+1	1567881,6
3	-1	+1	-1	-1	-1	+1	1211714,8
...
42	0	0	0	0	+1	0	2183296,3
43	0	0	0	0	0	-1	2130535,7
44	0	0	0	0	0	+1	2167676,2

ветствует утеплению по системе «мокрого» фасада с использованием в качестве материала утеплителя плит из экструдированного пенополистирола «Пеноплекс С» (25–32 кг/м³; 0,031 Вт/(м²·°C)). Срок службы до капитального ремонта, по данным исследования (И.В. Бессонов, С.В. Алехин. Лабораторные исследования стойкости фасадных систем «мокрого» типа к температурно-влажностным воздействиям // Системы теплоизоляции (утепления) фасадов Tex-color и материалы из Германии. [2008]. URL: <http://www.texcolor-rus.ru/inc/30.pdf>), составляет не менее 10 лет. На среднем уровне (0) данного фактора принято утепление по системе «мокрого» фасада с использованием в качестве материала утеплителя минераловатных плит марки изовент (90 кг/м³; 0,042 Вт/(м²·°C)) фирмы ISOROC. Срок службы подобной конструкции до капитального ремонта, по данным исследования, проведенного И.В. Бессоновым и С.В. Алехиным, составляет не менее 20 лет. На верхнем уровне (+1) фактора X_1 принято утепление по системе вентилируемого фасада с облицовкой из алюминиевых композитных панелей и с использованием в качестве материала утеплителя минераловатных плит марки изовент (90 кг/м³; 0,042 Вт/(м²·°C)). Срок службы подобной конструкции до капитального ремонта принимался 40 лет.

Для второго фактора (X_2) – толщины слоя дополнительной теплоизоляции наружных стен ($\sigma_{\text{стен}}^{\text{доп}}$, м) пределы варьирования приняты с учетом величины нормируемого сопротивления теплопередаче соответствующей конструкции, определяемой по градусо-суткам отопительного периода. Для условий Тамбова и принятых параметров микроклимата внутри здания с помощью теплофизических расчетов установлено, что для теплоизоляции наружных стен к существующей части их необходимо предусмотреть наружный слой утеплителя толщиной 0,15 м, которая и принята в качестве верхнего предела варьирования этого фактора. Нижний предел варьирования данного фактора принят равным 0,05 м, средний – 0,1 м.

Для третьего фактора (X_3) – сопротивления теплопередаче вновь устанавливаемых оконных и балконных заполнений термомодернизируемого здания ($R_{\text{ок}}^{\text{new}}$, м²·°C/Вт), минимальное значение (нижний уровень) принято равным 0,54 м²·°C/Вт, что соответствует оконным конструкциям из трехкамерного ПВХ профиля со стеклопакетами 4-12-4-12-4. На среднем уровне принято 0,71 м²·°C/Вт с учетом замены существующих окон на окна из 5-камерного ПВХ профиля со стеклопакетами 4И-12Ар-4-12Ар-4. Максимальное значение (верхний уровень) принято равным 1,02 м²·°C/Вт, что соответствует оконным конструкциям из 5-камерного ПВХ профиля со стеклопакетами 4И-12Ар/Кр-4-12Ар/Кр-4И. Срок службы конструкций до капитального ремонта принят 40 лет.

Четвертый фактор (X_4) – тип материала слоя дополнительной теплоизоляции чердачного перекрытия на нижнем уровне (-1) соответствует плитам из экструдированного пенополистирола «Пеноплекс К» (28–33 кг/м³; 0,031 Вт/(м²·°C)), имеющим срок службы до капитального ремонта 10 лет. На среднем уровне (0) приняты минераловатные плиты марки изоруф (150 кг/м³; 0,043 Вт/(м²·°C)), имеющие срок службы 20 лет. На верхнем уровне (+1)

данному фактору соответствует пеностекло (130–190 кг/м³; 0,08 Вт/(м²·°C)) со сроком службы 40 лет.

Для пятого фактора (X_5) толщина слоя дополнительной теплоизоляции чердачного перекрытия ($\sigma_{\text{черд}}^{\text{доп}}$, м), пределы варьирования, как и для стен, приняты с учетом требуемой величины нормативного сопротивления теплопередаче. Достаточную теплоизоляцию можно обеспечить толщиной дополнительного слоя утеплителя 0,15 м (+1). Нижний уровень принят равным 0,05 м (-1). На основном уровне взято среднее значение 0,1 м (0).

Для шестого фактора (X_6) толщина слоя дополнительной теплоизоляции цокольного перекрытия ($\sigma_{\text{пок}}^{\text{доп}}$, м), пределы варьирования приняты по аналогии с предыдущим фактором. С учетом предусмотренного дополнительного утепления со стороны подвала, включающего утеплитель и защитный слой в виде штукатурки из цементно-песчаного раствора толщиной 0,02 м, в качестве верхнего предела варьирования принят 0,1 м. Нижний предел принят равным 0,05 м, а на основном уровне взято среднее значение факторов.

Для построения математической зависимости чистой дисконтируемой экономии средств, получаемой за счет экономии энергоресурсов за весь срок эксплуатации энергосберегающих мероприятий ЧДЭС, USD (функция Y), от выбранных факторов проведен вычислительный эксперимент с использованием трехуровневого симметричного плана, имеющего высокую эффективность по D-критерию ($e^D = 0,932$) и включающего 44 опыта. Матрица планирования и результаты вычислений приведены в таблице.

В вычислительном эксперименте ЧДЭС определялась по формуле (1). При расчетах приняты средние значения нормы дисконта 10% ($p = 0,1$) и фактора роста тарифов на тепло 15% ($d = 0,15$) с учетом сложившейся экономической ситуации в стране. Величина денежных вложений в реализацию мероприятий определялась на основании действующей ценовой политики, а расход тепловой энергии на отопление здания рассчитывался по методике, изложенной в СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий».

Для полученных результатов произведен регрессионный анализ и построена зависимость $Y = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6)$, которая после исключения 13 незначимых коэффициентов имела вид:

$$\begin{aligned} \hat{Y}_{\text{ЧДЭС}}(\text{ЧДЭС}) = & 135721,57 + 379718,60X_1 + 204165,90X_2 + \\ & + 79930,43X_3 + 25721,52X_4 + 53992,28X_5 + 18570,27X_6 + \\ & + 83183,91X_1X_2 + 25566,65X_4X_5 - 484186,83X_1^2 - \\ & - 96449,05X_2^2 + 22917,91X_3^2 + 14740,78X_4^2 - \\ & - 3858,07X_5^2 + 13384,36X_6^2. \end{aligned} \quad (3)$$

Качество аппроксимации данной модели оценивалось по критерию Фишера $F = S_y^2/S_{\text{ост}}^2$ [3]. При уровне значимости $\alpha = 0,05$ и числе степеней свободы $f_1 = 43$, $f_2 = 29$ оказалось, что расчетное значение критерия $F = 683,77$ превышает табличное значение $F_{0,05;43;29} = 1,8$. Это подтверждает адекватность полученного уравнения и его пригодность для дальнейшего анализа.

Оптимизация производилась по уравнению регрессии (3) численным методом. Определены оптимальные значения исследуемых факторов, обеспечивающие максимальную величину чистой дисконтируемой экономии средств, получаемой за счет экономии энергоресурсов в течение всего срока энергосберегающих мероприятий (max функции Y). При этом оказалось, что максимальное значение Y достигается при утеплении наружных стен по системе вентилируемый фасад ($X_1 = +1$) и толщине слоя дополнительной теплоизоляции $\sigma_{стен}^{доп}$ ($X_2 = 0,15$ м (+1)); при сопротивлении теплопередаче вновь устанавливаемых оконных и балконных дверных заполнений $R_{ок}^{new}$ ($X_3 = 1,02$ м²·°C/Вт (+1)); при утеплении чердачного перекрытия пеностеклом ($X_4 = +1$) толщиной слоя $\sigma_{черд}^{доп}$ ($X_5 = 0,15$ м (+1)); при толщине слоя дополнительной теплоизоляции перекрытия первого этажа $\sigma_{пок}^{доп}$ ($X_6 = 0,1$ м (+1)).

В результате реализации тепловой защиты здания с вышеперечисленными параметрами за 40 лет эксплуатации термомодернизируемого здания будет достигнута чистая экономия в размере 2 463 120 USD при капиталовложениях 1 101 737 USD, индексе доходности 3,24, сроке окупаемости 20,8 года и высоком классе энергетической эффективности «В» здания с удельным теплотреблением 18,53 кДж/(м³·°C·сут).

Результаты исследования подтверждают рекомендации, приведенные в приказе Министерства регионального развития РФ № 262 от 28.05.2010 г. «О требованиях к энергетической эффективности зданий, строений, сооружений», согласно которым с 2016 г. целесообразно переходить на окна с большей энергоэффективностью (с сопротивлением теплопередаче 1–1,05 м²·°C/Вт). Кроме того, наглядно показано, что подходы к повышению тепловой защиты с использованием дешевых и недолговечных мероприятий проигрывают дорогим и более долго-

вечным альтернативным мероприятиям. Последнее обстоятельство свидетельствует о решающем значении учета сроков службы теплозащитных мероприятий при оптимизации термомодернизации зданий. К сожалению, долговечность современных ограждающих конструкций остается малоизученной и принимается с рядом осознанных или неосознанных допущений, что способно оказать существенное влияние на результаты оптимизации.

Ключевые слова: тепловая защита зданий, термомодернизация, экономическая оценка, чистая дисконтируемая экономия средств, срок службы.

Список литературы

1. Гагарин В.Г. Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий // Строительные материалы. 2010. № 3. С. 8–16.
2. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Теоретические предпосылки расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций // Строительные материалы. 2010. № 12. С. 4–12.
3. Самарин О.Д. Теплофизика. Энергосбережение. Энергоэффективность. М.: Изд. АСВ, 2009. 296 с.
4. Езерский В.А., Монастырев П.В., Клычников Р.Ю. Оптимизация параметров тепловой защиты здания по экономическому критерию // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 3. С. 13–16.
5. Езерский В.А., Монастырев П.В., Клычников Р.Ю. Учет сроков службы теплозащитных мероприятий при оптимизации параметров термомодернизации здания // Вестник центрального регионального отделения РААСН. 2013. Вып. № 12. С. 157–168.
6. Moncef K. Energy audit of building systems: an engineering approach. Boca Raton: CRC Press, 2011. 696 p.

ТОРГОВЫЙ ДОМ



ИНТА-СТРОЙ

ООО «ТД «ИНТА-СТРОЙ», 644113, Омск, ул. 1-я Путьевая, 100
Тел.: (3812) 35 65 44, 35 65 45. E-mail: info@inta.ru. Http: www.inta.ru

Реклама

ОБОРУДОВАНИЕ «ИНТА-СТРОЙ» ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ШАРОВАЯ МЕЛЬНИЦА ШЛ 425



Основные характеристики:

- производительность, т/ч – 0,5–2;
- установленная мощность, кВт – 22;
- габариты (дл., шир., выс.), мм – 3300, 1900, 1300;
- масса, кг – 3100.

Назначение

- Измельчение различных руд и строительных материалов средней твердости в различных отраслях промышленности.

Преимущества:

- низкие затраты на эксплуатацию;
- простой и компактный привод;
- тонкодисперсный размол продукта (до 2 микрон);
- позволяет совмещать размол и сушку материала;
- загрузка и выгрузка материала через центральные цапфы;
- отсутствие подшипников скольжения;
- клиноременная передача позволяет осуществить легкий и плавный пуск;
- собственная рама и люк для замены футеровки.

МЫ ЗВЕНЬЯ ОДНОЙ ЦЕПИ

С.С. КАПРИЕЛОВ, д-р техн. наук, Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона им. А.А. Гвоздева;
И.А. ЧИЛИН, инженер (pgsник87@mail.ru), ООО «Предприятие Мастер Бетон» (Москва)

Сверхвысокопрочный самоуплотняющийся фибробетон для монолитных конструкций

Возрастающие объемы и удачные примеры [1, 2] применения новых модифицированных бетонов с уникальными прочностными, деформативными и технологическими характеристиками являются хорошей основой для исследований в целях дальнейшего развития и оптимизации как технологии, так и свойств материала. Одним из перспективных ориентиров для движения в этом направлении представляется высокопрочный фибробетон, так как благодаря дисперсному армированию можно решить проблему хрупкого разрушения высокопрочного бетона.

Высокопрочный (как и сверхвысокопрочный – UltraHigh-Strength) сталефибробетон известный и достаточно исследованный материал. Имеющаяся информация касается в основном бетона, полученного из сравнительно жестких (малоподвижных) смесей. Тем не менее данные о дисперсно-армированных бетонах из высокоподвижных или самоуплотняющихся смесей имеются. Связаны они с использованием металлической фибры и относятся к бетонам классов по прочности при сжатии ниже В100 [3]. В данной работе ставилась задача получения и исследования свойств сверхвысокопрочного самоуплотняющегося фибробетона классов выше В100 для использования при возведении монолитных конструкций и сооружений.

В основе технологии получения такого материала лежит совмещение сверхвысокопрочной матрицы, основной объем которой представляет собой аналог Reactive Powder Concrete [4] – «порошкового бетона» и стальной фибры.

Методика эксперимента

В работе использованы следующие материалы.

1. Портландцемент марки ПЦ600Д0 средней активностью при пропаривании 48,9 МПа, соответствующий ГОСТ 10178–85.

2. Заполнитель – песок кварцевый с включениями известняка, состоящий из набора стандартных фракций от 0 до 5 мм, в котором доля частиц фракций не более 0,63 мм составляла 50–65%.
3. Органоминеральный модификатор МБ 50К – порошкообразный продукт насыпной плотностью 850 кг/м³, содержащий микрокремнезем, золуноса, суперпластификатор на основе поликарбоксилатов.
4. Стальная фибра волнового профиля длиной 22 мм (временное сопротивление разрыву не менее 1200 МПа, модуль упругости 200 ГПа).

Основные характеристики смесей приводятся в табл. 1.

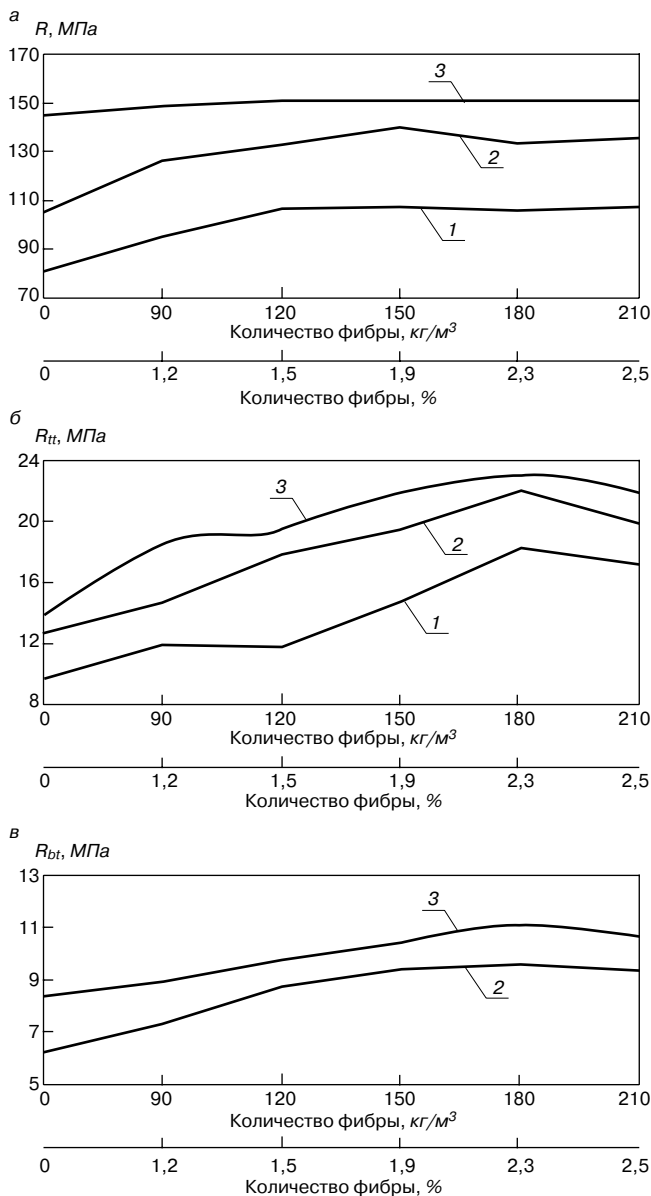
Исследования проводили в два этапа. Сначала оптимизировали состав матрицы – бетона без фибры. При этом в составе смесей на неизменном уровне (~0,8 м³/м³) фиксировали объем так называемого «активного компонента матрицы» (АКМ), который, включая в себя цемент, модификатор, частицы заполнителя фракций 0–0,63 мм и воду затворения, по существу является близким аналогом Reactive Powder Concrete.

Параметрами оптимизации являлись подвижность смесей, оцениваемая по распылу стандартного конуса (РК), и пределы прочности при сжатии (R) и изгибе (R_{ит}). В качестве варьируемых факторов – дозировка смешанного вяжущего, под которым подразумевается смесь цемента и модификатора, и содержание заполнителя. При этом варьируемые факторы изменялись в следующих пределах: смешанное вяжущее – от 1260 до 900 кг/м³, заполнитель – от 870 до 1160 кг/м³, соответственно мелкая фракция в нем – от 430 до 750 кг/м³. По полученным результатам выявлялись образцы матриц, на которых впоследствии определяли оптимальные дозировки фибры, а также прочностные и деформативные характеристики сталефибробетона.

Таблица 1

№ п/п	Основные компоненты смесей, кг/м ³					В/Ц	Объем АКМ, м ³ /м ³	РК, см	Прочность бетона в 28 сут, МПа	
	Цемент	МБ-50К	Заполнитель*	Фибра	Вода				R	R _{ит}
Матрица										
1	900	360	870/430	–	200	0,22	0,82	75	145	13,8
2	800	275	1010/590	–	205	0,26	0,81	75	130,6	12,1
3	710	190	1160/750	–	205	0,29	0,8	75	112	10,5
Фибробетон										
4	880	355	855/425	90	195	0,22	0,8	75	148,7	18,4
5	875	355	850/425	120	195	0,22	0,8	75	150,8	19,4
6	865	355	845/420	150	193	0,22	0,79	70	151,3	21,8
7	860	355	840/420	180	190	0,22	0,79	70	150,8	23
8	860	355	840/420	210	190	0,22	0,79	62	151	21,8

Примечание. * Перед чертой указана общая масса заполнителя, за чертой – содержание в нем фракций не более 0,63 мм.



Влияние дозировки фибры на пределы прочности при: сжатии (а); изгибе (б); осевом растяжении (в) в возрасте 3 (1); 7 (2); 28 (3) сут

Пределы прочности определяли в соответствии с ГОСТ 10180–90: при сжатии (R) – испытанием образцов-кубов размером $100 \times 100 \times 100$ мм; при осевом растяжении (R_b) – испытанием образцов-призм («восьмерок») высотой 490 мм с сечением в зоне предполагаемого разрыва 70×70 мм; при изгибе (R_{ft}) – испытанием призм $100 \times 100 \times 400$ мм.

Модули упругости и призмленную прочность (R_b) определяли на призмах размером $100 \times 100 \times 400$ мм: начальный модуль – в соответствии с ГОСТ 24452–80; динамический – путем измерения резонансной частоты вынужденных колебаний.

Все образцы выдерживались в нормальных температурно-влажностных условиях (относительная влажность 95–98%, температура 18–22°C).

В табл. 1 приведены составы смесей с указанием содержания основных компонентов и свойства бетонов. В составах №№ 1–3 постоянным был общий объем активных компонентов матрицы, т. е. смешанного вяжущего (цемент+модификатор), воды и заполнителя фракций меньше 0,63 мм, но варьировалось соотношение между вяжущим и заполнителем. В составах №№ 4–8 при ста-

бильном количестве цемента, модификатора, заполнителя и воды варьировалось содержание фибры.

Результаты испытаний

Свойства смесей. Все образцы бетонных смесей (матрицы и армированные фиброй) имели высокую подвижность – распыл стандартного конуса – в диапазоне 70–75 см и отличались повышенной связностью – нераслаиваемостью, что приравнивает их к категории самоуплотняющихся. Исключение составил образец № 8 (табл. 1), который, вероятно, в связи с повышенной дозировкой фибры имел подвижность – распыл конуса 62 см. Замещение до 12% смешанного вяжущего заполнителем мелких фракций практически не повлияло на реологические свойства смесей.

Свойства бетонов. На рисунке показаны тенденции изменения прочности на осевое сжатие и растяжение при изгибе в зависимости от количества фибры в бетонной смеси.

Из данных, представленных на рисунке, следует, что наибольшие значения прочности на растяжение при изгибе достигаются при дозировках фибры 150–180 кг/м³, что составляет 2–2,3% от объема бетона. Это – своеобразный «порог эффективности» выбранной фибры, при котором достигаются лучшие показатели по подвижности смесей и прочности бетона. При меньших дозировках фибры достигается требуемая подвижность смесей, но меньше прочность на растяжение при изгибе, соответственно на осевое растяжение. Превышение этих дозировок приводит к снижению подвижности смесей (табл. 1) и практики не способствует приросту прочности.

Отметим, что при дозировках фибры на уровне порога эффективности (180 кг/м³) ранее [5] были получены подобные результаты по прочности при сжатии и при изгибе, но другие (заниженные) значения прочности на осевое растяжение. Последнее оказалось следствием специфических особенностей приготовленных для испытаний образцов, которые, отличаясь по форме и размерам от принятой в ГОСТ 10180–90, привели к некорректным результатам.

На основании полученных данных с учетом выявленных зависимостей свойств бетонов от состава смесей приготовлены два образца сталефибробетона для определения деформативных характеристик. Один из них класса В 130, другой – сравнительно экономичный – класса В 100 из самоуплотняющейся смеси. Особенности их составов являлось разное количество смешанного вяжущего, соответственно мелких фракций заполнителя, и равные дозировки фибры и воды. Выбор таких бетонов обоснован необходимостью обеспечить максимальное значение предела прочности при осевом растяжении (9–10 МПа) при минимизированной за счет сокращения расхода цемента и модификатора стоимости бетонных смесей.

В табл. 2 приведены основные параметры смесей, прочностные и деформативные свойства указанных бетонов в возрасте 28 сут.

Как видно, три показателя качества армированных фиброй бетонов, существенно отличающихся между собой расходом цемента и модификатора, практически одинаковы. Подвижность смесей – распыл стандартного конуса остается в диапазоне 70–75 см, что соответствует понятию «самоуплотняющийся бетон» [6], на одном уровне и значения предела прочности на осевое растяжение (диапазон 9,7–10,1 МПа). Незначительно (менее 5%) различаются прочности на растяжение при изгибе (20,2–21 МПа). Более существенно (на 12–18%) отличаются значения пределов прочности при сжатии, начального и динамического модулей упругости. Такие результаты связаны с характеристиками матриц, по-разному воспринимающих сжимающие нагрузки, и с

Таблица 2

№ п/п	Вид бетона	Основные компоненты смесей, кг/м ³					В/Ц	ПК, см	Прочность бетона в 28 сут, МПа				Модуль упругости, ГПа		Фактический класс бетона при коэффициенте вариации 10%
		Цемент	Фибра	МБ-50К	Заполнители	Вода			R	R _b	R _{bt}	R _{tt}	E _b	E _{дин}	
Сверхвысокопрочный бетон															
1	Матрица	900	–	360	870	195	0,21	75	141,2	125,6	5,5	12	45,3	49,3	V124
2	Фибробетон	870	180	350	850	185	0,21	75	145,8	132,5	10,1	21	49	54,6	V128
Высокопрочный бетон															
3	Матрица	710	–	190	1160	205	0,29	70	112	101,6	4,2	10,5	42,8	44,1	V98
4	Фибробетон	700	180	190	1150	200	0,29	70	125	115,4	9,7	20,2	44,2	46,5	V110

положительной ролью дисперсного армирования, которое уменьшает различия между двумя неравнопрочными матрицами, повышая сопротивление материала растягивающим напряжениям и нивелируя значения прочностей на растяжение.

Уместно отметить, что значения прочностей и деформативных характеристик получены в возрасте бетона 28 сут и со временем повышаются. Данные о кинетике изменения характеристик бетонов с органоминеральным модификатором МБ-50К показывают, что в период от 28 до 180 сут пределы прочности на осевое растяжение и изгиб могут увеличиваться на 28–35% [1, 7].

Производственный и экономический аспекты. Производство дисперсно-армированного бетона с представленными выше характеристиками может осуществляться с использованием доступных материалов (цемента, органоминеральных модификаторов, стальной фибры, песка оптимизированной granulometрии) на традиционном для заводов технологическом оборудовании (смесителях принудительного действия), в дополнение к которому должен быть приспособлен дозатор фибры с трактом подачи.

Стоимость бетонов ориентировочно может быть определена по прямым затратам на его производство, т. е. на основании расхода материалов и сложившихся цен на них. В сравнении с высокопрочными тяжелыми бетонами класса В100, которые уже применяются при возведении каркаса высотного здания на одной из площадок Москва-Сити, стоимость сверхвысокопрочного сталефибробетона классов В110–В130 из-за присутствия фибры будет в 1,8–2,2 раза выше. Однако целесообразность применения таких бетонов следует оценивать не путем сопоставления стоимости бетонных смесей, а приняв во внимание побочные технические эффекты, позволяющие возводить высокопрочные конструкции и повышать эксплуатационную надежность сооружений.

Выводы

1. Строительному производству и проектированию может быть предоставлен сверхвысокопрочный самоуплотняющийся сталефибробетон классов от В100 до В130, отличающийся повышенной удобоукладываемостью и технологичностью, со следующими характеристиками:
 - прочность при осевом растяжении (R_{bt}) не ниже 10 МПа, начальный модуль упругости (E_b) 44–50 ГПа при значениях динамического модуля упругости ($E_{дин}$) – 46–55 ГПа.
2. Ориентировочная стоимость таких сверхвысокопрочных дисперсно-армированных бетонов может

превышать стоимость тяжелого бетона класса В100 в 1,8–2,2 раза. Однако экономическая целесообразность их применения должна быть основана не на прямом сравнении затрат на производство бетонных смесей, а на получении следующих эффектов:

- повышения надежности (несущей способности) конструкций и сооружений, подвергаемых экстремальным динамическим и ударным нагрузкам;
- повышения производительности бетонных работ за счет использования высокоподвижных смесей;
- замещения массивных несущих конструкций из тяжелого бетона со стержневой арматурой на ажурные дисперсно-армированные конструкции из сверхвысокопрочного с соответствующим снижением массы сооружений, увеличением полезных площадей на одной и той же площади застройки.

Ключевые слова: *сталефибробетон, сверхвысокопрочный бетон, динамические нагрузки, монолитные конструкции.*

Список литературы

1. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кардумян Г.С. Новые модифицированные бетоны. М.: ООО «Типография Парадиз», 2010. 258 с.
2. Каприелов С.С., Травуш В.И., Карпенко Н.И., Шейнфельд А.В., Кардумян Г.С., Киселева Ю.А., Пригоженко О.В. Модифицированные бетоны нового поколения в сооружениях ММДЦ «Москва-Сити» // Строительные материалы. 2006. № 10. С. 13–17.
3. Ambroise J., Rols S., Pera J. Properties of self-leveling concrete reinforced by steel fibers. Proceedings of the 3-d International RILEM Workshop on Reinforced Cement Composites. HFRCC3. Mainz. 1999. Pp. 9–17.
4. Каприелов С.С., Батраков В.Г., Шейнфельд А.В. Модифицированные бетоны нового поколения: реальность и перспективы // Бетон и железобетон. № 6. 1999. С. 6–10.
5. Мишина А.В., Чилин И.А., Андрианов А.А. Физико-технические свойства сверхвысокопрочного сталефибробетона // Вестник МГСУ № 3. 2011. С. 159–165.
6. The European Guidelines for Self-Compacting Concrete. Specification, Production and Use. BIMB, CEMBUREU, ERMCO, EFCA, EFNARC. May 2005. 63 p.
7. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кардумян Г.С., Дондуков В.Г. Модифицированные высокопрочные мелкозернистые бетоны с улучшенными деформативными характеристиками // Бетон и железобетон. № 2. 2006. С. 2–7.

И.М. БАРАНОВ, канд. техн. наук, ООО «НТЦ ЭМИТ» (Москва)

Проблемные вопросы технологии получения высококачественных специальных бетонов

Получение бетонных смесей с заданными формовочными свойствами и выбор оптимальных параметров их формования, а также расчет виброформовочных машин и конвейеров, назначение темпов укладки и скоростей передвижения опалубки в случае монолитного строительства и т. д. немыслимы без объективных сведений о реологических свойствах. Для установления закономерностей образования, изучения условий сохранения устойчивости и, наоборот, разрушения структур бетонных смесей потребовалось более углубленное изучение реологии тиксотропных систем, к которым относятся бетонные смеси. Для выполнения всей этой работы в 70-е гг. были разработаны и начали использоваться ротационные вискозиметры. Однако в дальнейшем более широкого применения в строительной практике эти приборы из-за сложности конструкции не получили, а более простых приборов для оценки реологических свойств бетонных смесей, чем названные вискозиметры,

не появилось, что до настоящего времени и предопределило отсутствие не только новых методик, но и необходимых стандартов, нацеливающих нашу строительную науку и практику на совершенствование и активное развитие.

Обозначенная проблема стала еще более актуальной в связи с появлением в последние годы сначала в европейских странах, а затем и у нас совершенно новых особо прочных, самоуплотняющихся и нерасплаивающихся бетонов, бетонов для ведения подводных работ, различных, в том числе ремонтных и других, композиций, но оценивать и классифицировать свойства этих бетонов мы и в настоящее время не готовы.

В порядке инициативного поиска путей решения названных проблем в ООО «НТЦ ЭМИТ» разработан статический вискозиметр (см. рисунок) и методика определения с его помощью реологических характеристик высокопластичных формовочных смесей появившихся

Параметры реологических характеристик формовочных смесей специальных бетонов, определяемых на статическом вискозиметре

Наименование характеристик и их обозначение	Единицы измерения						Расчетные выражения для определения реологических характеристик бетонных смесей с помощью статического вискозиметра
	Косвенные характеристики			Реологические характеристики			
	Наименование	Обозначение	Определяемое значение	Наименование и определение	Обозначение	Определяемое значение	
Предельное сопротивление сдвига, τ_0	Пластическая прочность структуры	$h_{см}^{ост}$	см	Предельное сопротивление сдвига	τ	$\frac{\Gamma}{см^2}$	$\tau_0 = \frac{\gamma_{см} \cdot V_{см}^{ост}}{S_{тр}} = \frac{\gamma_{см} \cdot S_{тр} \cdot h_{см}^{ост}}{S_{тр}} = \gamma \cdot h_{см}^{ост}; \frac{\Gamma}{см^2}$
Эффективная динамическая вязкость, η	Время вытекания смеси из трубы	$t^{выл}$	с	Пуаз $\Pi = 10^{-3} \frac{\Gamma \cdot с}{см^2}$	Π	$\eta = \frac{\tau - \tau_0}{\frac{dF}{dh}} = \frac{\tau_0 \cdot dh}{V_{см}^{выл} / t^{выл}}$	$\eta = \frac{\gamma_{см} \cdot h_{см}^{ост} \cdot h_{см}^{выл} \cdot t^{выл}}{S_{тр} \cdot h_{см}^{выл}} = \frac{\gamma_{см} \cdot h_{см}^{ост} \cdot t^{выл}}{S_{тр}}; \frac{\Gamma \cdot с}{см^2}$
Градиент скорости деформирования, $\frac{dF}{dh}$	Средняя скорость гравитационного вытекания смеси из трубы	$\frac{V_{см}^{выл}}{t^{выл}}$	$\frac{мл}{с}$	Отношение скорости вытекания смеси из трубы к высоте столба смеси, вылившейся из трубы		$\frac{\Delta F_{см}^{выл}}{\Delta h_{см}^{выл}} = \frac{мл/с}{см}$	$\frac{\Delta F_{см}^{выл}}{\Delta h_{см}^{выл}} = \frac{V_{см}^{выл} / t^{выл}}{h_{см}^{выл}}; \frac{мл/с}{см}$
Текущая, T	Средний диаметр расплыва смеси	$\varnothing_{рас}$	см	Отношение объема вылившейся из трубы смеси к диаметру ее расплыва		$T = \frac{мл}{см}$	$\frac{V_{см}^{выл}}{\varnothing_{рас}} = \frac{S_{тр} \cdot h_{см}^{выл}}{\varnothing_{рас}}; \frac{мл}{см}$

Обозначения: $\gamma_{см}$ – объемная масса бетонной смеси, $г/см^3$ (мл); $h_{см}^{выл}$ – высота столба смеси, вылившейся из трубы, см; $h_{см}^{ост}$ – высота столба смеси, оставшейся в трубе, см; $V_{см}^{выл}$ – объем смеси, вылившейся из трубы, $см^3$; $V_{см}^{ост}$ – объем смеси, оставшейся в трубе, $см^3$; h – высота трубы, $h = 50$ см; $S_{тр}$ – площадь внутреннего сечения трубы, равная $78,5$ $см^2$; $V_{см}$ – объем смеси в трубе, равный 4 л; $t^{выл}$ – время вытекания смеси из трубы, с; $F_{см}^{выл}$ – средняя скорость вытекания смеси из трубы, $мл/с$; $\varnothing_{рас}$ – средний диаметр расплыва смеси.



Сборка вискозиметра (общий вид)

специальных бетонов. Прибор выполнен в виде вертикально поднимающейся трубы с внутренним объемом 4 л, куда заливается бетонная смесь, а затем при подъеме трубы на высоту, обеспечивающую равенство образующейся площади поверхности между нижним концом трубы и поддоном с площадью сечения трубы, эта смесь выливается и свободно растекается на поддоне. Следует сказать, что разработанный вискозиметр может использоваться не только для определения реологических свойств бетонной смеси на воздухе, но и для изучения растекаемости смеси, а также ее размываемости в текущей воде. При этом для получения сравнительных результатов могут определяться косвенные параметры следующих реологических характеристик бетонной смеси: предельное сопротивление сдвига τ_0 — по высоте столба, оставшейся в трубе смеси; динамическая вязкость η — по скорости вытекания смеси из трубы; градиент скорости деформирования смеси dV/dh и ее текучесть.

Порядок регистрации реологических параметров названных характеристик, полученных с помощью предлагаемого статического вискозиметра, и выполнения вычислений расчетных значений реологических свойств формовочных смесей новых бетонов представлен в таблице.

Конструирование и испытание статического вискозиметра проводили в процессе выполнения исследований по разработке инновационных материалов и технологии их применения в мостостроении и гидротехническом строительстве при ведении строительных и ремонтных работ, в том числе под водой и в зоне переменного уровня воды. При разработке составов и приготовлении названных новых бетонов в первую очередь использовали известные методы, которые после анализа зарубежного и отечественного опыта их применения, проведенного перед началом работы, сформировали и изложили в виде свода условий и принципов получения этих бетонов. Однако в процессе выполнения работы по реализации заданных требований к разрабатываемым новым материалам появилась необходимость отказать от использования ряда достаточно сложных технологических приемов из известного нам на тот момент практического опыта и применить следующие до-

полнительные технологические факторы, среди которых наиболее эффективными являются:

- применение разработанной практической методики определения рациональных составов специальных бетонов;
- применение установленной рациональной последовательности загрузки компонентов в смеситель;
- применение вакуумирования бетонной смеси в конце процесса ее приготовления;
- применение специально разработанных лабораторных смесителей с высокоэнергетическим воздействием на перемешиваемую смесь: смеситель-дезинтегратор для активации цементно-песчаной смеси с минеральными добавками и смеситель-активатор для интенсивного перемешивания смеси, в том числе с крупным заполнителем, и равномерного распределения по ее объему дисперсно-армирующих волокон (эти смесители имеют возможность изменять обороты своих рабочих органов и вакуумировать бетонную смесь).

Что касается проблемных вопросов этапа практической реализации этих и других разработок, то требуется, чтобы все они прежде всего были где-то и кому-то нужны. Из других вопросов: разработка и изготовление упомянутых смесителей — это решаемо. А вот с разработкой рекомендаций по определению рациональных составов специальных бетонов, а затем стандартов на бетонные смеси для специальных бетонов и каждый вид специальных бетонов — сложнее, так как это уже коллективное творчество.

Ключевые слова: самоуплотняющиеся бетоны, статический вискозиметр, реологические свойства.

ООО «НТЦ ЭМИТ»

**Разработка новых
композиционных
строительных материалов
и технологий с проведением
авторского надзора
при создании производств**

Генеральный директор
Баранов Иван Митрофанович

(495) 351-96-73

E-mail: emitpb@mail.ru

Реклама

Т.А. КРАСНОВА, начальник научно-технической службы,
Н.И. БОРОУЛЯ, начальник испытательной лаборатории,
ООО «Торговый дом СУПЕРПЛАСТ» (Владимир)

Химическая модификация бетонов для монолитного бетонирования

Бетонирование монолитных сооружений и конструкций – неотъемлемая часть современного строительства во всех сферах, включая транспортное и инфраструктурное. Большинство монолитных конструкций возводится с использованием товарного бетона, для которого реологические свойства бетонных смесей, кинетика набора прочности зачастую являются определяющими при проектировании состава бетона и выборе способа его химической модификации наряду с такими параметрами, как проектная прочность бетона, его морозостойкость, водонепроницаемость, стойкость к воздействию окружающей среды.

При рассмотрении свойств бетонных смесей наиболее интересны добавки, регулирующие свойства бетонных и растворяемых смесей, – первая группа по ГОСТ 24211–2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия». Абсолютное большинство продуктов, относящихся к этой группе, являются поверхностно-активными веществами различной химической природы и строения.

Рассмотрим ПАВ более подробно. Поверхностно-активные вещества – это соединения, адсорбция которых из жидкости на поверхности раздела фаз (жидкой, твердой или газообразной) приводит к снижению поверхностного натяжения. По международной классификации ПАВ делятся на ионогенные – катионактивные, анионактивные и амфотерные, а также неионогенные.

Практически все виды ПАВ могут использоваться для модификации бетона. Существует также большое количество различных классификаций ПАВ, основанных на характере влияния на структурообразование, на механизме их взаимодействия с цементом и др.

При рассмотрении способов изменения реологических свойств бетонной смеси наиболее интересны все-таки анионактивные ПАВ, являющиеся гидрофилизирующими веществами. Число подобных добавок очень велико, к ним можно отнести лигносульфонаты щелочных и щелочно-земельных металлов (ЛСТ), гидроксикарбоновые кислоты и их соли, соли многоосновных кислот, углеводы и их производные, соли полиметиленафталинсульфокислоты (С-3) и полимеламинсульфокислоты и поликарбоксилатные эфиры (ПК) (рис. 1).

При рассмотрении механизма действия подобных веществ выделяют следующие основные процессы [1–3]:
– моно- или полимолекулярная адсорбция ПАВ на поверхности главным образом гидратных новообразо-

ваний. Вследствие адсорбции уменьшается межфазовая энергия и облегчается дезагрегация (дефлокуляция) частиц, высвобождается большая часть иммобилизованной воды, которая обеспечивает пластифицирующий эффект;

– изменение величины дзета-потенциала поверхности частиц твердой фазы. Вследствие адсорбции добавок все частицы твердой фазы приобретают одноименный заряд, что приводит к их отталкиванию. В результате облегчается перемещение и затрудняется коагуляция частиц. Изменение дзета-потенциала от – 20 до – 40 мВ является «откликом» адсорбции и хемосорбции ПАВ на поверхности гидратных фаз. Необходимо отметить, что

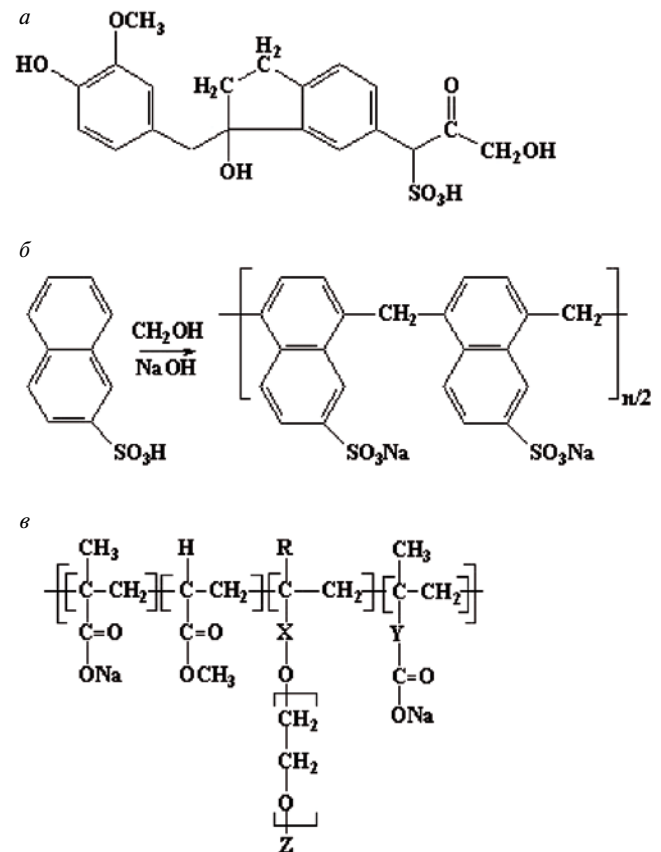


Рис. 1. Лигносulьфовая кислота (а), полиметиленафталинсульфонат натрия (б), поликарбоксилатный эфир (в)

Таблица 1

Производитель и наименование цемента	Химико-минералогический состав, %					Добавка	
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	R ₂ O	Вид	%
ОАО «Мордовцемент» ЦЕМ I 42,5 Б	64	15	6	12	0,6	Опока	до 5
ЗАО «Осколцемент» ЦЕМ I 42,5 Н	65,45	13,3	9,9	11,3	0,53	ТЭА не более 0,03%	
ЗАО «Михайловцемент» ЦЕМ II/A-Ш 32,5 Б	62	13	9	12,5	0,75	Шлак	18,5

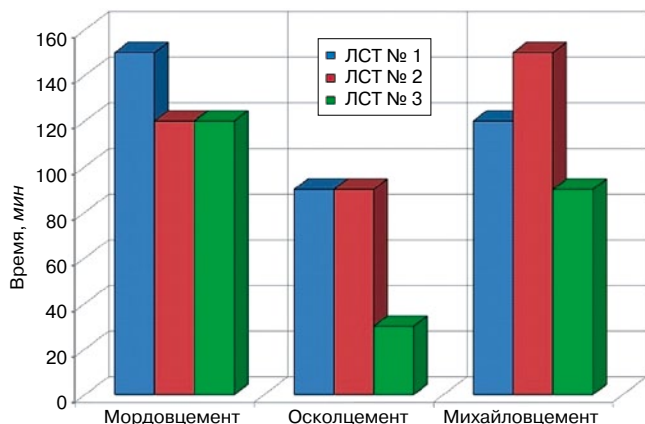


Рис. 2. Влияние ЛСТ разных производителей на время сохранения подвижности бетонной смеси (начальная ОК = 22 см, конечная ОК = 15 см) при использовании различных цементов

значения дзета-потенциала для ЛТС, С-3 и ПК весьма близки, несмотря на разницу в их эффективности;

– химическое взаимодействие между цементными минералами, а также продуктами их гидратации и добавками ПАВ. Подобное взаимодействие может приводить к повышению концентрации различных фаз в поровой жидкости и ускорению реакции гидратации, к повышению концентрации кальций-алюминатных и силикатных ионов вследствие образования координационных соединений – молекулярных комплексов, что приводит к изменению морфологии их кристаллов; либо понижению концентрации ионов вследствие образования труднорастворимых соединений, что приводит к торможению гидратации из-за образования на поверхности зерен экранирующих пленок.

Для ЛСТ, гидроксикарбоновых кислот, их солей и эфиров, а также для многоосновных органических кислот наблюдаются некоторые особенности в характере адсорбции. Подобные соединения имеют большое количество функциональных групп: $-\text{COO}$, $-\text{COOH}$, $-\text{OH}$, $-\text{CONH}$, $-\text{SO}_3\text{H}$, сравнительно равномерно распределенных по длине основной цепи. В результате такие ПАВ, адсорбируясь функциональными группами преимущественно на гидратных новообразованиях, располагаются «плашмя» – вдоль поверхности твердой фазы (а не в виде частокола, характерного для гидрофобизирующих добавок). Кроме того, часть таких функциональных групп остается «свободной», она-то и гидрофилизует цементное тесто или бетонную (растворную) смесь, улучшая ее смачивание водой.

С учетом близости механизма действия влияние модификаторов на основе указанных анионоактивных ПАВ на свойства материалов на основе портландцемента должно быть сходным по достигаемым эффектам и их величинам. Основное отличие должно лежать в области дозировок, что связано со строением и химической природой ПАВ.

Рассмотрим действие различных ПАВ и продуктов на их основе на конкретных примерах. Испытания проводили на цементах следующих производителей: ОАО «Мордовцемент», ЗАО «Осколцемент» – ЦЕМ I 42,5 и ЗАО «Михайловцемент» – ЦЕМ II/A-III 32,5 (табл. 1). Для сравнения результатов испытания проводили на стандартном составе бетона, спроектированного по ГОСТ 30459–2008.

ЛСТ различных производителей (производители ЛСТ № 1–3 не указываются) существенно отличаются по свойствам, так ЛСТ отличаются и по пластифицирующему эффекту, и по влиянию на сохранение реологических свойств по времени (рис. 2). Такая нестабильность

Таблица 2

Добавка	Дозировка, %	Нормальная густота, %	Начало схватывания	Конец схватывания
Эталон	–	28,5	4 ч 00 мин	5 ч 10 мин
ЛСТМ	0,3	26	Проба № 1 – 55 мин Проба № 2 – 1 ч 30 мин	Более 6 ч
Эталон	–	28,5	4 ч	5 ч 30 мин
Винная кислота	0,1	28,5	4 ч 30 мин	7 ч 30 мин
Винная кислота	0,2	28,5	5 ч 25 мин	Более 8 ч
Лимонная кислота	0,1	28,25	7 ч 30 мин	Более 8 ч
Лимонная кислота	0,2	26,5	0 ч 50 мин	1 ч 05 мин
Молочная кислота	0,1	29	4 ч 10 мин	6 ч
Молочная кислота	0,2	29,5	5 ч 30 мин	Более 6 ч
Эталон	–	27,5	2 ч 40 мин	4 ч
Лактат натрия	0,1	26,25	3 ч 18 мин	4 ч 18 мин
Лактат натрия	0,2	26	3 ч 23 мин	4 ч 18 мин
Эталон	–	27,5	2 ч 40 мин	4 ч
Тартрат натрия	0,1	25,5	Более 6 ч	20 ч 50 мин
Тартрат натрия	0,2	25	4 ч 45 мин	21 ч 20 мин
Эталон	–	25,25	2 ч 40 мин	3 ч 40 мин
Цитрат натрия	0,1	24,25	6 ч 20 мин	9 ч
Цитрат натрия	0,2	22,75	1 ч 30 мин	4 ч 05 мин
Эталон	–	26,75	2 ч 40 мин	3 ч 40 мин
Олигофосфоновая кислота	0,007	26,75	3 ч 15 мин	5 ч
Натриевая соль олигофосфоновой кислоты	0,005	26,75	2 ч 50 мин	3 ч 50 мин
Натриевая соль олигофосфоновой кислоты	0,01	26,75	3 ч 20 мин	4 ч 30 мин

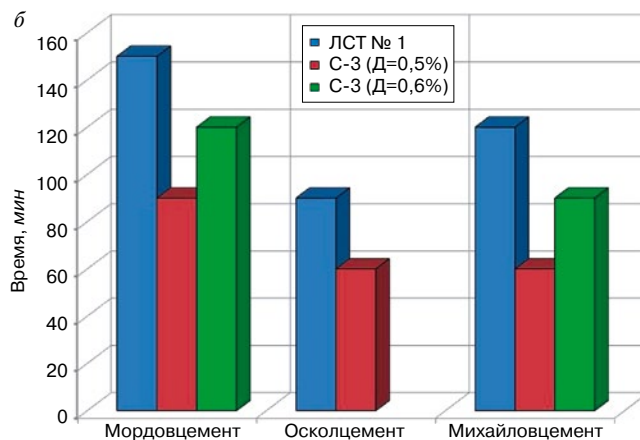
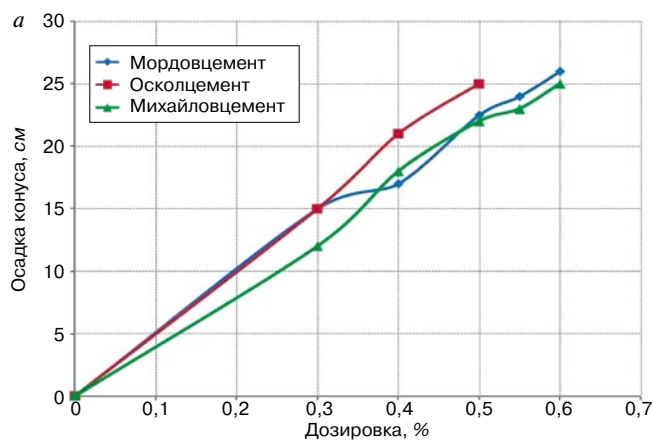


Рис. 3. Пластифицирующая способность (а) и влияние С-3 на время сохранения (б) подвижности бетонной смеси (начальная ОК = 22 см, конечная ОК = 15 см) на различных цементах

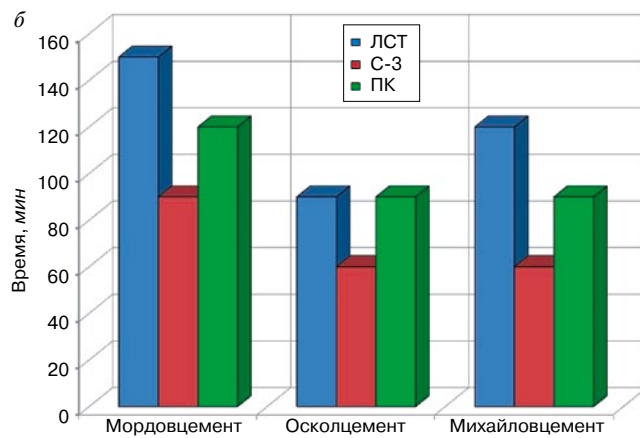
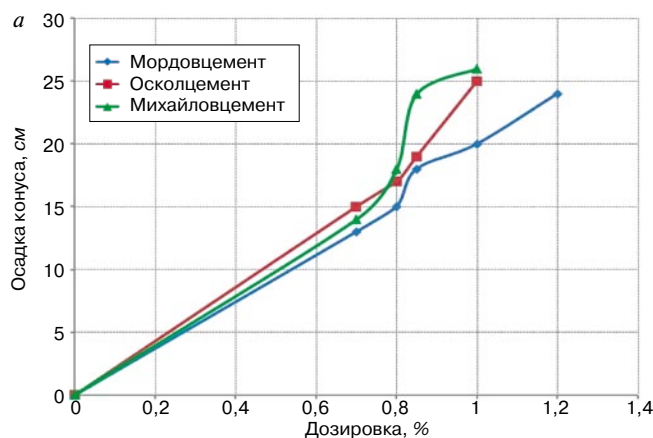


Рис. 4. Пластифицирующая способность (а) и влияние ПК на время сохранения (б) подвижности бетонной смеси (начальная ОК = 22 см, конечная ОК = 15 см) на различных цементах

свойств связана в первую очередь с нестабильностью ЛСТ, являющегося побочным продуктом производства.

При рассмотрении С-3 можно наблюдать стабильность пластифицирующего эффекта и диапазона оптимальных дозировок на всех цементах. Необходимо отметить, что на разных цементах наблюдается различное сохранение подвижности во времени, что скорее всего связано с особенностями минералогического состава (рис. 3). Но эффективные дозировки С-3 выше, чем для ЛСТ, что связано с различием длины основной молекулы данных ПАВ.

Для поликарбоксилатного пластификатора (пр-во Японии) можно заметить значительную разницу в эффективности на разных цементах (рис. 4). При этом наблюдалась достаточно быстрая потеря подвижности на всех цементах. Возможно, подобное поведение поликарбоксилатного модификатора связано с некоторой «универсальностью» его строения – продукт заявлен как для товарного бетона, так и для производства железобетонных изделий и конструкций в заводских условиях, что явно должно было повлиять и на плотность расположения боковых цепей и их длину, и на плотность заряда по длине молекулы.

При рассмотрении влияния гидроксикарбоновых кислот и их солей на сроки схватывания цементного теста (цемент производства ОАО «Мордовцемент») наблюдается увеличение индукционного периода гидратации (табл. 2). Необходимо отметить, что для некоторых веществ, являющихся классическими замедлителями схватывания, наблюдали обратный эффект при незначительном увеличении дозировки.

На стандартных составах бетонов особой разницы в эффективности между С-3 и поликарбоксилатным пластификатором не наблюдалось, кроме некоторого снижения дозировки ПК.

При рассмотрении комплексных продуктов интересно отследить изменение эффективности относительно базовых продуктов. Сочетание различных ПАВ в составе одного модификатора может привести к значительному пластифицирующему эффекту и регулированию времени сохранения этого эффекта за счет последовательной работы различных веществ.

Для изучения были выбраны продукты, сочетающие в себе свойства суперпластификаторов и регуляторов сохранения подвижности бетонной смеси: Суперпласт Прима, Суперпласт Ультра и Эдванс Супер. Суперпласт Прима и Ультра в качестве одной из пластифицирующих основ содержит в своем составе С-3, но добавки отличаются другими компонентами в своем составе. Эдванс Супер – продукт на поликарбоксилатной основе. Оценка эффективности комплексов проводилась на тех же цементах и составах.

Для начала оценили пластифицирующую способность указанных добавок. В сравнении с базовым пластификатором С-3 для комплексных продуктов на всех указанных цементах наблюдается снижение оптимальной дозировки.

Затем отследили влияние комплексных продуктов на время сохранения подвижности бетонной смеси. Все комплексы обеспечивают сохранение подвижности бетонной смеси на 1–2,5 ч дольше, чем соответствующие монопродукты, включая ЛСТ (рис. 5). По влиянию на

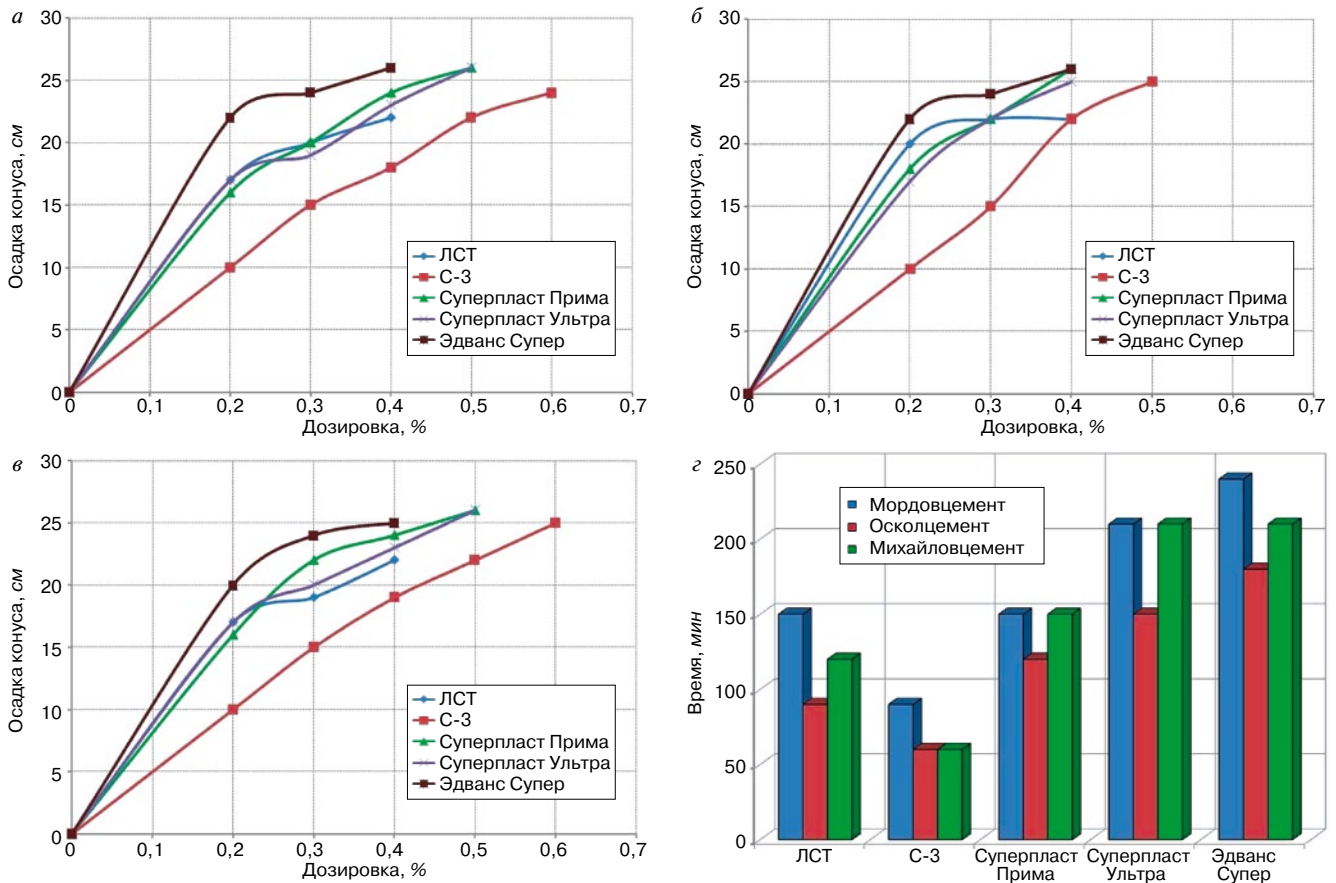


Рис. 5. Пластифицирующая способность комплексных добавок (а – ОАО «Мордовцемент»; б – ЗАО «Осколцемент»; в – ЗАО «Михайловцемент») и влияние на время сохранения (г) подвижности бетонной смеси (начальная ОК = 22 см, конечная ОК = 15 см) монопродуктов и комплексных добавок на различных цементах

кинетику твердения комплексные добавки были ближе к С-3 – практически во все сроки твердения наблюдалась сравнимая с контрольным составом или положительная относительно контрольного состава кинетика твердения бетона.

Стоит обратить внимание на тот факт, что при рассмотрении пластифицирующих свойств и регулирования сохранения подвижности величина основного эффекта продуктов на основе С-3 и поликарбоксилатного пластификатора практически не отличается. Поэтому говорить о большей эффективности добавок на основе поликарбоксилатов не совсем корректно при рассмотрении стандартных бетонных смесей. Основное отличие между добавками – величина оптимальной дозировки. Именно поэтому не следует рассматривать поликарбоксилатные добавки как продукты другого класса эффективности. Эти продукты обладают меньшими дозировками и немного большим водоредуцирующим эффектом, поэтому в некоторых случаях их применение может быть экономически более целесообразно.

Ключевые слова: модификатор бетона, механизм действия, комплексная добавка, анионоактивные ПАВ.

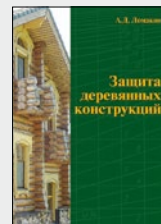
Список литературы

1. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. М.: Технопроект, 1998. 768 с.
2. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон. М.: Стройиздат, 1989. 188 с.
3. Глекель Ф.Л. Физико-химические основы применения добавок к минеральным вяжущим. Ташкент: Фан, 1975. 200 с.

Вышла книга



Защита деревянных конструкций



Автор – А.Д. Ломакин, канд. техн. наук, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2013, 424 с.

В книге приведены результаты исследований, проведенных автором и разработанные им рекомендации по конструкционной и химической защите деревянных конструкций. Большое внимание уделено защите несущих ДКК и конструкций из ЛВЛ от эксплуатационных воздействий и возгорания.

Приведены известные и разработанные автором методы оценки защитных свойств покрытий для древесины, методика и результаты натуральных климатических испытаний покрытий на образцах и фрагментах конструкций. Описаны результаты мониторинга влажностного состояния несущих КДК в таких крупных объектах, как ЦВЗ «Манеж», крытый конькобежный центр в Крылатском в Москве и др., при проведении которого использована разработанная автором методика оценки влажности древесины с использованием модельных образцов.

Книга рассчитана на специалистов и научных работников, работающих в области защиты деревянных конструкций, технологов предприятий по производству КДК и заводов деревянного домостроения, сотрудников проектных организаций и преподавателей вузов. Она может быть полезна также и для организаций, занимающихся строительством зданий и сооружений с применением деревянных конструкций.

Цена 1000 р. без почтовых расходов.

Заявки для приобретения направлять

по тел./факсу: (499) 976-20-36, 976-22-08

E-mail: mail@rifsm.ru

VII Международная научно-практическая конференция

Развитие производства силикатного кирпича в России

СИЛИКАТЭКС

**16–17 октября
2013 г.**

Екатеринбург

Программа конференции:

- Технологии и оборудование для производства силикатного кирпича
- Сырьевые материалы, подготовка, оптимизация составов
- Особенности производства цветного кирпича
- Современные виды силикатных материалов, использование в строительстве
- Нормативная база отрасли
- Диверсификация заводов

НАТУРНЫЙ ПОКАЗ!

ВОЗВЕДЕНИЕ СТЕНЫ ИЗ СИЛИКАТНЫХ БЛОКОВ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАТОВ



Участники конференции посетят ООО «Каменск-Уральский завод строительных материалов»



Организатор конференции – журнал «Строительные материалы»®

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ**

Генеральный спонсор

**LASCO UMFORMTECHNIK
WERKZEUGMASCHINENFABRIK**



Спонсоры конференции



Оргкомитет:

Руководитель проекта – Юмашев Алексей Борисович Менеджер проекта – Горегляд Светлана Юрьевна
Телефон/факс: (499) 976-22-08, 976-20-36, (916) 123-98-29
silikatex@bk.ru mail@rifsm.ru www.silikatex.ru www.rifsm.ru
Адрес для корреспонденции: 127434, Москва, Дмитровское ш., д. 9, стр. 3,
редакция журнала «Строительные материалы»®

Автоклавный газобетон – надежный и долговечный материал для жилищного и гражданского строительства

15–17 мая 2013 г. в Краснодаре состоялась научно-практическая конференция «Современный автоклавный газобетон». Традиционно ее организаторами выступила Национальная ассоциация производителей автоклавного газобетона (НААГ) при информационной поддержке журнала «Строительные материалы»®. В этом году генеральным спонсором конференции стала компания «ВКБ Системс» (WBK Systems GmbH).

В конференции приняло участие более 220 специалистов отрасли из различных регионов России, а также зарубежных стран: Германии, Финляндии, Польши, Китая, Казахстана, Азербайджана, Украины, Республики Беларусь и др. Среди участников были руководители и ведущие специалисты действующих заводов, производящих автоклавный газобетон, строящихся заводов, а также фирм-производителей оборудования, сырьевых и расходных материалов, представители научно-исследовательских и образовательных учреждений.

Коллеги заслушали и обсудили более 30 докладов в секциях «Применение изделий из автоклавного газобетона», «Свойства автоклавного газобетона» и «Производство автоклавного газобетона».



Г.И. Гринфельд представил новый документ СТО НААГ 3.1-2013



Новинку в мире теплоизоляционных материалов Masa-LithoPore® представил А.К. Иванов (MASA GmbH)



2013 г. стал рекордным по числу участников конференции

Ключевым выступлением, вызвавшим повышенный интерес участников, стал доклад **А.А. Вишневого** (ООО «ПСО «Теплит») «Анализ рынка автоклавного газобетона России», который стал результатом собственного исследования НААГ. В нем состояние отрасли представлено на основе фактических данных, полученных путем анкетирования действующих предприятий России, производящих газобетон (статью А.А. Вишневого читайте на стр. 40).

Состояние нормативно-технической базы промышленности строительных материалов является одной из ключевых проблем отрасли в условиях вступления России в ВТО. Не исключение и промышленность автоклавного газобетона. Поэтому **Г.И. Гринфельда**, исполнительного директора НААГ, представившего новый стандарт СТО НААГ 3.1–2013 «Применение газобетона в строительстве», атаковали вопросами и комментариями. Следует отметить, что в данном документе впервые за 25 лет актуализирована информация о свойствах и областях применения ячеисто-бетонных блоков. За основу рекомендаций взята современная номенклатура изделий из автоклавного ячеистого бетона. Предложенные конструктивные решения ограждающих конструкций являются оптимизированным обобщением опыта строительства, накопленного в России и за рубежом в последние годы.

В секции «Свойства автоклавного газобетона» был заслушан ряд докладов, касающийся коэффициента конструктивного качества, равновесной влажности, оптимизации составов и др.

Неоднозначно было воспринято выступление **Е.Н. Сытовой** (ООО «Аэрок СПб»). Она представила сравнительные испытания анкерных креплений в автоклавном газобетоне в зависимости от формы дюбеля и других характеристик. Данный вопрос вызвал активное обсуждение. Например, А.В. Грановский (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко) выразил удивление, что заводы дублируют проведенные и апробированные исследования, вместо того чтобы просто пользоваться их результатами. В данном случае редакция не может не присоединиться к коллеге, учитывая, что



Участников конференции приветствует В.А. Иванов (АО «Экотон+», Ассоциация производителей автоклавного бетона Казахстана)

результаты таких исследований были опубликованы, в том числе и в журнале «Строительные материалы»®. Это – печальный пример разобщенности промышленности и отраслевой науки.

Для создания экспресс-метода оценки параметров (высоты вспучивания ячеисто-бетонной смеси, нарастания пластической прочности по мере созревания массива, отпусковой прочности блоков после автоклавирования) была выдвинута идея измерения электрического сопротивления ячеисто-бетонной смеси на ранней стадии и установления его связи с указанными параметрами. Базовой основой такого подхода является утверждение о том, что физически связанная влага в твердеющих цементно-бетонных смесях – это полноправная структурная составляющая, соединяющая твердофазные элементы. Практическая реализация предлагаемой идеи базируется на использовании измерительной системы CONTEST-8, разработанной израильской фирмой CONCRETEC Ltd. Ее на конференции представила **Е.П. Соколова** (технолог, ЗАО «Элгид-ЗСИ»). Система включает электронный измерительный блок, управляемый компьютером; комплект измерительных датчиков контейнерного типа; комплект оригинальных управляющих, обрабатывающих и интерпретирующих программ; базу данных, содержащую все результаты измерений, а также функции, используемые для их обработки и анализа. Система позволяет одновременно в непрерывном режиме измерять электрическое сопротивление и температуру с интервалом от 3 до 30 мин, что делает ее весьма эффективной для решения указанных задач. С помощью измерительной системы Contest 8 были установлены корреляционные зависимости между показаниями прибора (удельное электрическое сопротивление) и каждым из вышеперечисленных параметров.

Новый материал, которого еще нет на рынке России, представил **А.К. Иванов** (глава представительства немецкой компании MASA GmbH). Это минеральные теплоизоляционные плиты на цементной основе под маркой Masa-LithoPore®. Основные характеристики: плотность 70–150 кг/м³; коэффициент теплопроводности 0,045 Вт/(м·К); прочность 300–350 кПа; огнестойкость DIN EN 13501 класс А1. Производство нового материала можно наладить на предприятиях по изготовлению газобетона, где есть линии vario-block фирмы MASA. Теплоизоляционные панели Masa-LithoPore® являются диффузионно-открытым (паропроницаемым) материалом. Их можно использовать для отделки потолков, стен снаружи и внутри помещения, в качестве изоляции подземных конструкций.

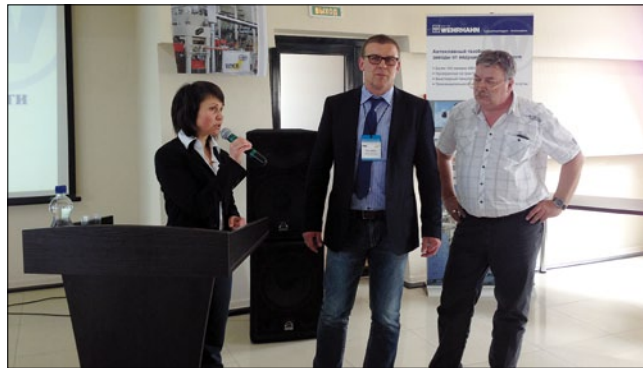
В рамках конференции участники посетили предприятия по производству автоклавного газобетона: Комбинат стеновых материалов Кубани (КСМК) и «Главстрой Усть-Лабинск», а также коттеджный поселок «Вишневый сад», построенный из автоклавного газобетона с облицовкой силикатным кирпичом (производства ОАО «Силикат», г. Гулькевичи) в условиях повышенной сейсмической опасности.

В этом году конференция собрала рекордное количество участников и стала крупнейшим мероприятием за всю историю проведения подобных встреч. Специалисты смогли обсудить острые вопросы, обменяться мнениями и получить массу полезной информации.

Т.А. Абакумова, И.П. Рублевский



Завод КСМК. Производитель основного технологического оборудования WKB Systems GmbH, производственная мощность 300 тыс. м³ в год



Компания WEHRHANN GmbH является постоянным участником и партнером конференции. Слева направо: Г. Романова, Й. Ауффарт, А. Жуковский



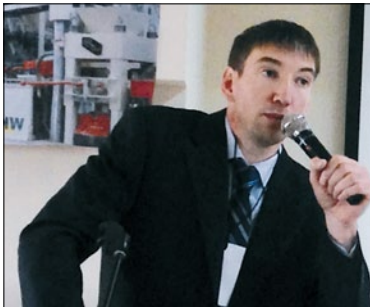
Е.П. Соколова (технолог, ЗАО «Элгид-ЗСИ») представляет экспресс-метод определения технологических характеристик ячеистого бетона



Типовой коттедж площадью около 166 м² (жилая площадь 92 м²), построенный из газобетонных блоков с облицовкой силикатным кирпичом



УДК 691.327.332:339.13



А.А. ВИШНЕВСКИЙ, канд. техн. наук, председатель НТС,
Г.И. ГРИНФЕЛЬД, исполнительный директор,
Н.О. КУЛИКОВА, инженер, Национальная ассоциация
производителей автоклавного газобетона (Санкт-Петербург)

Анализ рынка автоклавного газобетона России

Национальная ассоциация производителей автоклавного газобетона (НААГ) при информационной поддержке журнала «Строительные материалы»® провела исследование рынка автоклавного газобетона (АГБ) России. Целью исследования стал сбор и актуализация данных о производстве АГБ в России в 2012 г. для предоставления актуализированных данных в органы Росстата и различные профильные СРО. Объективную информацию о состоянии производства АГБ в стране найти достаточно проблематично, по крайней мере в общедоступных источниках. Большая часть данных, касающихся производства АГБ, является результатом оценки различных экспертов и маркетинговых агентств и не в полной мере отражает реальную ситуацию, знания которой позволят улучшить условия производства и применения АГБ, помогут избежать многих проблем, в частности объективные данные об установленных мощностях по производству АГБ дадут ориентиры для развития сырьевой базы, помогут принятию маркетинговых решений в связи с вводом новых заводов и перенашением рынка, будут способствовать большему применению АГБ в строительстве. Исходя из этого проведение объективного изучения рынка является важной и необходимой задачей.

Настоящее исследование не преследовало цели оценки каждого предприятия в отдельности, выявления лидеров рынка и т. п. Целью исследования был сбор данных и представление их в обобщенном виде, отражающем ситуацию с производством и применением АГБ в России в целом.

Методология исследования

Настоящее исследование проводилось путем анкетирования предприятий, производящих АГБ. Собранная информация подвергалась экспертной оценке авторов исследования (на большей части действующих заводов авторы побывали лично и ознакомились с производством). В отдельных случаях (например, завышенные, по мнению авторов, данные о производстве) данные корректировались в соответствии с экспертным мнением. В ходе анализа спорных данных авторы исследования обращались за консультацией к участникам рынка (поставщикам сырья, дилерам, производителям оборудования и др.).

Исследование проводилось по пяти направлениям: установленные мощности, фактический выпуск, характеристика выпускаемой продукции, сырьевая база, цена на АГБ. По первым четырем направлениям анализу подвергались данные за 2012 г. Цена на АГБ зафиксирована по состоянию на апрель 2013 г.

Для удобства изучения и для объективного сравнения все предприятия поделены на две группы. В первую вошли заводы, имеющие импортные технологические комплексы. Ко второй группе отнесены предприятия, выпускающие газобетон на отечественном оборудовании (Универсал, Силбетблок, линии собственного изготовления и др.). Также во вторую группу вошли заводы, имеющие линии первой польской поставки (конец 50-х — начало 60-х гг. прошлого столетия). Данные

комплексы в большинстве своем значительно модернизированы, в основном оборудовании отечественного производства.

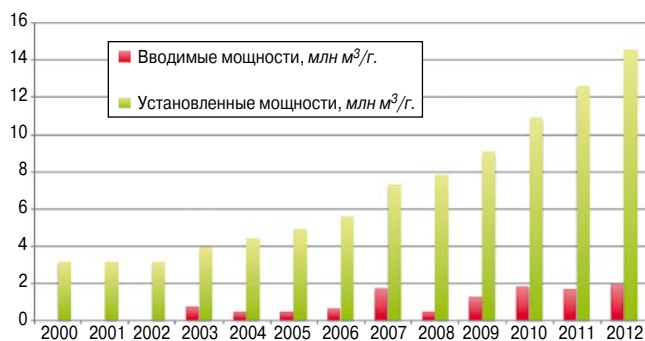
Результаты исследования

Установленная мощность. В 2012 г. в России было 66 предприятий по выпуску АГБ. При этом действующими следует признать 62 предприятия, т. е. на четырех заводах производство АГБ было приостановлено. Однако мощности по выпуску АГБ на этих заводах в настоящее время сохранены. Поэтому данные предприятия учитывались при определении потенциала отрасли.

Установленная мощность по выпуску автоклавного газобетона в России (суммарная годовая производительность всех технологических линий на 66 заводах) составляет 14,546 млн м³. При этом на современные импортные технологические комплексы приходится 11,193 млн м³ (77%). Данный результат определяется не только тем, что заводов с импортными линиями больше, чем с отечественными, но и тем, что импортные технологические линии характеризуются повышенной производительностью (табл. 1).

Динамика ввода новых мощностей представлена на рисунке. Приведенные данные показывают, что к началу 2000 г. производственные мощности составляли чуть более 3 млн м³ изделий из АГБ в год. «Новое время» автоклавного газобетона начинается в 2003–2004 гг., когда вводятся первые заводы с импортными технологическими линиями, а также запускаются заводы с современным отечественным оборудованием. Значительный объем ввода новых мощностей пришелся на докризисный 2007 г., когда было построено восемь заводов с суммарной производительностью 1,74 млн м³/г. Однако максимальный объем мощностей был введен в 2012 г., когда было сдано в эксплуатацию шесть заводов с общей производительностью 1,939 млн м³/г.

Рост производственных мощностей по выпуску АГБ определялся повышенным спросом на данную продукцию, который в свою очередь был вызван высоким качеством и уникальными свойствами выпускаемого АГБ. Получение газобетона с точными геометрическими размерами и улучшенными физико-механическими свой-



Динамика ввода новых мощностей по производству АГБ в период с 2000–2012 гг.

Таблица 1

Установленные мощности по выпуску АГБ

Технологическая линия	Число заводов	Установленная мощность, млн м ³ /г.	Производительность линий, тыс. м ³ /г.	
			минимальная	максимальная
Импортная	41	11,193	100	465
Отечественная	25	3,353	10	170
Всего	66	14,546	–	–

Таблица 2

Выпуск АГБ в различных странах [4, 5, 6]

Страна	Выпуск АГБ в 2012 г., млн м ³	Тоже, в пересчете на душу населения, м ³ /чел
Беларусь	3,2	0,338
Польша*	4,401	0,141
Россия	9,92	0,069
Украина**	2,2	0,048
Казахстан**	0,73	0,043
Германия*	2,281	0,028

Примечания:
 * Приведены данные за 2009 г.
 ** Информация представлена ассоциациями производителей газобетона данных стран.

ствами стало возможно благодаря появлению новых современных технологических комплексов. Начиная с 2004 г. в России появляются технологические линии ведущих европейских производителей, таких как Wehrhahn, Masa-Henke, Hess и др. Появление нового оборудования позволяет существенно увеличить объем выпускаемой продукции.

Выпуск 2012 г. Общий выпуск изделий из автоклавного газобетона в 2012 г. составил **9,92 млн м³**. Это значительно больше прошлого прогноза НААГ (чуть более 7 млн м³) [1, 2] и также отличается от официальной статистики Росстата и маркетинговых компаний (14–15 млн м³) [3]. Расхождение данных объясняется тем, что в нынешних исследованиях использованы фактические данные от предприятий с некоторой корректировкой экспертной группой. Прошлый же прогноз НААГ делала оценочно, опираясь на данные установленных мощностей. Что касается официальной статистики, то она приводится в целом по ячеистому бетону, включая неавтоклавный пенобетон и газобетон. Но даже с учетом этого приводимые данные существенно завышены, так как по оценке (на основе данных поставщиков пено- и газообразователей) производство неавтоклавных ячеистых бетонов не превышает 1 млн м³. Определить данный показатель точнее сложно, из-за того, что неавтоклавный пенобетон и газобетон в отличие от автоклавного газобетона выпускаются большим количеством мелких производств регионального значения. У этих предприятий нет единого отраслевого союза, и, как правило, они не ведут активной

публичной деятельности. Поэтому учесть их количество и собрать производственные данные проблематично.

Информация о выпуске АГБ 2012 г. в других странах приведена в табл. 2. Как видно из представленных данных, выпуск автоклавного газобетона в России превышает аналогичный показатель для стран Европы и бывшего СССР. Однако по показателю «выпуск АГБ на душу населения» наша страна уступает Беларуси и Польше.

Из общего выпуска 9,92 млн м³ на долю заводов с импортными технологическими линиями приходится 79,3% (табл. 3). Заводы с отечественным оборудованием выпустили значительно меньший объем – 2,052 млн м³, или 20,7% от общего объема.

Коэффициент использования мощностей, определяемый как отношение фактического выпуска в 2012 г. к установленным мощностям без учета предприятий, введенных в эксплуатацию в 2012 г., в целом по предприятиям составил 74,7%. При этом загрузка заводов с импортными линиями значительно выше аналогичного показателя для заводов с отечественным оборудованием (табл. 3).

Сырьевая база. Сырьевыми компонентами для производства АГБ являются портландцемент, известь, кремнеземистый компонент и газообразователь. Наиболее проблемным для производителей АГБ является известковый компонент. В настоящее время многие заводы, выпускающие данный вид продукции, используют известь, не удовлетворяющую требованиям производства. В соответствии с ГОСТ 31359–2007 известь для производства газобетона должна характеризоваться временем гашения 5–25 мин и активностью не менее 70%. Однако большинство известковых заводов, находящихся на территории России, выпускают известь с временем гашения 2–3 мин. Использование такой извести приводит к ускоренному лавинообразному газовойделению, замедленному твердению газобетонной смеси, повышению количества вертикальных трещин и других дефектов газобетонного массива. Все это отражается на стабильности производственного процесса, а также на качестве выпускаемого газобетона. На таком фоне некоторые производители АГБ запустили в эксплуатацию собственные мощности по выпуску извести. Однако, не проведя серьезной геологоразведки месторождений, не имея опыта в подборе печей и технологии обжига карбонатных пород, данные производства так и не смогли получить известь, удовлетворяющую условиям производства АГБ. Таким образом, недостаток качественной

Таблица 3

Загрузка производственных мощностей по выпуску АГБ в 2012 г.

Предприятия	Установленная мощность, млн м ³ /г.	Выпуск АГБ, м ³	Коэффициент использования мощностей, %*
С импортными линиями	11,193	7,868	79,47
С отечественными линиями	3,353	2,052	61,63
Все предприятия	14,546	9,92	74,7

Примечание. * Определено без учета производств, введенных в эксплуатацию в 2012 г.

Таблица 4

Применение различных кремнеземистых компонентов

Кремнеземистый компонент	Количество заводов, использующих данный кремнеземистый компонент	Совокупная установленная мощность заводов, млн м ³ /г.	Доля рынка, %
Песок	59	13,261	91,16
Зола-уноса	7	0,74	5,09
Зола-отвала	2	0,545	3,75

Таблица 5

Использование различных видов газообразователей

Тип газообразователя	Количество заводов, использующих данный газообразователь	Совокупная установленная мощность заводов, млн м ³ /г.	Доля рынка, %
Алюминиевая пудра	30	4,779	33,95
Алюминиевая паста	32	9,3	66,05

известны остается одной из главных сырьевых проблем отрасли в целом.

По-другому обстоит дело с кремнеземистым компонентом. В соответствии с ГОСТ 31359–2007 в качестве кремнеземистого компонента следует применять природный материал – кварцевый песок. В качестве альтернативы допускается использование кислых зол-уноса, получаемых при сжигании угля. Первый вариант является традиционным и применяется на большинстве предприятий, выпускающих АГБ во всем мире. Кислые золы представляют собой альтернативный источник SiO₂ для газобетонной смеси. Зольные технологии активно развивались в 60–70-х гг. прошлого столетия. Однако к концу 1990-х гг. число предприятий, использующих золу, значительно сократилось, как на постсоветском пространстве, так и в Европе. Среди основных причин низкая эффективность производства, снижение спроса на продукцию, негативное отношение потребителей к продуктам золепереработки. Между тем в последние годы интерес к зольным технологиям производства АГБ стал снова повышаться. Этому способствует государственная политика, проводимая в некоторых странах в области ресурсосбережения и переработки техногенных образований.

Как показал проведенный анализ (табл. 4), из 66 российских предприятий по выпуску газобетона только семь используют зольные продукты в качестве кремнеземистого компонента. Доля данных предприятий (по выпуску продукции) на рынке АГБ России составляет 9%. Однако количество предприятий, использующих зольные продукты, в последние годы постоянно увеличивается. Эта тенденция может сохраниться и далее при грамотном подходе к ценообразованию на зольные продукты, а также соответствующей государственной политике, стимулирующей производителей к использованию зольных продуктов. При обеспечении более низких цен на золу в сравнении с песком зольные продукты и далее будут оставаться ценным источником сырья, в том числе и для производства АГБ.

В качестве газообразователя в настоящее время принято использовать алюминиевые пудры или алюминиевые пасты. Последние получают все большее распространение. Связано это с тем, что в сравнении с пудрами пасты, имеющие в своем составе комплексную органическую добавку, не пылят и не требуют введения ПАВ при разведении водой. Благодаря этому при использовании паст повышается безопасность и культура производства. При этом пасты, как правило, дороже на 15–30% в сравнении с пудрами.

Таблица 6

Количество заводов, выпускающих армированные изделия

Вид армированных изделий	Число выпускающих заводов
Армированные конструкции, в том числе	10
Перекрытия	8
Плиты перекрытия	3
Стеновые панели	6

Таблица 7

Распределение по плотности продукции, выпущенной в 2012 г.

Показатель	Марка по плотности АГБ				
	D300	D400	D500	D600	D700
Выпуск АГБ, млн м ³	0,026	1,091	5,807	2,809	0,188
То же, %	0,26	10,99	58,54	28,31	1,89

Анализ показал, что по виду используемого газообразователя предприятия разделились практически пополам (табл. 5). При этом доля рынка предприятий, использующих пасту, в два раза больше доли заводов, работающих на пудре. В большей степени пасты используются на заводах с импортными линиями. Предприятия с отечественным оборудованием предпочитают алюминиевые пудры (18 из 30 предприятий, использующих пудру, – заводы с отечественным оборудованием), что в большей степени диктуется необходимостью минимизации себестоимости выпускаемого АГБ.

Выпускаемая продукция. Основным видом изделий из автоклавного газобетона являются мелкие стеновые блоки. Реже заводы выпускают армированные изделия: перекрытия, плиты перекрытия, стеновые панели. В настоящее время 10 предприятий в России имеют возможность выпускать армированные изделия (табл. 6). Общий выпуск армированных изделий в 2012 г. составил 87,2 тыс. м³, или 0,87% от общего выпуска АГБ. Объем выпуска армированных изделий мог быть и выше, ведь спрос на них, особенно на перекрытия, остается достаточно высоким. Но изготовление таких изделий имеет особенности (необходимость подготовки арматурного каркаса, усложненное формование массивов, увеличенное время автоклавной обработки), усложняющие технологический процесс производства армированных АГБ и зачастую приводящие к снижению производительности линий. В этой ситуации при сохранении высокого спроса на мелкие блоки предприятиям выгоднее производить мелкоштучные изделия, а армированные изделия при наличии соответствующих мощностей производить в небольших количествах, скорее для ассортимента. Данное замечание не относится к заводам, производящим домокомплекты. В настоящее время сохранились три завода, выпускаю-

Таблица 8

Информация о прайсовых ценах на блоки из АГБ по состоянию на апрель 2013 г.*

Предприятия	Прайсовая цена за 1 м ³ АГБ, тыс. р.		
	минимальная	максимальная	средняя
Все	2,3	4,935	3,368
С импортными линиями	2,6	4,935	3,482
С отечественными линиями	2,3	3,96	3,152

* Приведены цены на продукцию марок D500–D600.

Таблица 9

Предприятия, входящие в состав НААГ

Название предприятия	Регион	Производитель технологической линии	Установленная мощность, тыс м ³ /г.	Вступление в НААГ
А-СилБет, ООО	г. Владивосток	Универсал	80	2010
АэроБел, ЗАО	Белгород	Masa Henke	324	2010
Аэрок-Санкт-Петербург, ООО	Санкт-Петербург	Wehrhahn	400	2007
Бонолит-Строительное решение, ОАО	г. Старая Купавна, Московская обл.	Hess, Универсал	650	2011
Главновосибирскстрой, ОАО	Новосибирск	Ytong (2)	400	2007
Главстрой-Усть-Лабинск, ООО	г. Усть-Лабинск, Краснодарский край	Wehrhahn	420	2011
МПРК «ГРАС», ЗАО – ГРАС-Калуга ДСК, ООО – ГРАС-Саратов ДСК, ООО	с. Маклино, Калужская обл. п. Александровка, Саратовская обл.	Wehrhahn Hess	420 465	2010
ЕвроАэроБетон, ЗАО	г. Сланцы, Ленинградская обл.	Wehrhahn	165	2011
Егорьевский завод строительных материалов, ООО	г. Егорьевск, Московская обл.	Masa Henke	384	2013
Комбинат стеновых материалов Кубани, ООО	с/п Васюринское, Краснодарский край	WKB	300	2011
Коттедж, ОАО	Самара	Ytong	170	20
Кселла-Аэроблок-Центр-Можайск, ЗАО	г. Можайск, Московская обл.	Hebel	400	2007
Н+Н, ООО	п. Кикерино, Ленинградская обл.	Wehrhahn	400	2009
ПСО «Теплит», ООО Завод г. Березовский Завод п. Рефтинский	г. Березовский, Свердловская обл. п. Рефтинский, Свердловская обл.	Wehrhahn Wehrhahn	360 120	2007
Стройкомплект, ЗАО	Санкт-Петербург	Hess	160	2013
ЭКО, ООО	Ярославль	Wehrhahn	285	2009
ЭКО-Золопродукт Рязань, ООО	п. Новомичуринск, Рязанская обл.	Wehrhahn	285	2013
Элглад-ЗСИ, ЗАО	г. Коломна, Московская обл.	Wehrhahn	400	2013

шие серии домов с наружными стеновыми панелями из АГБ. При этом объемы строительства домов данных серий остаются высокими. В частности, в Пермском крае ежегодно строится до 120 тыс. м² серии домов Э600п, предусматривающей в качестве наружных стен панели из АГБ толщиной 350 мм [7].

Выпускаемые изделия характеризуются различными показателями плотности. Для улучшения теплотехнических показателей производители АГБ стремятся получить продукцию с пониженной плотностью, обеспечивая в соответствии с ГОСТ 31360 класс по прочности не ниже В1,5. Это стало возможно благодаря появлению новых эффективных газообразователей, а также современным технологическим линиям по выпуску газобетона, обеспечивающим точное дозирование компонентов, более тщательное их усреднение при приготовлении газобетонной смеси, автоклавирование при повышенном давлении. Однако потребители газобетона не всегда готовы применять теплоэффективные изделия из АГБ как по причине отсутствия соответствующей нормативной базы, так и по причине некоторого недоверия к новому продукту. Это сдерживает производство АГБ с пониженной плотностью.

Проведенный анализ показал, что в 2012 г. российскими заводами выпускались газобетонные изделия с плотностью 300–700 кг/м³ (табл. 7). Усредненный показатель плотности всей выпущенной продукции составляет 520,6 кг/м³. В 1989 г. средняя плотность выпускае-

мого ячеистого бетона составляла 643 кг/м³ [8]. Таким образом, за 23 года плотность выпускаемых изделий снизилась на 20%.

Как следует из данных, приведенных в табл. 7, наибольший объем продукции представлен марками по плотности D500 и D600. Значительный объем приходится на продукцию марки D400. Изделия с данной плотностью выпускают уже 32 завода.

Отдельно следует остановиться на данных по выпуску АГБ с плотностью 300 кг/м³. Это новый вид изделий, появившийся на рынке в последние два года, характеризующийся повышенными теплотехническими свойствами ($\lambda_0 = 0,08$ Вт/(м·°С)). Прочность данных изделий характеризуется классом В1,5–В2, что позволяет использовать их в качестве теплоизоляционно-конструкционного материала. Ограждающая конструкция из газобетона марки D300 и толщиной 300–350 мм в большинстве регионов страны обеспечит требуемое сопротивление теплопередаче. Данный вид изделий в большом объеме выпускается на заводах Германии. В России производство АГБ с плотностью 300 кг/м³ только начинает разворачиваться: в 2012 г. три завода в Санкт-Петербурге и Московской области производили данный вид изделий серийно. Всего выпущено 25,63 тыс. м³ (доля рынка 0,26%).

Цена на АГБ. Анализ был бы неполным, если бы в нем не было информации о ценах на АГБ. Фактические отпускные цены – это закрытая информация, представля-

ющая собой коммерческую тайну предприятий. Поэтому в исследовании использована цена на стеновые блоки, указываемая предприятиями в общедоступных прайс-листах. Это максимальные цены, по которым чаще всего приобретается небольшой объем продукции частными клиентами. Крупные клиенты в большинстве случаев имеют скидки. Как правило, эти скидки не превышают 15–20% от прайсовой стоимости. Таким образом, вычитая дисконт от прайсовых цен, можно определить минимальную стоимость АГБ. Однако в данном анализе мы решили не проводить этих вычислений, а оперировать лишь официально предоставленной информацией, считая эти цены максимальными.

Как видно из приведенных в табл. 8 данных, минимальная и максимальная цены отличаются друг от друга в два раза. Заводы с отечественным оборудованием предлагают свою продукцию в среднем на 300–350 р. дешевле, чем их коллеги с импортными линиями. Работая на амортизированном оборудовании, значительно экономия производственные затраты на сырьевых компонентах, данные заводы конкурируют с современными линиями низкой ценой. Другими словами, заводы с отечественным оборудованием занимают более дешевый сегмент рынка газобетона. Это особенно востребовано в регионах с невысокой покупательской способностью.

Кроме используемого оборудования и технологии на цену газобетона влияет регион, в котором расположен завод. Ценообразование в регионе зависит от покупательской способности, конкуренции, сырьевой базы для производства АГБ.

Многие производители отметили, что весной 2013 г. стоимость газобетона приблизилась к уровню июня 2008 г., когда была зафиксирована максимальная цена на данный материал. Снижение спроса на продукцию, вызванное кризисными явлениями в экономике, а также открытием новых заводов, существенно снизило цену на газобетон в 2008–2009 гг. В последние три года цена на газобетон начала вновь подниматься и стала приближаться к докризисному уровню. Однако с тех пор значительно выросли производственные затраты: энерготарифы, зарплата, бензин и др. Таким образом, доходность производства газобетона за последние годы снизилась.

Место НААГ на рынке автоклавного газобетона России

В состав Национальной ассоциации производителей автоклавного газобетона входит 18 предприятий, на которых размещены 22 производственные линии по выпуску АГБ от различных производителей. Совокупная установленная мощность составляет 6,588 млн м³ (доля рынка 45%). В 2012 г. предприятиями НААГ произведено 4,486 млн м³, что соответствует 45% от общего выпуска. До конца 2013 г. ряды Ассоциации пополнятся еще двумя заводами, кроме того, два из действующих членов увеличат свои производственные мощности после реконструкции и ввода новых мощностей. Все это приведет к увеличению доли рынка предприятий, входящих в НААГ, до 50%.

Ввод новых мощностей

В ближайшие годы, невзирая на неполную загрузку производственных мощностей и снижение доходности производства АГБ, строительство новых заводов продолжится. На 2013 г. запланирован запуск производств в Рязанской, Ивановской, Московской, Брянской областях, а также в Ставропольском крае. Анонсированная мощность вводимых производств превышает 1,8 млн м³/г. Следовательно, к концу 2013 г. после запуска данных заводов производственные мощности по выпуску АГБ в нашей стране превысят 16 млн. м³/г. Кроме того, на ближайшие

2–3 года имеются планы по строительству заводов в Московской области, Краснодарском крае, Башкортостане, Бурятии, Чечне, Сургуте и в других регионах страны.

Выводы

Отрасль автоклавного газобетона продолжает оставаться одной из самых динамично развивающихся в промышленности строительных материалов. Ежегодно фиксируется ввод новых мощностей, приводящих к стабильному увеличению объемов выпуска автоклавного газобетона. Наибольший объем ввода мощностей зафиксирован в 2012 г., когда было построено шесть заводов общей производительностью 1,939 млн м³/г.

На заводах по производству АГБ размещено 74 технологические линии, в том числе 42 — импортного производства. Средний возраст импортных линий составляет 5 лет, отечественных — 25 лет.

Основной продукцией из АГБ остаются мелкие стеновые блоки.

За последние два десятилетия плотность выпускаемого газобетона стабильно снижается. В 2012 г. изделия из АГБ выпускались преимущественно с плотностью 500 кг/м³. Набирает популярность газобетон марки D400. Марка выпускаемого газобетона зависит от применяемого оборудования и региона, в котором размещаются заводы. Эти же факторы оказывают существенное влияние на цену газобетона.

На 18 предприятиях, входящих в состав НААГ, размещены 22 производственные линии, которыми в 2012 г. произведено 4,45 млн м³, что соответствует 45% от общего выпуска.

В 2013 г. планируется запуск шести заводов с общей установленной мощностью 1,7–1,8 млн м³. После их ввода совокупная производственная мощность всех заводов по выпуску АГБ превысит 16 млн м³/г.

Ключевые слова: газобетон автоклавный, анализ производства, мелкоштучные изделия, мощность производства.

Список литературы

1. Левченко В.Н., Гринфельд Г.И. Производство автоклавного газобетона в России: перспективы развития подотрасли // Строительные материалы. 2011. № 9. С. 44–47.
2. Гринфельд Г.И. Производство автоклавного газобетона в России: состояние рынка и перспективы развития // Строительные материалы. 2013. № 2. С. 76–78.
3. Семенов А.А. Итоги развития строительного комплекса и промышленности строительных материалов в 2012 году, прогноз на 2013 год // Строительные материалы. 2013. № 2. С. 62–65.
4. Zapotoczna-Sytek G., Sobon M. 60 years of aerated concrete in Poland. The past and the future / 5th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete. Bydgoszcz, Poland 14–17.09. 2011. Pp. 27–42.
5. Technical materials and general information of the European Autoclaved Aerated Concrete Association (EAACA).
6. Беланович С.Б., Сажнев Н.П., Галкин С.Л. Армированные ячеисто-бетонные изделия // Строительные материалы. 2013. № 4. С. 77–82.
7. Сахарников Ю.В. Изготовление крупноформатных изделий из автоклавного ячеистого бетона для строительства жилых домов серии Э600п // Сб. докладов науч.-практ. конференции «Современный автоклавный газобетон». Краснодар. 15–17.05.2013. С. 51–56.
8. Коровкевич В.В., Пинскер В.А. и др. Малоэтажные дома из ячеистых бетонов. Рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации. ЛенЗНИИЭП. Ленинград, 1989. 284 с.

М.В. КАФТАЕВА, канд. техн. наук, И.Ш. РАХИМБАЕВ, канд. техн. наук, Белгородский государственный технический университет им. В.Г. Шухова

О влиянии первичного и вторичного этtringита на качество автоклавного газобетона

В процессе производства газобетонных изделий автоклавного твердения, в которых один из компонентов представлен гипсом, а в качестве порообразователя используется алюминиевая пудра или паста, в изделиях образуется комплексное химическое соединение — этtringит [1]. Этот минерал, именуемый также трехсульфатной формой гидросульфалюмината кальция, имеет сложный состав: $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 32\text{H}_2\text{O}$ ($\text{C}_3\text{A}\cdot 3\text{CSH}_{32}$).

Влияние этtringита на свойства строительных материалов и изделий неоднозначно и зависит как от состава последних, так и от внешних условий. Если этtringит кристаллизуется в среде, насыщенной гидроксидом кальция, то он вызывает расширение материала, вплоть до его растрескивания. Если же концентрация гидроксида кальция в поровой жидкости строительного изделия ниже 0,5 г/л, то этtringит кристаллизуется без существенного расширения, армируя и упрочняя структуру его вяжущей части.

Этtringит неустойчив при повышенной температуре и при температуре более 80–90°C превращается в моносульфатную форму $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaSO}_4\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ($\text{C}_3\text{A}\cdot\text{CSH}_{12}$).

Имеется обширная литература о роли этtringита при твердении расширяющихся цементов и при сульфатной коррозии бетонов, например [2–4]. Однако влияние этого соединения на процессы производства силикатных изделий, в том числе газобетонных изделий автоклавного твердения, исследовано недостаточно. Данная работа посвящена этому вопросу.

Рассмотрим механизм сульфатной коррозии. Известно [5], что величина кристаллизационного давления ΔP , создаваемого растущими кристаллами, в том числе частицами этtringита, в порах строительного изделия равна:

$$\Delta P = \frac{R \cdot T \cdot \ln \beta}{V}, \quad (1)$$

где R — газовая постоянная, равная 8; T — абсолютная температура среды, К; V — объем, занимаемый кристаллизующейся фазой, м^3 ; β — степень пресыщения раствора.

При высокой концентрации гидроксида кальция в поровой жидкости растворимость гидроалюминатов кальция, особенно ионов алюминия $\text{Al}[(\text{OH})_4]^-$, очень мала. Эти ионы локализуются в ограниченном объеме у поверхности гидроалюмината. При низкой концентрации гидроксида кальция из-за большой конгруэнтной растворимости гидроалюмината длина пробега ионов $\text{Al}[(\text{OH})_4]^-$ в поровой жидкости резко возрастает и объем V , в котором выпадают частицы этtringита, увеличивается. Это ведет к снижению давления кристаллизации.

С точки зрения изложенных теоретических представлений рассмотрим некоторые переделы в технологии производства газобетонных изделий.

После поризации газобетонной смеси при введении алюминиевых порошка или пасты в системе возможно образование этtringита, если в смеси присутствует гипс и температура изделий не превышает 80–90°C. Этtringит кристаллизуется в среде, пересыщенной свежесформованным гидроксидом кальция, и его объем минимален. Это создает условия для максимального давления кристаллизации (величина V в уравнении (1) минимальна).

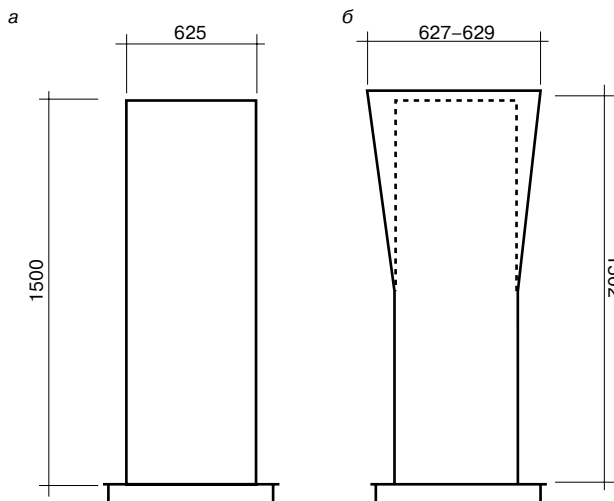
Такое явление один из авторов данной работы наблюдал на предприятии по производству газобетонных изделий литьевым способом в Тюменской области. При изготовлении газобетона использовалась низкотемпературная малоактивная известь (при ее испытании по методикам немецких стандартов DIN температура гашения 60°C достигалась за время более 20 мин) производства Красноярского завода. Кроме того, изготовленные и порезанные массивы (размеры по торцевой части массива при резке были 1500×625 мм) длительное время выдерживались перед автоклавом в цехе при температуре не выше 25°C. За это время произошло падение температуры в верхней части массивов с 85 до 45–50°C. После снижения температуры массив увеличился в объеме, при этом ближе к дну и в середине массива геометрические параметры почти не изменились, так как теплопотери вблизи горячего металлического дна и в средней части массива обычно значительно меньше, чем в его верхней части (см. рисунок).

Избежать этих изменений помогли мероприятия по стабилизации температурных режимов и уменьшение количества вводимого в состав заливочной смеси гипса [6].

Как минимизировать возможность возникновения внутренней коррозии автоклавного газобетона на начальной стадии его изготовления, т. е. до автоклавирования?

Для образования этtringита необходим источник активного глинозема либо гидроксида алюминия. Это, в первую очередь, алюминиевые порошок или паста, из 1 г которых образуется 46,5 г этtringита. Вторым источником алюминатов является портландцемент, который добавляется в бетон, и расход его порой превосходит расход известкового вяжущего. Если в портландцементе содержится до 10% трехкальциевого алюмината, а дозировка портландцемента 10%, то образуется еще 4,7 г этtringита, что на порядок меньше, чем в предыдущем случае.

Согласно требованиям фирмы MASA (поставщика технологического оборудования для производства газобетонных изделий) в песке содержание Al_2O_3 допускается в количестве 5–7%, а иногда и до 18% этого оксида. Из



Изменение геометрических параметров массивов при образовании этtringита: а — массив нормальных размеров; б — массив с изменением геометрических параметров в результате образования этtringита

1 г глинозема образуется 12 г этtringита. Однако глинозем в песке в большинстве случаев входит в состав либо полевых шпатов, либо глинистых минералов, которые реагируют с гидроксидом кальция лишь в автоклаве. В связи с этим обычно лишь небольшая часть оксида алюминия, входящая в состав кварцевого песка, может стать источником образования первичного этtringита. Тем не менее предельное содержание Al_2O_3 в песке рекомендуем ограничить 7%, так как нередко в природе встречаются аморфные, активные по отношению к гидроксиду кальция водные алюмосиликаты, которые могут принимать участие в образовании этtringита.

В процессе автоклавной обработки весь этtringит и моносulfоалюминат, образовавшиеся на стадии приготовления сырца, разлагаются. После выгрузки изделий из автоклава и остывания массивов до 50°C в них возможно образование так называемого вторичного этtringита, из продуктов разложения первичного.

Важнейшим фактором, влияющим на давление, создаваемое при кристаллизации этtringита, является концентрация гидроксида кальция в окружающей среде. Именно от нее зависит численное значение V в уравнении (1).

Основные гидросиликаты кальция – связующие газобетонных изделий – это тоберморит и ксонотлит. Их равновесная растворимость по гидроксиду кальция находится в пределах 0,1–0,3 г/л [1]. При такой концентрации $Ca(OH)_2$ этtringит кристаллизуется рассредоточенно, так как объем его образования V недостаточно велик. При этом в структуре камня не возникает деструктивных внутренних напряжений.

Необходимо отметить также, что этtringит, содержащий 32 молекулы воды, неустойчив при температуре 80–90°C и выше, так что при остывании изделий он не сразу может кристаллизоваться.

На основании изложенного можно сделать вывод, что кристаллизация вторичного этtringита вряд ли может привести к снижению качества газобетонных изделий, если он образуется в умеренных количествах. Это относится прежде всего к литьевой технологии производства газобетонных изделий, когда для улучшения структурно-механических свойств бетонной смеси в нее на стадии приготовления вводится гипс в количестве до 10%.

Необходимо отметить, что этот гипс, вошел он в состав гидросulfоалюмината или нет, в автоклаве превращается в ангидрит $CaSO_4$. При температуре 180°C он гидратирует и переходит в полуводный sulfат кальция, а при 120–130°C – в гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. Эти процессы сопровождаются локальным увеличением объема твердой фазы.

Не исключено, что именно эти процессы вызывают иногда те деструктивные явления, которые приписывают вторичному этtringиту.

Таким образом:

1. Если для улучшения механических свойств сырцовой смеси в нее вводится гипс, то образование структурно первичного этtringита в среде, пересыщенной гидроксидом кальция, может вызвать снижение качества изделий. Для предотвращения этого необходимо:
 - максимально ограничить дозировку гипса, а также содержание Al_2O_3 в сырьевых материалах (песке, цементе и извести);
 - сократить время созревания (в зоне ферментации) и предавтоклавной выдержки сырца, не допуская его охлаждения ниже 70°C перед загрузкой в автоклав.
2. Вторичный этtringит кристаллизуется в условиях низкой концентрации гидроксида кальция в порах изделий, поэтому не может создавать больших внутренних напряжений в них.
3. Более вероятной причиной отрицательного влияния на качество газобетонных изделий является кристаллизация гипса.

4. Указанные явления в меньшей степени проявляются в ударной технологии производства газобетонных изделий, так как в ней отпадает необходимость добавления гипса в сырьевую смесь.
5. Использование гипса, особенно полуводного sulfата кальция, при ударном способе производства может вызвать бóльшие отрицательные последствия, чем при литьевом способе. Это связано с высокой прочностью и плотностью структуры материала.

Ключевые слова: газобетон, первичный и вторичный этtringит, sulfатная коррозия бетона, автоклавная обработка, кристаллизация минералов.

Список литературы

1. Тейлор Х. Химия цемента. М.: Мир, 1996. 560 с.
2. Штарк Й., Больманн К., Зайфарт К. Является ли этtringит причиной разрушения бетона? // Цемент и его применение. 1998. № 2. С. 13–22.
3. Рудченко Д.Г. О роли гипсового камня в формировании фазового состава новообразований автоклавного ячеистого бетона // Будівельні матеріали, виробити та санітарна техніка. Наук. техн. збірник. 2012. № 43. С. 47–54.
4. Вишневский А.А. Оптимизация свойств автоклавного газобетона пониженной плотности // Применение изделий из ячеистого бетона автоклавного твердения: Сб. докл. IV науч.-практ. семинара. Екатеринбург, 5 декабря 2012 г. / Под ред. Ф.Л. Капустина. УрФУ, 2012. 107 с.
5. Керн Р., Вайсброт А. Основы термодинамики для минералогов, петрографов и геологов. М.: Мир, 1966. 276 с.
6. Кафтаева М.В., Маличенко Г., Скороходова О.А. Теория и практика ячеистых бетонов автоклавного твердения. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. 192 с.



Книга «Клеевые деревянные конструкции с узлами на клеенных стержнях в современном строительстве (система ЦНИИСК)»

Авторы – д-р техн. наук С.Б. Турковский, канд. техн. наук А.А. Погорельцев, канд. техн. наук И.П. Преображенская
М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2013, 308 с.

Книга содержит примеры из опыта применения различных типов конструкций в современном строительстве. Особенность применяемой системы состоит в использовании нового вида соединений в узловых сопряжениях и стыках конструкций, открывающего новые возможности клееной древесины. Система позволяет получить большепролетные сборные конструкции повышенной надежности, в том числе уникальные. Кроме того, теперь имеется возможность на основе серийно изготавливаемых унифицированных элементов создавать самые различные конструктивные системы – как по форме, так и по размерам. Система создана на основании длительных исследований (с 1974 г.), проводимых сотрудниками лаборатории деревянных конструкций ЦНИИСК, а также опыта проектирования, изготовления и применения клееных деревянных конструкций за последние 15–20 лет.

Книга содержит материалы, рекомендуемые работникам проектных организаций, студентам, аспирантам, инженерам-строителям и др.

Цена 1500 р. без почтовых расходов.
Тел./факс: (499) 976-22-08; 976-20-36 www.rifsm.ru

И.Я. ГНИП, С. ВАЙТКУС, С. ВЕЯЛИС, кандидаты техн. наук,
Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса (Литва)

Прогностическая оценка деформации ползучести полистирольного пенопласта (EPS)* при постоянном сжатии

В связи с применением пенополистирольных плит в качестве конструкционного утеплителя, находящегося в условиях длительного воздействия постоянного напряжения сжатия σ_c , проблема прогнозирования их деформации ползучести имеет актуальное значение. Изучение деформируемости полистирольного пенопласта при сжимающих нагрузках сопряжено с необходимостью проведения длительных экспериментов [1, 2]. Задача прогнозирования деформируемости полистирольного пенопласта при постоянном сжатии на длительный срок облегчается при условии правильного выбора расчетной модели [3, 4]. Экспериментально обоснованное применение такой модели является одним из средств получения достоверных результатов. Такие сведения необходимы для эффективного использования EPS изделий при устройстве теплоизоляции зданий, а также для автомобильных и железнодорожных путей и других сооружений [5, 6]. В работе [7] по опытным данным установлено наличие области линейной ползучести пенополистирола EPS 200 при отношении $\sigma_c/\sigma_{10\%} \leq 0,35$.

Цель настоящей работы – в области линейной связи между напряжениями и соответствующими деформациями ползучести представить на базе короткого прямого эксперимента прогностическую оценку величины деформации ползучести для упреждения на длительный срок.

Для прогностической оценки величины деформации ползучести использованы выполненные авторами пятигодичные исследования деформируемости пенополистирольных плит типов EPS 60–EPS 250 при постоянном сжимающем напряжении σ_c , равном $(0,25$ и $0,35) \sigma_{10\%}$ [8].

Исследовали плиты плотностью $14–35$ кг/м³, изготовленные разными производителями беспрепессовым способом – вспениванием в замкнутом объеме сырья в виде бисера [твердых гранул диаметром $0,8–2,5$ мм, производимых ведущими европейскими компаниями Styrochem и BASF].

Для сравнительных оценок результатов исследования ползучести проводили испытания образцов пенополистирольных плит [5] на кратковременное сжатие согласно [9] при сжимающих напряжениях, действующих перпендикулярно поверхности плит. Образцы, вырезанные из плит толщиной 50 мм, имели форму куба с длиной ребра 50 ± 1 мм. Скорость нагружения составляла $0,1 d_s \pm 25\%$ мм/мин, где d_s – толщина образца, мм.

В качестве критерия оценки деформируемости плит при постоянном сжимающем напряжении использовали деформацию ползучести образцов также в форме куба с ребром 50 мм, которую измеряли на специальных стендах в соответствии с ГОСТ Р ЕН 1606 [10], обеспе-

чивающих вертикальность и постоянство равномерно сжимающей нагрузки в течение эксперимента. Образцы загружали по геометрическому центру через стальные шарики, размещенные в лунках подвижных пластин для равномерного распределения нагрузки. Загружение каждого образца осуществляли в течение 10 ± 5 с, а начальную деформацию ε_0 фиксировали спустя 60 ± 5 с после начала нагружения и принимали ее за начало ползучести. Деформацию каждого образца замеряли с помощью индикаторов часового типа ИЧ-50, ИЧ-25 с ценой деления 0,01 мм. Длина базы измерения равна высоте образца d при удельной нагрузке 250 кПа. Погрешность стабилизации длительного сжимающего напряжения $\sigma_c^{**} = 0,25$ и $0,35 \sigma_{10\%}$ составляла не более 1%, а измерения деформаций ползучести – 0,005 мм. Снятие отчетов по индикаторам осуществляли в соответствии с рекомендациями ГОСТ Р ЕН 1606. Каждый эксперимент включал результаты испытания трех образцов одинаковой плотности.

Длительные эксперименты проводили в помещении с температурой воздуха $23 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажностью воздуха $50 \pm 5\%$.

Регрессионный анализ данных кратковременного сжатия образцов выполнен с доверительной вероятностью $P=0,9$ при одностороннем критерии. В работе принята зависимость линейного вида [5]:

$$\bar{\sigma}_{10\%} = b_0 + b_1 \cdot \rho \pm \delta, \quad (1)$$

где $\bar{\sigma}_{10\%}$ – среднее значение прочности на сжатие при 10% деформации, кПа; ρ – плотность пенополистирольных образцов, кг/м³; b_0, b_1 – постоянные коэффициенты, вычисляемые по экспериментальным данным методом наименьших квадратов [11]; $\delta = t_{\alpha, f} \cdot S_r$ – позволяет перейти к интервальному прогнозу значений $\sigma_{10\%}$ с односторонними верхней максимальной или нижней минимальной границами ($t_{\alpha, f}$ – критерий Стьюдента; S_r – среднеквадратическое отклонение, характеризующее рассеяние результатов вокруг эмпирической линии регрессии).

Статистическая обработка экспериментальных данных при длительном сжатии выполнена для продолжительности прямого эксперимента t_n , равной 65, 122, 183, 365, 608 и 1900 сут.

Значения относительных деформаций ползучести $\varepsilon_c(t_n)$, %, вычисляли по формулам ГОСТ Р ЕН 1606.

Количественно деформацию ползучести можно измерить податливостью I_c при ползучести (I_c – удельная относительная деформация ползучести в фиксируемый момент времени t , вызванная единичным напряжением, приложенным в момент времени $t \leq 15$ с [10]). В пределах линейной ползучести:

* Вспенивающийся полистирол (expanded polystyrene (EPS)).

** Согласно [10] для напряжения σ_c рекомендованы уровни $\sigma_{10\%}$: 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35.

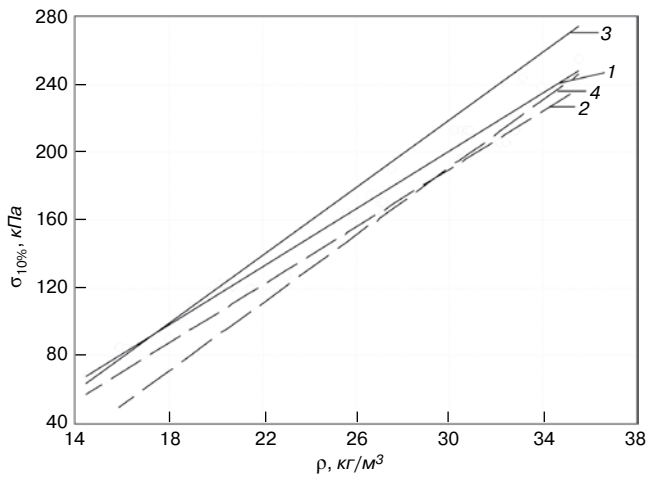


Рис. 1. Эмпирические линии регрессии напряжений $\bar{\sigma}_{10\%}$ при кратковременном сжатии пенополистирольных образцов по результатам определений их плотности ρ : 1, 3 – линии регрессии для среднего значения $\bar{\sigma}_{10\%}$ по уравнению (10) и согласно EN 13163 соответственно; 2, 4 – то же, для нижней минимальной границы напряжений $\sigma_{10\%}^{прог}$. Точками обозначены экспериментальные значения для образцов плит EPS 60–EPS 250

$$I_c(t) = \frac{\varepsilon_c(t_n)}{\sigma_c} \quad (2)$$

Таким образом, деформации ползучести можно получить умножением значения податливости при ползучести, вызванной единичным напряжением, на некоторое напряжение σ_c :

$$\varepsilon_c(t) = \sigma_c \cdot F[I_c(t)], \quad (3)$$

где $F[I_c(t)]$ – некоторая функция времени, выражающая рост деформаций ползучести от единичного напряжения, например равного 1 МПа. Тогда:

$$I_c(t) = \frac{\varepsilon_c(t)}{\sigma_c} = F[I_c(t)]. \quad (4)$$

Все факторы, влияющие на значения деформаций ползучести, соответственно влияют на податливость при ползучести. Следует только иметь в виду, что величины напряжений $\sigma_c \leq 0,35\sigma_{10\%}$ не сказываются на значениях I_c . Это вытекает из определения податливости при ползучести, а также является следствием линейного характера ползучести [7].

Правая часть равенства (4) в настоящей работе представлена в виде:

$$F[I_c(t)] = I_c(t_n) \cdot m_i. \quad (5)$$

Значения $I_c(t)$, m_i определены для фиксируемой продолжительности экспериментов (в работе принято t_n^* равным 65, 122, 295, 608 сут).

Выбор уравнения податливости пенополистирола при ползучести для аппроксимации экспериментальных данных представляет собой задачу, которая не решается однозначно, а сводится к получению ряда альтернатив. Путем сравнения коэффициентов детерминации $\eta_{I_c(t_n) \cdot \sigma_{10\%}}$ (квадрат корреляционного отношения $\eta_{I_c(t_n) \cdot \sigma_{10\%}}$) [11] из нескольких моделей принято уравнение в виде:

$$I_c(t_n) = a_0 \exp\left(\frac{a_1}{\sigma_{10\%}}\right), \quad (6)$$

где $I_c(t_n)$ – податливость при ползучести в момент времени t_n , МПа⁻¹; $\sigma_{10\%}$ – напряжение при 10% деформации сжатия, МПа; a_0 , a_1 – постоянные параметры уравнения, вычисляемые по экспериментальным данным методом наименьших квадратов [11].

При длительном воздействии ($T_i > t_n$) постоянного сжимающего напряжения σ_c увеличение податливости

Таблица 1

№№ серий испытаний	а)				б)					в)
	ρ , кг/м ³	$\sigma_{10\%}$, кПа	σ_c , кПа	ε_0 , %	Деформация ползучести $\varepsilon_c(t_n)$, %, при продолжительности эксперимента t_n , сут					
					65	122	295	608	1828÷1967	
1	16,5	84,5	21,4	0,737	0,502	0,587	0,733	0,872	1,082	1,99
2	26,6	175	44,1	0,592	0,289	0,337	0,446	0,544	0,704	1,44
3	20,8	121	30,5	0,653	0,418	0,501	0,66	0,798	1,018	2,12
4	27,1	164	40,9	0,814	0,23	0,268	0,322	0,39	0,544	0,84
5	16,5	84,5	29,9	0,96	0,971	1,158	1,512	1,859	2,442	4,83
6	26,8	175	61,6	0,82	0,463	0,541	0,708	0,864	1,129	2,23
7	20,7	121	42,6	0,918	0,673	0,808	0,983	1,242	1,695	3,3
8	27,1	164	57,3	0,914	0,427	1,491	0,61	0,752	1,013	1,73
9	35,5	255	89,3	0,828	0,304	0,352	0,45	0,582	0,889	1,69
10	30,4	201	70,5	0,791	0,347	0,437	0,588	0,728	0,995	1,95
11	33,1	244	85,6	0,962	0,667	0,797	1,017	1,32	1,906	3,72
12	27,5	190	66,5	0,949	0,71	0,839	1,09	1,352	1,864	3,57
13	21,9	138	48,6	0,913	0,647	0,763	0,96	1,185	1,652	3,06
14	18,5	103	36,5	0,804	1,465	1,779	2,293	2,688	3,633	6,87
15	14,5	68,6	24	0,744	1,397	1,662	2,06	2,448	3,207	5,72

Примечания:
 а) Образцы серий №№ 1–4 испытаны при статическом напряжении $\sigma_c = 0,25\sigma_{10\%}$; серий №№ 5–15 при $\sigma_c = 0,35\sigma_{10\%}$.
 б) Экспериментальные значения $\varepsilon_c(t_n)$ из [8].
 в) Прогностические точечные значения деформации ползучести для упреждения на 50 лет на базе эксперимента продолжительностью 5 лет [8].

* Последние три значения – рекомендуемые продолжительности эксперимента согласно [5, 10].

при ползучести учитывается дополнительным умножением на коэффициент m_i (где $i=1, 2, 3, 4$), который аппроксимирован зависимостью (7), приведенной к линейному виду:

$$m_i = b_0 \cdot T^{b_1}; \quad (7)$$

$$\log m_i = \log b_0 + b_1 \log T,$$

где $m_i = \frac{I_c(T_i)}{I_c(t_n)}$ – коэффициент, учитывающий изменение податливости при ползучести во времени; $I_c(T_i)$ – податливость пенополистирола при ползучести для момента времени T_i , сут; $I_c(t_n)$ – то же, определенная для фиксированной продолжительности эксперимента t_n , сут.

Значения отношения m_i получены из экспериментов продолжительностью t_n , равной 1900 сут. Отношение $\frac{I_c(T_i)}{I_c(t_n)}$ является возрастающей функцией времени T , т. е. с увеличением длительности выдерживания пенополистирола под сжимающей нагрузкой растет значение отношения m_i .

Изменение податливости при ползучести формируется под действием множества факторов, причем не представляется возможным выделить порознь их влияние, а значение m_i связывается с течением времени. Введение учета влияния времени не претендует на точное прогнозирование хода деформации на длительный срок, исчисляемый годами, так как за несколько лет механические свойства образца вследствие старения материала неминуемо изменятся.

Экстраполяция податливости при ползучести по времени заключается в подстановке соответствующей величины периода упреждения в формулу:

$$I_c(T_i) = I_c(t_n) \cdot m_i = I_c(t_n) \cdot \text{ant} \log b_0 \cdot T_i^{b_1}, \quad (8)$$

где T_i – период упреждения, сут (принимается как текущая координата времени).

Деформация ползучести $\varepsilon_c(T_i)$ с течением времени составит:

$$\varepsilon_c(T_i) = I_c(T_i) \cdot \sigma_c, \quad (9)$$

где $I_c(T_i)$ – значение в соответствии с уравнением (8).

Прочность пенополистирольных образцов на кратковременное сжатие по результатам определения их плотности аппроксимирована эмпирическим уравнением:

$$\bar{\sigma}_{10\%} = -55,8 + 8,6\rho \quad (10)$$

со среднеквадратическим отклонением $S_r=8,1$ кПа ($n=31$) и $\delta=1,31 \cdot 8,1=10,6$ кПа.

На рис. 1 представлены экспериментальные значения и линии регрессии 1 и 2 напряжений $\bar{\sigma}_{10\%}$ и $\sigma_{10\%}^{\text{прогн}}$ соответственно, а также регрессионные зависимости (В.1)

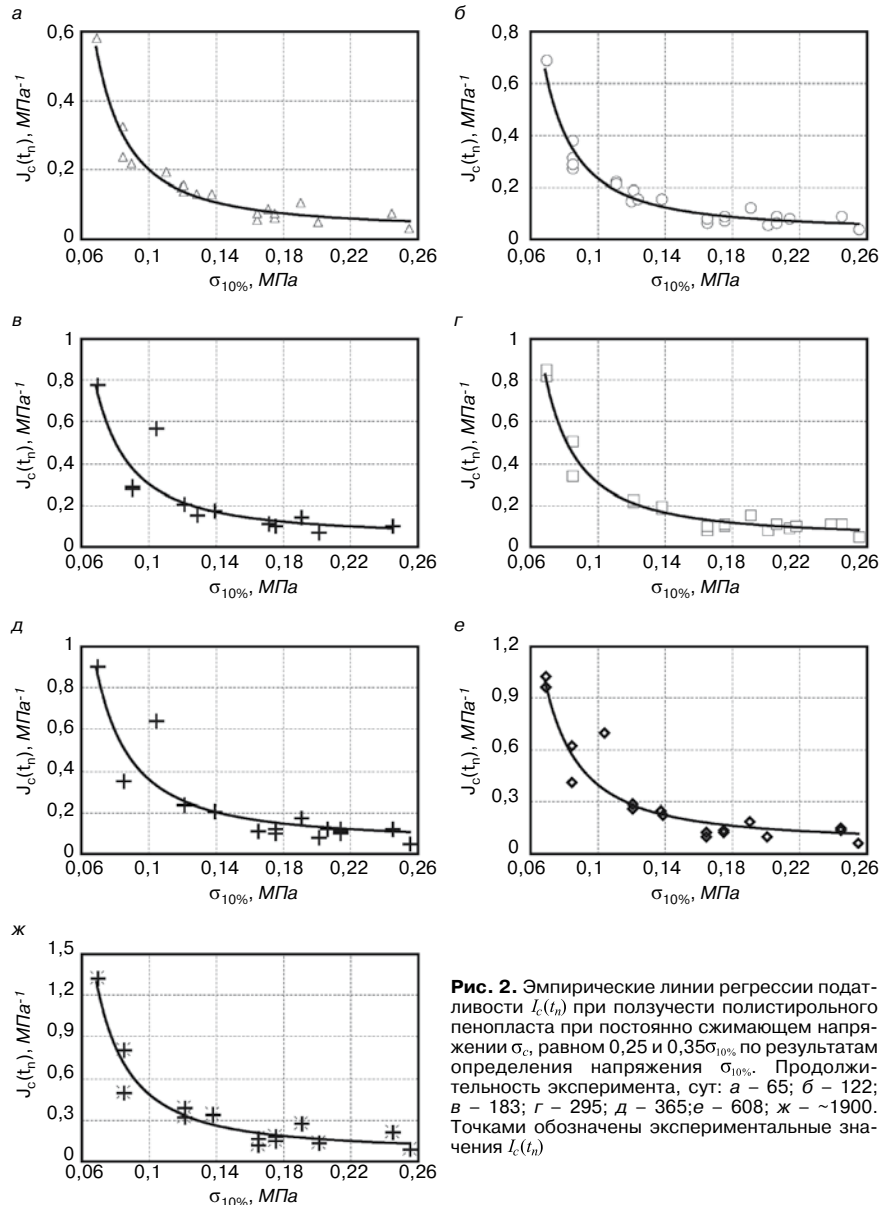


Рис. 2. Эмпирические линии регрессии податливости $I_c(t_n)$ при ползучести полистирольного пенопласта при постоянно сжимающем напряжении σ_c , равном 0,25 и 0,35 $\sigma_{10\%}$ по результатам определения напряжения $\sigma_{10\%}$. Продолжительность эксперимента, сут: а – 65; б – 122; в – 183; г – 295; д – 365; е – 608; ж – ~1900. Точками обозначены экспериментальные значения $I_c(t_n)$

и (В.2), приведенные в [5] (линии 3, 4). Из рисунка видно, что экспериментальные данные находятся в доверительном интервале прогноза значений $\sigma_{10\%}$ по [5] и, таким образом, пенополистирольные плиты, на которых выполнены исследования ползучести, по $\sigma_{10\%}$ удовлетворяют требованиям EN 13163 [5], а полученные в настоящей работе результаты могут быть использованы для плит типов EPS 60* – EPS 250. Экспериментальные результаты испытаний деформируемости пенополистирольных (EPS) образцов при постоянном сжимающем напряжении σ_c^a приведены в табл. 1.

В табл. 1 для каждой серии испытаний на ползучесть представлены:

- характеристики образцов (плотность, прочность на сжатие $\sigma_{10\%}$);
- значения длительно действующей сжимающей удельной нагрузки σ_c , деформации ε_0 , возникшей в момент времени $t=60$ с от начала приложения нагрузки, деформации ползучести ε_c в момент времени t_n ;
- продолжительность прямого эксперимента t_n ;
- прогностические точечные значения деформаций ползучести для упреждения на $T=50$ лет.

* Согласно EN 13163 обозначение типов пенополистирольных плит с уровнем прочности при сжатии $\sigma_{10\%}$, равной 80–250 кПа.

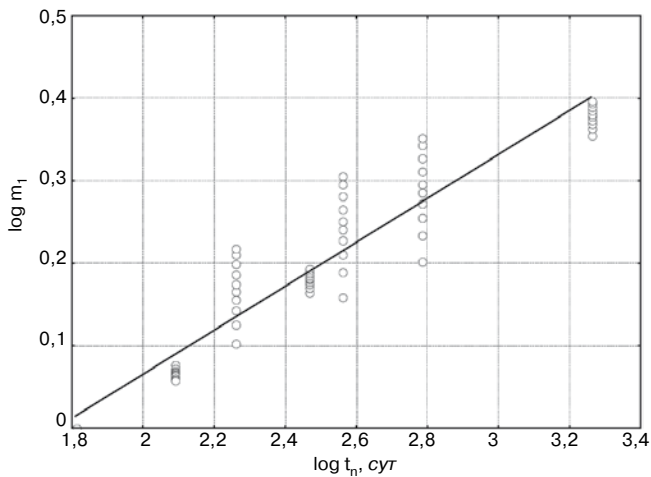


Рис. 3. Линия регрессии значений коэффициента m_1 по результатам эксперимента продолжительностью $t_n=1900$ сут (логарифмическая система значений m_1 и t_n). Точками показаны значения для пенополистирола прочностью на сжатие в интервале 0,06–0,26 МПа

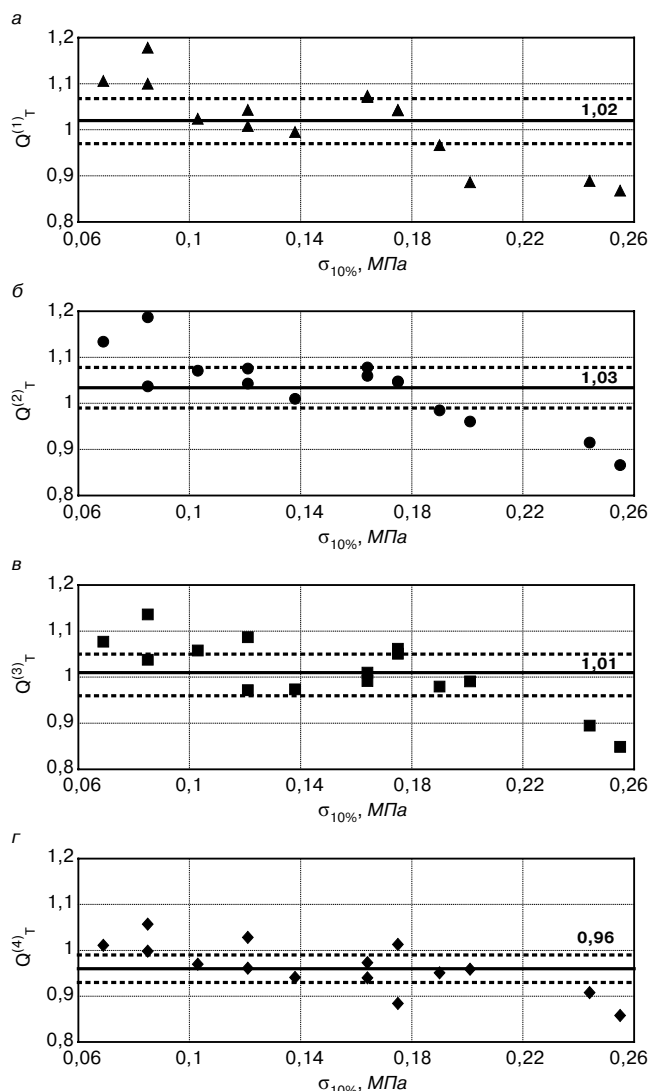


Рис. 4. Отношение $\theta_T^{(i)}$ прогнозируемых точечных значений $\hat{\epsilon}_c(T=5 \text{ лет})$ для упреждения на 5 лет и экспериментальных значений ϵ_c при продолжительности прямого эксперимента ($t_n=5$ лет) (табл. 1). Значения $\hat{\epsilon}_c(T)$ на базе прямого эксперимента продолжительностью t_n , сут: а – 65; б – 122; в – 295; г – 608; T равно 5 годам. Точками показаны эмпирические значения $\theta_T^{(i)}$. Сплошная линия – среднее значение $\theta_T^{(i)}$, пунктирные линии – возможные минимальная и максимальная величины $\theta_T^{(i)}$ с доверительной вероятностью $P=0,95$

На рис. 2 представлены опытные данные и линии регрессии податливости при ползучести пенополистирольных образцов, аппроксимированные уравнением (6) на базе экспериментов продолжительностью t_n . Результаты регрессионного анализа зависимости податливости при ползучести $I_c(t_n)$ полистирольного пенопласта от его прочности на сжатие $\sigma_{10\%}$ приведены в табл. 2.

По экспериментальным данным значения m_i (отношения $\frac{I_c(T_i)}{I_c(t_n)}$) при длительности экспериментов t_n до 5 лет аппроксимированы регрессионным уравнением (7). Результаты математико-статистической обработки приведены в табл. 3, а графическая интерпретация на рис. 3. На рис. 3 представлены опытные данные m_1 (в логарифмической системе координат) и линия регрессии $\log m_1$ значений по результатам прямого эксперимента продолжительностью $\log t_n$ ($t_n=1900$ сут).

Высокое значение коэффициента детерминации $R_{\log t \cdot \log m_1}^2=0,914$ между значением $\log m_1$ и временем $\log t$ позволяет использовать эмпирическое уравнение (7) для упреждения значений отношения $\frac{I_c(T_i)}{I_c(t_n)}$ на длительный период времени.

По представленным в табл. 1 экспериментальным значениям $\epsilon_c(t_n)$ и используя эмпирические зависимости (6)–(9), рассмотрена возможность прогнозирования величины деформации ползучести при фиксированной сжимающей удельной нагрузке σ_c , равной $0,25\sigma_{10\%}$ и для упреждения на $T_i \leq 5$ лет.

На рис. 4 представлены отношения точечных значений деформаций ползучести для упреждения на 5 лет, вычисленных по формуле:

$$\hat{\epsilon}_c(t) = \epsilon_c(t_n) \cdot m_i \quad (a)$$

и экспериментальных значений $\epsilon_c(t_n)$ при $t_n \approx 1900$ сут (табл. 1).

В формуле (а): $\epsilon_c(t_n)$ – экспериментальное значение деформации ползучести ϵ_c при продолжительности прямого эксперимента t_n , равной 65, 122, 295, 608 и 1900 сут; m_i – коэффициент, значения которого определяют по эмпирическому уравнению (7) в зависимости от продолжительности прямого эксперимента t_n . Результаты статистической обработки значений коэффициента m_i по результатам определения податливости при ползучести полистирольного пенопласта на базе эксперимента продолжительностью $t_n=5$ лет приведены в табл. 3.

Отношение прогнозируемых точечных значений $\hat{\epsilon}_c(t_n=5 \text{ лет})$ относительно экспериментальных $\epsilon_c(t_n=1900 \text{ сут})$ определяли как:

$$\theta_T^{(i)} = \frac{\hat{\epsilon}_c(t_n) \cdot m_i}{\epsilon_c(t_n)}, \quad (11)$$

где T равно 5 годам.

Вычисленные по выражению (11) отношения $\theta_T^{(i)}$ составляют:

- $\theta_T^{(1)} = 1,02$ ($S_0 = 0,088$) на базе прямого эксперимента продолжительностью $t_n=65$ сут;
- $\theta_T^{(2)} = 1,03$ ($S_0 = 0,08$) то же, $t_n=122$ сут;
- $\theta_T^{(3)} = 1,01$ ($S_0 = 0,078$) то же, $t_n=295$ сут;
- $\theta_T^{(4)} = 0,96$ ($S_0 = 0,053$) то же, $t_n=608$ сут.

Таким образом, для упреждения на 5 лет вычисленные значения деформаций ползучести в среднем на 3% превышают экспериментальные значения при экстраполяции на базе прямого эксперимента продолжительностью t_n , равной 65, 122 и 295 сут, и на 4% меньше – при $t_n=608$ сут.

Поэтому прогностическую оценку деформаций ползучести $\hat{\epsilon}_c(T)$, где T равно 5 годам, при постоянно

Таблица 2

Продолжительность эксперимента t_n , сут	Количество серий испытаний n	Результаты регрессионного анализа				Использование экспериментальных значений при $\varepsilon_c(t_n)$ напряжениях σ_c , равных $(0,25 \text{ и } 0,35)\sigma_{10\%}$ Источник
		Постоянные коэффициенты уравнения (6)		S_{ε_c} , МПа ⁻¹	$\eta_{\varepsilon_c(t_n)}^2 \sigma_{10\%}$	
		a_0	a_1			
65	24	0,0221	0,2212	0,0263	0,95	[8,13]
122	26	0,025	0,2238	0,0314	0,952	[14–16]
183	15	0,039	0,2045	0,092	0,8	[13–15]
295	21	0,035	0,2171	0,0386	0,973	[8]
365	19	0,0485	0,2002	0,09	0,836	[13, 17]
608	19	0,0542	0,1996	0,0983	0,895	[8, 18, 19]
~1900	14	0,0563	0,2152	0,0886	0,936	[8]

Таблица 3

Обозначение коэффициента m_i	Продолжительность эксперимента t_n , сут	Количество отношений I_c	Результаты регрессионного анализа			
			постоянные коэффициенты уравнения (7)		$S_{\log m_i}$	$S_{\log m_i \cdot \log t}^2$
			$\log b_0$	b_1		
m_1	65	70	-0,4677	0,2665	0,0365	0,914
m_2	122	70	-0,5335	0,2665	0,0399	0,899
m_3	295	70	-0,6479	0,2665	0,0323	0,931
m_4	608	70	-0,7556	0,2666	0,0397	0,9

сжимающем напряжении $\sigma_c=0,25\sigma_{10\%}$ и $\sigma_c=0,35\sigma_{10\%}$ по экспериментальным значениям $\varepsilon_c(t_n)$ или $I_c(t_n) \cdot \sigma_c$ с использованием коэффициента m_i можно признать достаточно достоверной, а ее использование является перспективным при отсутствии данных длительных экспериментов. На основании значений, полученных в работе [7], эмпирические уравнения (6)÷(9) могут быть использованы во всей области линейной ползучести с постоянным сжимающим напряжением $\sigma_c \leq 0,35\sigma_{10\%}$.

Достаточно высокие значения коэффициентов детерминации регрессионных уравнений (7) (табл. 3) позволяют использовать их в прогнозировании показателя на более продолжительный период времени. При этом основной задачей, возникающей при экстраполяции линейного тренда, является определение достоверного интервала прогноза коэффициента m_i .

Доверительный интервал на основании уравнения (7) определяется выражением [19]:

$$\text{ant} \log[\log m_i \pm t_{\alpha;f} \cdot S_{\log m_i \cdot \log t} \cdot K], \quad (12)$$

где $\log m_i$ – логарифмическое значение коэффициента m_i , вычисляемое по формуле (7); $t_{\alpha;f}$ – t -статистика Стьюдента при уровне значимости α и числе степеней свободы $f=n-k$; n – количество определений значений m_i при проведении эксперимента продолжительностью 5 лет (в интервале от $t_n=65$ сут до $t_n \approx 1900$ сут при $n=7$); k – количество параметров линейного тренда (7) ($k=2$); $S_{\log m_i \cdot \log t}$ – среднее квадратическое отклонение экспериментальных логарифмических значений от расчетных значений по линейному тренду (7); K – коэффициент, учитывающий расширение границ доверительного интервала вследствие дисконтирования прогнозной информации.

Согласно доказательствам, приведенным в [19], для линейного тренда K можно записать следующим образом:

$$K = \sqrt{\frac{n+1}{n} + \frac{3(n+2 \cdot L-1)^2}{n(n^2-1)}}. \quad (13)$$

При $T=50$ годам безразмерный интервал периода упреждения прогноза равен:

$$L = [\log 18262 - \log 1826]: \frac{\log 1826 - \log 65}{n-1} = \\ = (4,2615 - 3,2615) \cdot \frac{3,2615 - 1,8129}{7-1} = 4,14.$$

Тогда согласно выражения (13) при $n=7$ коэффициент $K=1,72$.

Отсюда согласно регрессионному уравнению (7):

$$\log \bar{m}_i = -0,4677 + 0,2665 \log 18262 = -0,4677 + 1,1357 = 0,668,$$

а доверительный интервал по выражению (12) составит:

$$\text{ant} \log(0,668 \pm 1,668 \cdot 0,0365 \cdot 1,72) = \\ = \text{ant} \log(0,668 \pm 0,105) = 0,773 \div 0,563,$$

то есть для m_i [5,93–3,66] (табл. 4).

Числовые операции для упреждения на 10, 25 лет не имеют принципиального отличия.

Окончательные значения коэффициента m_i согласно выражению (12) для упреждения на 10, 25 и 50 лет приведены в табл. 4. Относительные значения верхней максимальной и нижней минимальной границ доверительного интервала прогностического значения m_i для упреждения на 10, 25 и 50 лет соответственно составляют 24 – -17, 24 – -19 и 27 – -22% от среднего значения вычисленного по эмпирическому линейному уравнению (7).

На рис. 5 представлены результаты сравнения прогностических точечных значений деформации ползучести полистирольного пенопласта для упреждения на 50 лет по данным прямого эксперимента продолжительностью $t_n=5$ лет исследований [8] и $t_n=65$ сут настоящей

Таблица 4

Характеристики	Период упреждения T_n , годы			
	5	10	25	50
Среднее значение m_i	2,52	3,03	3,87	4,66
90% доверительный интервал (односторонний критерий): нижняя граница $m_1^{\text{нижн}}$ верхняя граница $m_1^{\text{верх}}$	2,23 2,84	2,52 3,77	3,12 4,81	3,66 5,93
Относительная ошибка прогноза δ : по нижней границе $\delta^{\text{нижн}}$, %* по верхней границе $\delta^{\text{верх}}$, %**	11,5 12,7	16,8 24,4	19,4 24,3	21, 27,2
Примечания: * $\delta^{\text{нижн}} = \frac{\bar{m}_1 - m_1^{\text{нижн}}}{\bar{m}_1} \cdot 100$; ** $\delta^{\text{верх}} = \frac{m_1^{\text{верх}} - \bar{m}_1}{\bar{m}_1} \cdot 100$.				

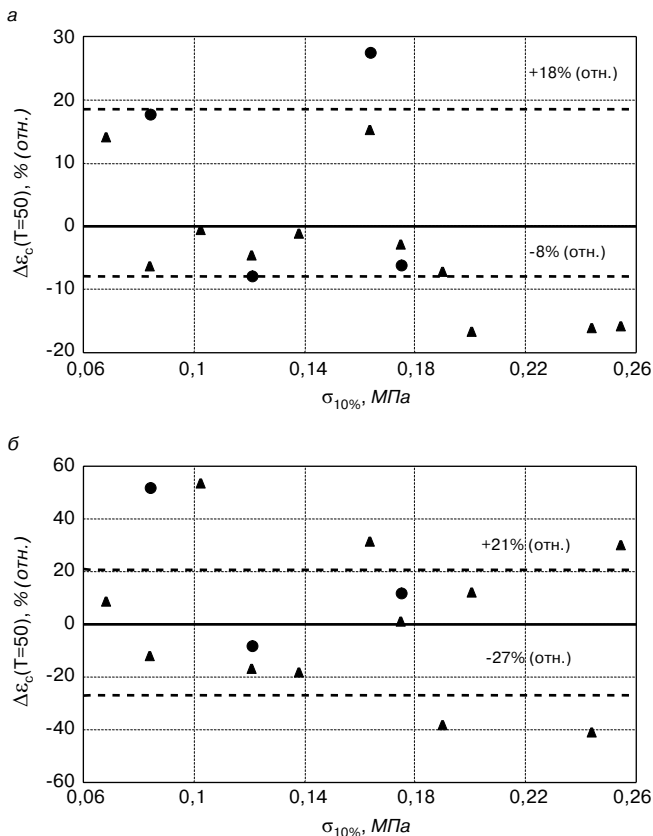


Рис. 5. Относительная разность $\Delta \varepsilon_c(T)$ прогнозируемых точечных значений для $T=50$ годам $\hat{\varepsilon}_c(T)_{t_n=65 \text{ сут}}$ и $\varepsilon_c(T=50)_{t_n=5 \text{ лет}}$ для упреждения на 50 лет (табл. 1); а – $\hat{\varepsilon}_c(T)_{t_n=65 \text{ сут}}$ вычислены по значениям $\varepsilon_c(t_n=65 \text{ сут})$ (табл. 1) с умножением на коэффициент \bar{m}_1 (табл. 4); б – то же, используя только формулы (6)–(9). Точками показаны экспериментальные значения $\Delta \varepsilon_c(T=50)$ % (отн.) для $\frac{\sigma_c}{\sigma_{10\%}}$: ● – 0,25; ▲ – 0,35

работы. Относительную разность прогностических точечных значений деформаций ползучести $\Delta \varepsilon_c(T)$, % (отн.)*, определяли по формуле:

$$\Delta \varepsilon_c(T) = \frac{\hat{\varepsilon}_c(T)_{t_n=65 \text{ сут}} - \varepsilon_c(T)_{t_n=5 \text{ лет}}}{\varepsilon_c(T)_{t_n=5 \text{ лет}}} \cdot 100, \quad (14)$$

где $\varepsilon_c(T)_{t_n=5 \text{ лет}}$ – прогностическое точечное значение деформации ползучести для упреждения на 50 лет на базе прямого эксперимента $t_n=5$ лет, % (табл. 1, 11-й стол-

бец); $\hat{\varepsilon}_c(T)_{t_n=65 \text{ сут}}$ – то же, вычисленное по значениям $\varepsilon_c(t_n=65 \text{ сут})$ табл. 1 или с использованием только эмпирических формул (6)–(9), %.

Исходя из рис. 5, а отметим, что прогностические значения $\hat{\varepsilon}_c(T=50)$ могут быть вычислены по значениям $\varepsilon_c(t_n=65 \text{ сут})$ с умножением их на коэффициент $\bar{m}_1(T=50)$ с погрешностью в среднем 18 – -8% (отн.). Таким образом, вычисленные для пенополистирольных плит EPS 150, EPS 200 и EPS 250 [5] прогностические точечные значения деформаций ползучести при $\sigma_c=0,35\sigma_{10\%}$ для упреждения на 25 лет не превышают 2%, а для упреждения на 50 лет составляют в среднем 2,2%. Соответствующая погрешность при определении $\hat{\varepsilon}_c(T)$ с использованием уравнений (6)–(9) [без непосредственного применения экспериментальных значений $\varepsilon_c(t_n=65 \text{ сут})$] составляет (рис. 5, б) в среднем 21 – -27% (отн.).

Учитывая, что экстраполяция довольно грубая операция, основывающаяся на ряде допущений, в практике расчетов прогнозов принимают доверительную вероятность, равную 80–90% [19]. Прогностическую оценку деформаций ползучести $\hat{\varepsilon}_c(T=50)$ при постоянном сжимающем напряжении $\sigma_c=0,25\sigma_{10\%}$ и $\sigma_c=0,35\sigma_{10\%}$ с применением экспериментальных значений $\varepsilon_c(t_n=65 \text{ сут})$ и эмпирического коэффициента m_1 можно считать достаточно достоверной.

Использование формул (6)–(9) для прогностической оценки деформаций ползучести при постоянно сжимающем напряжении $\sigma_c=0,25\sigma_{10\%}$ и $\sigma_c=0,35\sigma_{10\%}$ является перспективным при отсутствии результатов длительных экспериментов.

На основании математико-статистического анализа опытных данных длительного эксперимента продолжительностью $t_n=5$ лет показано, что достаточно достоверное точечное прогнозирование деформаций ползучести пенополистирольных (EPS) плит при постоянном сжимающем напряжении σ_c , равном 0,25 и 0,35 $\sigma_{10\%}$ для упреждения на 5 лет возможно на базе прямого эксперимента продолжительностью $t_n=65$ сут, используя экспериментальные значения $\varepsilon_c(t_n=65 \text{ сут})$ и коэффициент m_1 .

Представлена возможность прогностической оценки деформаций ползучести пенополистирольных плит для упреждения на 10, 25 и 50 лет на базе прямого эксперимента продолжительностью $t_n=65$ сут, используя экспериментальные значения $\varepsilon_c(t_n=65 \text{ сут})$ или эмпирические формулы (6)–(9). При этом относительные значения верхней максимальной и нижней минимальной границ доверительного интервала деформаций ползуче-

* Пометка (отн.) указывает на относительную разницу расчетных и экспериментальных значений, когда единицей измерения ε_c является процент.

сти составляют в среднем +25 и -19% от точечного (среднего) значения.

Ключевые слова: пенополистирол, сжатие длительное, деформация ползучести, прогнозирование.

Список литературы

1. *Duškov M.* Materials research on EPS 20 and EPS 15 under representative conditions in pavement structures // Geotextiles Geomembranes. 1997. Vol 15. Pp. 147–181.
2. *Krollmann N.* Verhalten von EPS-Hartschaumstoff unter langzeitiger Druckbeanspruchung // Bauphysik. 2006. 28(3). S. 184–191.
3. *Horvath J.S.* Mathematical modelling of the stress-strain-time behaviour of geosynthetics using the Findley equation: general theory and application to EPS-block geofoam. Manhattan College Research report No. CE / GE-98-3. 1998. May.
4. *Льюис К.Д.* Методы прогнозирования экономических показателей / Пер. с англ. М.: Финансы и статистика, 1986. 134 с.
5. EN 13163:2008 E. Thermal insulation products for buildings – Factory made products of expanded polystyrene (EPS) – Specification. – 48 pp.
6. EN 14933:2007 E. Thermal insulation and light weight products for civil engineering applications. Factory made products of expanded polystyrene (EPS). Specification. 32 pp.
7. *Веялис С., Гнип И.Я., Вайткус С., Кершулис В.И.* Деформируемость полистирольного пенопласта EPS 200 при длительном сжатии // Механика композитных материалов. 2010. Т. 46. № 5. С. 737–748.
8. *Gnip I.Y., Vaitkus S., Kersulis V., Vejelis S.* Experiments for the long-term prediction of creep strain of expanded polystyrene under compressive stress // Polymer Testing 29:2010: Pp. 693–700.
9. EN 826:1996 E. Thermal insulating products for building applications. Determination of compression behaviour. 15 pp.
10. ГОСТ Р ЕН 1606–2010. Изделия теплоизоляционные, применяемые в строительстве. Метод определения ползучести при сжатии. М.: Стандартинформ, 2010. 16 с.
11. *Айвазян С.А.* Статистическое исследование зависимостей. Применение методов корреляционного и регрессионного анализов и обработка результатов эксперимента. М.: Металлургия, 1968. 228 с.
12. *Гнип И.Я., Кершулис В.И., Вайткус С.И.* Аналитическое описание ползучести пенополистирола под сжимающей нагрузкой // Механика композитных материалов. 2005. Т. 41. № 4. С. 525–534.
13. *Гнип И.Я., Кершулис В.И., Вайткус С.И., Веялис С.А.* Прогнозирование деформативности пенополистирола при длительном сжатии // Строительные материалы. 2005. № 9 / Наука. С. 7–9.
14. *Гнип И.Я., Кершулис В.И., Вайткус С.И.* Прогнозирование деформируемости полистирольного пенопласта при длительном сжатии // Механика композитных материалов. 2005. Т. 41. № 5. С. 607–618.
15. *Gnip I.Y., Vaitkus S., Kersulis V., Vejelis S.* Long-term prediction of compressive creep development in expanded polystyrene // Polymer Testing. 27:2008. Pp. 378–391.
16. *Гнип И.Я., Кершулис В.И., Вайткус С.И.* Доверительные интервалы прогноза деформаций ползучести пенопласта из полистирола // Строительные материалы. 2005. № 3. С. 47–49.
17. *Гнип И.Я., Кершулис В.И., Вайткус С.И., Веялис С.А.* Прогноз деформации ползучести полистирольного пенопласта на большие времена // Механика композитных материалов. 2005. Т. 41. № 6. С. 795–802.
18. *Gnip I.J., Kersulis V.J., Vaitkus S.J., Vejelis S.A.* Confidence intervals of prediction and synthesis of prediction estimates for deformability of expanded polystyrene in long-term compression // Construction and Building Materials. 21:2007. Pp. 1390–1398.
19. *Четыркин Е.М.* Статистические методы прогнозирования. М.: Статистика, 1977. 200 с.



Активатор
измельчение активация синтез

**Российские промышленные
помольно - классификационные комплексы
«Активатор».**

	АПК 100	АПК 500	АПК 1000	АПК 5000
производительность	100 кг/ч	500 кг/ч	1000 кг/ч	5000 кг/ч
граница разделения	1-10 мкм	3-20 мкм	5-50 мкм	5-70 мкм
потребляемая мощность	11 кВт/ч	22 кВт/ч	45 кВт/ч	130 кВт/ч

Общий вид кривых распределения частиц по размерам после помола и классификации.



[www.activator.ru >>](http://www.activator.ru)

Машиностроительный Завод «Активатор»
Новосибирск, Софийская 18, оф 107
630056, Новосибирск 56, а/я 141
Факс: 8 (383) 325-18-49
Тел: 8 913 942 94 81
e-mail: belyaev@activator.ru



Реклама

А.Г. ПЕРЕХОЖЕНЦЕВ, д-р техн. наук,
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

Моделирование температурно-влажностных процессов в пористых строительных материалах. Часть 8.

Расчет количества незамерзшей воды в пористых материалах при отрицательной температуре

Известно, что вода в мезо- и микропорах замерзает при более низкой температуре, чем свободная вода [1, 2]. Зависимость между понижением температуры фазового перехода вода–лед ΔT и радиусом капилляра r можно получить из термодинамического уравнения Гиббса. Изменение энергии Гиббса, связанное с дисперсностью, будет равно:

$$\Delta G_d = -\bar{S} \Delta T + V \Delta p_d, \quad (1)$$

где $\Delta T = T_0 - T_3$ – понижение температуры замерзания воды за счет дисперсности; T_0 – температура замерзания свободной воды; T_3 – температура замерзания воды в капилляре; \bar{S} – энтропия; Δp_d – изменение давления; V – объем, для конкретного вещества $V = V_m$, где V_m – мольный объем.

Изменение давления, связанное с дисперсностью, определяется уравнением Лапласа:

$$\Delta p_d = \sigma \frac{dS}{dV}, \quad (2)$$

где dS/dV – кривизна поверхности воды.

При постоянной температуре ($T = \text{const}$) приращение энергии Гиббса из (1) с учетом (2) будет равно:

$$\Delta G_d = \sigma \cdot V_m \frac{dS}{dV} = 2\sigma \cdot V_m / r_m. \quad (3)$$

При постоянном давлении из (1) изменение энергии Гиббса будет равно:

$$\Delta G_d = -\bar{S} \cdot \Delta T. \quad (4)$$

Сравнивая (3) и (4), определим понижение температуры замерзания в зависимости от кривизны поверхности жидкости $1/r_m$:

$$\Delta T = -\frac{2\sigma \cdot V_m}{\bar{S} \cdot r_m}. \quad (5)$$

При фазовом переходе вода–лед изменение энтропии \bar{S} пропорционально изменению энтальпии ΔH , равной удельной теплоте плавления льда, и обратно пропорционально температуре замерзания воды T_0 . С учетом этого соотношение (5) можно записать следующим образом:

$$\Delta T = -\frac{2 \cdot \sigma \cdot V_m \cdot T_0}{\Delta H \cdot r_m},$$

откуда определим размеры радиусов менисков воды в капиллярах, в которых вода замерзает при понижении температуры с T_0 до T_3 :

$$r_m = \frac{2\sigma \cdot V_m \cdot T_0}{\Delta H (T_0 - T_3)}. \quad (6)$$

Из уравнения (6) следует, что с уменьшением размеров пор температура замерзания воды в них понижается. По данным многих исследователей [1–4], адсорбционно-связанная вода не замерзает при понижении температуры до -30°C . Г. Фагерлюнд (G. Fagerlund) [2], исследуя замерзание воды в порах, получил зависимость толщины незамерзающего адсорбированного слоя t от понижения температуры замерзания ΔT , которая имеет следующий вид:

$$t = 19,7 \cdot 10^{-10} (1/\Delta T)^{1/3}. \quad (7)$$

Радиусы капилляров $r_3 (r_k = r_m + t)$, в которых замерзает вода при понижении температуры до T_3 , определим из (6) и (7):

$$r_3 = \frac{2 \cdot \sigma \cdot V_m \cdot T_0}{\Delta H (T_0 - T_3)} + 19,7 \cdot 10^{-10} (1/\Delta T)^{1/3}. \quad (8)$$

Объем незамерзающей воды в адсорбированном слое зависит от величины внутренней свободной поверхности пор S . Соответствующее приращение объема при изменении толщины слоя с t_{n-1} до t_n будет равно:

$$(\Delta V_n)_i = (t_{n-1} - t_n) \sum_0^{n-1} (\Delta S)_i. \quad (9)$$

Общий объем незамерзшей воды в порах при температуре T_3 будет равен объему пор, размеры которых ограничены радиусом замерзания r_3 . Соответствующее приращение объема будет равно:

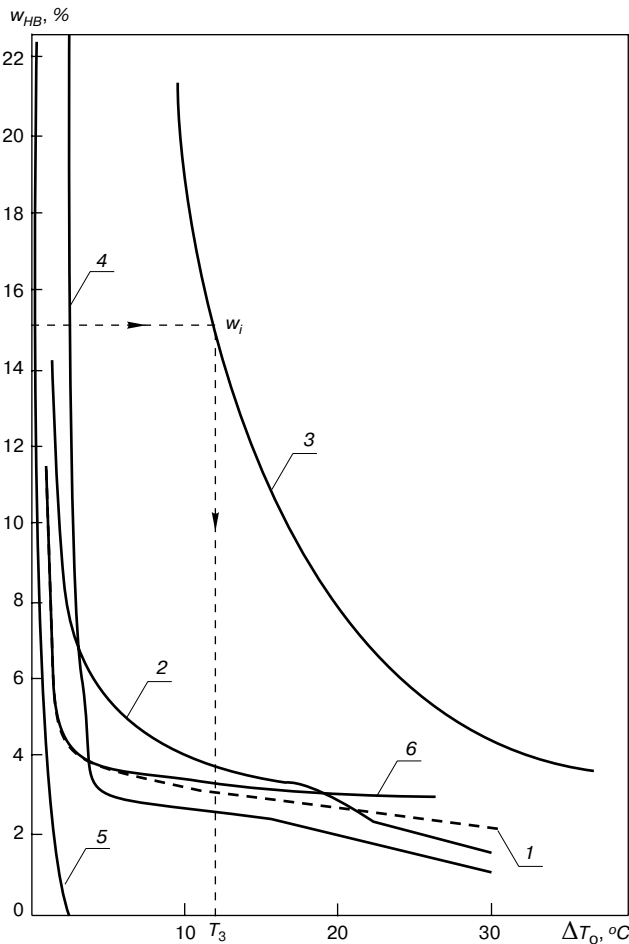
$$\begin{aligned} (\Delta V_{\text{нв}})_n &= \frac{1}{\rho_2} (w_{\text{нв}n-1} - w_{\text{нв}n}) = \\ &= (\Delta V_p)_n \left[\frac{(r_m)_{n-1} + (r_m)_n}{r_{n-1} + r_n} \right]^2 + (t_{n-1} - t_n) \sum_0^{n-1} (\Delta S)_i, \end{aligned} \quad (10)$$

где $\Delta V_{\text{нв}}$ – изменение объема незамерзшей воды при понижении температуры; $w_{\text{нв}}$ – количество незамерзшей воды; ΔV_p – приращение объема пор.

Поверхностное натяжение воды на границе жидкость–газ изменяется в зависимости от температуры. Для диапазона изменения температуры 233–273 К в [6] приводится следующая зависимость:

$$\sigma_T = 75,64 \cdot 10^{-3} (1 + 1,84(T_0 - T_3) - 0,4 \cdot 10^{-6} (T_0 - T_3)^2). \quad (11)$$

Необходимо также учитывать изменение энтальпии ΔH переохлажденной воды и льда. В [7] приводятся дан-



Кривые замерзания воды в пористых материалах: 1 – цементный раствор; 2 – керамический кирпич; 3 – древесина (береза); 4 – фильтровальная бумага FN-11; 5 – минеральная вата; 6 – цементный раствор по данным [1]

ные изменения энтальпии, полученные при изменении температуры от 0 до -50°C . Обработка этих данных хорошо согласуется с зависимостью, которую приводит Г. Фагерлюнд [2]:

$$\Delta H_T = M(333,7 - 2,19\Delta T)10^3, \quad (12)$$

где ΔH_T – изменение энтальпии переохлажденной воды, Дж/моль; M – молекулярная масса воды.

Подставляя значения σ_T и ΔH_T в (8), при определенных значениях ΔT получим значение радиусов пор, в которых влага замерзает при температуре T_3 . Определив радиус r_3 , по формуле (10) установим соответствующее изменение объема незамерзшей воды в порах материала.

На рисунке представлены кривые замерзания влаги для ряда пористых материалов, поры которых полностью насыщены водой. Кривую замерзания материала при любой начальной влажности w_i и температуре начала замерзания воды $T_{нз}$ можно получить из этих же кривых (пунктирная линия).

Расчет объема незамерзшей воды выполняется на компьютере по комплексной программе CAPLF, предназначенной для расчета тепловлажностных характеристик строительных материалов. Поэтому зависимости количества незамерзшей воды в порах материала используются при расчетах коэффициентов тепло- и влагопроводности влажных материалов в соответствии с принятой моделью влажного пористого материала.

Сравнение результатов расчета кривых замерзания с экспериментальными данными приведено на рисунке. Как видно, кривая замерзания воды в порах цементного раствора (кривая б), полученная в [1], хорошо согласуется с кривой, полученной по расчетной формуле (10). Так как расчетная кривая учитывает распределение пор в конкретном материале, а опытные данные взяты для другого цементного раствора, отмечается незначительное расхождение результатов.

Ключевые слова: пористые тела, незамерзшая вода.

Список литературы

1. Литвинова Т.А. Фазовый состав воды строительных материалов при отрицательных температурах // Успехи строительной физики в СССР. 1967. Вып. 3: Теплофизика. С. 38–45.
2. Fagerlund G. Determination of pore-size distribution from freezing-point depression // Materials etconstructions. 1973. Vol. 6. № 33.
3. Важенин Б.В. Замерзание влаги в строительных материалах // Строительные материалы. 1965. № 10. С. 24–25.
4. Достовалов Б.Н. Структура, фазовые переходы и свойства воды. II Междунар. конф. по мерзлотоведению: Докл. и сообщения. Якутск: Кн. изд-во, 1973. Вып. 4. С. 116–125.
5. Чудинов Б.С., Андреев М.Д., Степанов В.И., Финкельштейн А.В. Гигроскопичность капиллярно-пористых тел при отрицательных температурах (на примере древесины). Красноярск, 1977. С. 32.
6. Чураев А.В. Физикохимия процессов массопереноса в пористых телах. М.: Химия, 1990. 212 с.
7. Ефимов С.С. Влага гигроскопических материалов. Новосибирск: Наука, СО АН СССР, 1986. 174 с.

2-4

Октября 2013г.

Совместно с выставкой "Энергоресурс"

г.Воронеж,
ул.Ворошилова, 1а,
спорткомплекс "Энергия"

37-я межрегиональная специализированная Выставка

СТРОИТЕЛЬСТВО

5-я межрегиональная специализированная Выставка

НОВЫЙ ГОРОД

тел.: (473) 251-20-12

www.veta.ru

energo@veta.ru

stroy@veta.ru

При поддержке:
Правительство Воронежской области
Администрация городского округа г.Воронеж
ИП "Союз строителей Воронежской области"
Ассоциация экономического взаимосодействия субъектов РФ Центрального Федерального округа "Центральное-Черноземная"

Организаторы: **VETA**
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

В.С. ЛЕСОВИК, член-корр. РААСН, д-р техн. наук, А.В. САВИН, инженер,
Н.И. АЛФИМОВА, А.В. ГИНЗБУРГ, кандидаты техн. наук,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Оценка защитных свойств бетона из композиционных вяжущих по отношению к стальной арматуре

В результате нерационального и некомплексного освоения недр в XX столетии образованы десятки тысяч техногенных месторождений рыхлого зернистого сырья, которые изменили геоморфологию земной поверхности, привели к нарушению гидрогеологического строения территорий. При добыче и переработке полезных ископаемых, дроблении пород на щебень образуются большие объемы техногенного песка, складирование которого требует значительных площадей, что приводит к изменению рельефа, нарушению инженерно-геологических, гидрогеологических и эколого-геологических условий размещения хранилища отходов.

Ранее были предложены способы повышения эффективности мелкозернистого бетона и композиционных вяжущих за счет рационального использования энергетики техногенных песков [1–4]. Многообразие размеров и форм частиц дезинтегрированного сырья

приводит к разнообразию физико-химических условий синтеза новообразований [5, 6], которые могут оказывать влияние на долговечность и защитные свойства бетона на основе композиционных вяжущих с использованием техногенных кремнеземных компонентов по отношению к арматуре. Вопрос этот столь важен, что зачастую может стать основным при определении областей их применения, так как имманентным свойством таких вяжущих является связывание гидроксида кальция активными составляющими минеральных компонентов с образованием преимущественно низкоосновных гидросиликатов. Этот процесс наряду с упрочнением структуры бетона инициирует также снижение щелочности его жидкой фазы. Известно, что щелочность жидкой фазы обычного бетона обеспечивается в основном только клинкерным компонентом вяжущего.

Таблица 1

Расход вяжущего, кг/м ³	-Естац, мВ			i при E=300 мВ, мкА/см ²			E через 2 мин, мВ			Площадь коррозии, %			рН жидкой фазы		
	28 сут	3 мес	6 мес	28 сут	3 мес	6 мес	28 сут	3 мес	6 мес	28 сут	3 мес	6 мес	28 сут	3 мес	6 мес
ЦЕМ I 42,5 Н															
220	270	250	210	5,8	5,3	4,4	+110	+100	+180	0	0	0	12,25	12,38	12,27
300	300	240	390	6,2	5,9	3,5	+90	+40	+170	0	0	0	12,14	12,11	12,16
380	380	320	270	6,9	5,1	2,8	+80	+60	+100	0	0	0	12,15	12,23	12,25
460	460	300	340	7,1	7,4	5,3	+50	+80	+150	0	0	0	12,32	12,49	12,51
ТМЦ-50 (КВП)															
220	340	200	360	4,9	2,5	2,9	+60	+50	+30	0	0	0	12,19	12,08	11,82
300	260	430	340	6,1	2,7	1,9	+80	+80	+120	0	0	0	12,13	12,35	12,06
380	200	430	410	6,2	3,1	3,2	+150	+140	+120	0	0	0	12,09	12,3	12,13
460	290	340	380	5,7	4,6	2,9	+70	+90	+110	0	0	0	12,38	12,42	12,25
ВНВ-50 (КВП)															
220	260	230	280	3,1	2,3	3,3	+100	+70	+30	0	0	0	12,43	12,31	12,13
300	330	260	170	4,9	2,2	1,9	+80	+60	+100	0	0	0	12,24	12,27	12,1
380	370	310	280	6,9	3,9	4,5	+100	+150	+120	0	0	0	12,32	12,03	11,96
460	340	240	190	4,1	3,9	3,7	+80	+100	+120	0	0	0	12,28	12,24	12,19
ТМЦ-50 (П)															
220	380	360	210	4,5	7,8	3,8	+100	+70	+30	0	2	7	12,23	12,04	11,62
300	410	340	200	5,9	3,2	1,7	+80	+80	+110	0	0	0	12,03	11,98	11,95
380	360	310	170	3,9	4,0	1,1	+40	+60	+190	0	0	0	12,19	12,18	12,1
460	330	300	180	7,1	1,9	2,4	+30	+50	+100	0	0	0	12,2	12,15	12,04
ВНВ-50 (П)															
220	350	330	180	5,1	4,4	3,8	+30	+40	+60	0	0	0	12,33	12,24	12,09
300	340	290	150	5,3	3,8	3,5	+10	+20	+50	0	0	0	12,26	12,17	12,14
380	300	280	110	3,4	2,9	2,3	+30	+50	+100	0	0	0	11,28	12,21	12,11
560	380	320	120	4,7	4,2	2,9	+40	+60	+120	0	0	0	12,24	12,21	12,19

Таблица 2

Вид вяжущего	Расход вяжущего, кг/м ³	Соотношение вода/вяжущее	R _{сж} ^{28д.т.}	Глубина карбонизации, мм	Эффективный коэффициент диффузии, Δ10 ⁻⁴ , см ² /с	Период нейтрализации защитного слоя, годы	
						20 мм	30 мм
ЦЕМ I 42,5 Н	220	0,95	18,3	4,5	1,25	54	>100
	300	0,7	29,5	3,2	0,53	98	>100
	380	0,55	42,6	1,3	0,18	>100	>100
	460	0,45	55,7	0,5	0,03	>100	>100
ТМЦ-50 (КВП)	220	0,9	16,1	26,5	21,5	4	9
	300	0,65	24,7	12,8	6,8	8	19
	380	0,5	32,3	6,6	2,3	25	56
	460	0,42	42,9	3,8	0,9	76	>100
ВНВ-50 (КВП)	220	0,75	26,3	7,8	1,85	18	21
	300	0,55	39,5	4,8	0,95	47	>100
	380	0,45	53,7	1,7	0,15	>100	>100
	460	0,36	71,7	0,9	0,05	>100	>100
ТМЦ-50 (П)	220	0,92	13,4	28,4	24,55	1	3
	300	0,67	23,5	15,3	9,75	4	10
	380	0,53	30,1	10,4	5,7	10	23
	460	0,43	39,8	5,9	2,25	31	71
ВНВ-50 (КВП)	220	0,8	21,9	10,1	3,15	11	24
	300	0,6	33,8	6,2	1,6	28	64
	380	0,45	42,6	3,1	0,5	>100	>100
	460	0,4	56,4	1,5	0,15	>100	>100

Можно предположить, что для оценки защитного действия бетона на композиционном вяжущем по отношению к арматуре важно определение минимально допустимого содержания клинкерной составляющей из условия обеспечения первичной пассивации и длительной сохранности стальной арматуры.

Критериями оценки коррозионного состояния стали в бетоне является щелочность жидкой фазы бетона, характеризующая значением pH не ниже 11,8 [7] и обеспечивающая первичную пассивацию стальной арматуры, а также параметры проницаемости бетонов, т. е. их способность сохранять первичную пассивацию на полный срок эксплуатации, характеризующая, в частности, коэффициентом диффузии углекислого газа в бетоне.

С целью определения параметров коррозионного состояния стальной арматуры в бетоне на композиционном вяжущем (КВ) были проведены коррозионные испытания на составах бетона классов В10–В40 с различными видами КВ и различным расходом клинкерной составляющей. В качестве вяжущих были рассмотрены тонкомолотые многокомпонентные цементы (ТМЦ) и вяжущие низкой водопотребности (ВНВ) с использованием отсевов дробления кварцитопесчаника (ТМЦ-50 (КВП), ВНВ-50 (КВП)) и кварцевого песка (ТМЦ-50 (П), ВНВ-50 (П)), а также портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н Белгородского цементного завода (контрольный состав). В качестве суперпластификатора для изготовления ВНВ использовали Полипласт СП-1 в количестве 0,7% массы цемента.

Образцы через 1 сут после формирования распалубливали и далее хранили в камере нормального твердения до момента испытаний. Оценку состояния стальной арматуры в бетоне проводили в соответствии с ГОСТ 31383–2008 путем ускоренных электрохимических испытаний, т. е. снятием анодных поляризационных кривых стали в бетоне до и после выдерживания в режиме переменного увлажнения и высушивания.

Для оценки коррозионного состояния стали в бетоне применяли комплекс электрохимических критериев:

стационарный потенциал, анодные поляризационные кривые, кривые спада потенциала после прекращения анодной поляризации, а также площадь коррозионных поражений на стальных стержнях и величина pH исследуемого бетона (табл. 1).

Характер поляризационных кривых и данные таблицы показывают, что сталь в бетоне исследуемых составов вяжущих пассивна во все сроки испытаний, коррозионные поражения арматуры отсутствуют при содержании клинкерной составляющей от 110 до 230 кг/м³, за исключением состава ТМЦ-50 на природном песке с расходом вяжущего 220 кг/м³. Об этом свидетельствуют слабые коррозионные поражения на стержнях арматуры после вскрытия образцов через 6 мес испытаний. Слабое коррозионное поражение арматуры подтверждается величиной pH водной вытяжки из указанного состава, которая снизилась до pH=11,62 (ниже критического значения 11,8).

С целью определения длительности защитного действия бетона на основе композиционного вяжущего по отношению к стали были проведены исследования его диффузионной проницаемости путем определения скорости нейтрализации (карбонизации) углекислым газом при хранении образцов в атмосфере с влажностью 75% и содержанием 10% CO₂ в течение 3 и 7 сут по ускоренной методике, изложенной в ГОСТ 31383–2008.

Эффективный коэффициент диффузии углекислого газа в бетоне D¹, см²/с, рассчитывали по формуле:

$$D^1 = \frac{m_0 \cdot x^2}{2 \cdot c \cdot \tau}, \quad (1)$$

где c – концентрация углекислого газа в камере в относительных величинах; τ – продолжительность испытаний, с.

Глубину карбонизации бетона x₁ при концентрации углекислого газа в воздухе c₁ за время τ₁ рассчитывали по данным результатов испытаний образцов в камере с повышенной концентрацией углекислого газа c: глубина

Таблица 3

Вид вяжущего	Расход вяжущего, кг/м ³	Минимальный расход клинкерной составляющей, кг/м ³	Суперпластификатор мас. %	Период нейтрализации защитного слоя, годы	
				20 мм	30 мм
ЦЕМ I 42,5 Н	220	220	–	54	>100
ТМЦ-50 (КВП)	380	190	–	25	56
ВНВ-50 (КВП)	300	150	0,7	47	>100
ТМЦ-50 (П)	460	230	–	31	71
ВНВ-50(П)	300	150	0,7	28	64

карбонизации бетона x , продолжительность испытаний t . Расчет выполняли по формуле:

$$x_1 = x \sqrt{\frac{c_1 \cdot \tau_1}{c \cdot \tau}} \quad (2)$$

Время карбонизации τ_1 защитного слоя бетона толщиной x_1 при концентрации углекислого газа в воздухе c_1 рассчитывали по формуле:

$$\tau_1 = \frac{x_1^2 \cdot c \cdot \tau}{x^2 \cdot c_1} \quad (3)$$

Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Анализ полученных данных позволяет установить, что увеличение доли клинкерной составляющей в композиционных вяжущих благоприятно отражается на снижении проницаемости бетона.

Таким образом, главенствующим фактором защитных свойств бетона на КВ по отношению к арматуре является вид дисперсной минеральной добавки, наличие суперпластификатора в вяжущем и количество клинкерной составляющей в бетоне (табл. 3).

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- в тяжелом бетоне на композиционном вяжущем, содержащем до 50% техногенных или природных кварцевых песков, обеспечивается защита стальной арматуры при расходе клинкерной составляющей от 190 кг/м³ и более;
- повышение защитных свойств бетона на КВ может быть достигнуто путем введения в вяжущее при помоле суперпластификатора, в этом случае расход клинкерной составляющей может быть снижен до 110 кг/м³;
- на портландцементе (эталон) и КВ с использованием отсева дробления кварцитопесчаника и суперпластификатора при расходе вяжущего 380 кг/м³ (клинкерной составляющей 190 кг/м³) может быть получен бетон пониженной проницаемости.

Работа выполнена в рамках реализации программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012–2016 гг. и гранта Президента Российской Федерации МК-5667.2013.8.

Ключевые слова: кварцитопесчаник, композиционное вяжущее, клинкер, анодные поляризационные кривые, диффузионная проницаемость.

Список литературы

1. Лесовик Р.В. Использование техногенных песков для производства мелкозернистых бетонов // Строительные материалы. 2007. № 9. С. 78.
2. Лесовик Р.В., Жерновский И.В. Выбор кремнеземсодержащего компонента композиционных вяжущих веществ // Строительные материалы. 2008. № 8. С. 78–79.

3. Сулейманова Л.А. и др. Высококачественные бетоны на техногенном сырье для ответственных изделий и конструкций // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2008. № 4. С. 34–37.
4. Лесовик В.С. и др. К проблеме повышения эффективности композиционных вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. № 1. 2009. С. 30–33.
5. Строкова В.В., Жерновский И.В., Фоменко Ю.В. О влиянии размерных параметров полиморфных модификаций кварца на его активность в композиционных вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2007. № 3. С. 48.
6. Бондоренко А.И., Фоменко Ю.В., Жерновский И.В., Строкова В.В. Оценка влияния кварца различного происхождения на свойства ВНВ // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 3. С. 41–44.
7. Москвин В.М., Иванов Ф.М., Алексеев С.Н., Гузев Е.А. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. М.: Стройиздат, 1980. 536 с.



В.И. Корнеев, П.В. Зозуля

СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ

СОСТАВ, СВОЙСТВА

М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2010. 320 с.

Изложены основы современных представлений о сухих строительных смесях и растворах.

Приведены основные определения и классификации сухих смесей. Охарактеризованы составляющие: вяжущие, заполнители, наполнители, функциональные добавки. Показана методика проектирования составов. Описаны основные группы ССС, их состав и свойства. В приложении даны основные применяемые термины и определения, наиболее употребляемые единицы измерения, перечень российских и зарубежных стандартов и др.

Допущено учебно-методическим объединением в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов».

Стоимость одного экземпляра 900 р. без учета доставки

По вопросам приобретения книги обращаться по тел./факсу: (499) 976-22-08, 976-20-36
E-mail: mail@rifsm.ru

А.О. АДАМЦЕВИЧ, инженер (MnSpecter@gmail.com), А.П. ПУСТОВГАР, канд. техн. наук, А.В. ЕРЕМИН, магистр, С.А. ПАШКЕВИЧ, канд. техн. наук, Московский государственный строительный университет

Влияние формиата кальция на гидратацию цемента с учетом фазового состава и температурного режима твердения*

Интенсификация твердения бетона и других цементных систем позволяет увеличить оборачиваемость опалубочных форм и повысить технико-экономические показатели строительства. В связи с этим актуальной задачей является использование методов, позволяющих ускорить процесс гидратации цементного вяжущего путем введения в состав смеси специальных химических добавок. Популярность данного способа заключается в том, что он прост в реализации и не требует использования дорогостоящих технических приспособлений.

На протяжении длительного времени в XX в. самым распространенным ускорителем схватывания и твердения для цементных систем являлся хлорид кальция CaCl_2 [1]. Однако еще в 60-х гг. прошлого столетия было установлено, что хлорид кальция приводит к снижению сульфатостойкости бетона и коррозии арматуры железобетонных конструкций. Поэтому в настоящее время использование хлорида кальция в качестве ускоряющей добавки во многих странах запрещено или значительно ограничено, в том числе в России.

Одной из наиболее популярных бесхлоридных ускоряющих добавок является формиат кальция [2–4]. Сроки схватывания и твердения цемента в присутствии формиата кальция сокращаются в меньшей степени, чем при введении хлорида кальция в той же дозировке [5], но данное химическое соединение не вызывает коррозии арматуры и при этом является относительно недорогим бесхлоридным ускорителем.

Ряд исследователей [2–4] указывают на то, что ускоряющий эффект от использования солей кальция может варьироваться в зависимости от фазового состава цемента [2–5]. Также выявлено некоторое непостоянство действия ускорителей схватывания и твердения на процесс гидратации при различных температурных режимах. В связи с этим можно сделать вывод, что технологический и экономический эффекты от применения формиата кальция недостаточно прогнозируемы. Для расширения научных представлений о механизме действия формиата кальция в качестве ускоряющей добавки в данной работе было изучено влияния формиата кальция на кинетику гидратации образцов портландцемента с разным фазовым составом и в различных температурных режимах твердения.

Гидратация цемента является экзотермическим процессом, т. е. протекает с выделением тепла Q . Известно, что количество тепла, выделяемое в процессе реакции в единицу времени, пропорционально скорости протекания химической реакции $d\alpha/dt$ [6, 7]. Следовательно, определение эффективности действия ускоряющих добавок может быть произведено методом калориметрии.

В данной работе оценка влияния добавки на ускорение гидратации образцов цемента производилась путем анализа графиков теплового потока и сравнения продолжительности индукционного периода гидратации контрольного образца и образца, модифицированного ускорителем, а также путем сравнения интенсивности их тепловыделения во времени на ранних стадиях гидратации.

Исследование производилось на пробах российского цемента ПЦ500 Д0 (производитель ОАО «Вольскцемент») – далее по тексту Цемент 1 и европейского цемента LRM69-C01 Cement 01 LQTS 27 (производитель LaFarge) – далее по тексту Цемент 2.

В таблице приведен фазовый состав образцов, полученный с использованием дифрактометра ARL X'tra. Для качественного фазового анализа использовалась база данных ICDD PDF-2. Анализ проводился по межплоскостным расстояниям (d , Å) в ручном режиме. Количественный бесстандартный рентгенофазовый анализ проводился с использованием программного обеспечения Siroquant Sietronics Pty Ltd по методу Ритвелда [8].

Сравнительный анализ представленных в таблице данных показывает существенные различия в фазовом составе исследуемых образцов цемента. Цемент 1 можно отнести к цементам с высоким содержанием алита, а Цемент 2 – к высокоалюминатным цементам.

Гранулометрический состав образцов цемента, полученный по методу лазерной дифракции с использованием прибора Analysette 22 Compact (Fritsch), представлен на рис. 1.

В качестве исследуемого ускорителя схватывания и твердения цементных систем использовался формиат кальция производителя Perstorp (Германия). Дозировка

Фазовый состав исследуемых образцов цемента, мас. %

Образец цемента	Фазы клинкера				Гипс			CaO	MgO	K ₂ SO ₄	CaCO ₃
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	CaSO ₄ ·2H ₂ O	CaSO ₄ ·0,5H ₂ O	CaSO ₄				
Цемент 1	62 (8)	13,7 (6)	4,6* (4)	14,9 (5)	2 (4)	1,5 (3)	0,4 (1)	0	0,2 (1)	0,2 (1)	0,5 (1)
Цемент 2	54,1 (7)	19,9 (6)	9,5** (5)	11,3 (5)	1,3 (3)	1,3 (3)	0,6 (2)	0,2 (1)	0,6 (1)	1,2 (1)	0

* Ромбическая модификация.

** Кубическая модификация.

* Работа выполнена в соответствии с государственным контрактом № 16.552.11.7064 от 13.07.2012 г.

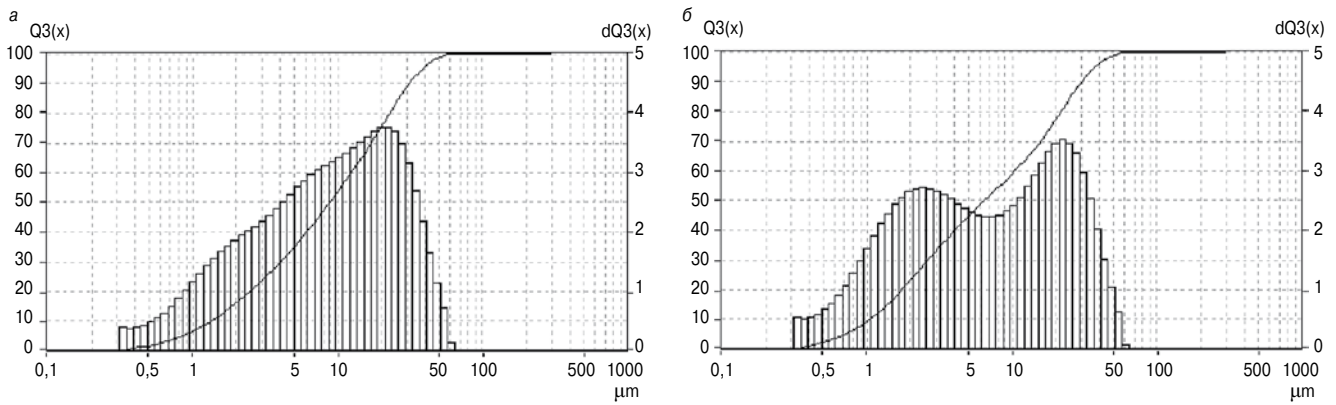


Рис. 1. Распределение частиц по размерам для образцов цемента: а – Цемент 1; б – Цемент 2

добавки во всех экспериментах была принята 2% от массы цемента.

Измерения производились с учетом ГОСТ 310.5–88 в восьмиканальном изотермическом калориметре TAM AIR на образцах цементной пасты с В/Ц=0,5 в следующих температурных режимах: 6, 10, 20, 30, 40 и 50°C. Для замешивания образцов использовалась дистиллированная вода по ГОСТ 6709–72.

На рис. 2 представлены графики теплового потока, полученные для исследуемых образцов в различных температурных режимах твердения.

Анализ полученных графиков теплового потока показывает, что ускоряющий эффект от введения в состав цементной пасты формиата кальция достигается в основном за счет сокращения индукционного периода гидратации модифицированных образцов по сравнению с контрольными образцами, твердевшими в тех же температурных режимах. При этом установлено, что значительного увеличения интенсивности теплового потока на пике гидратации модифицированных образцов не происходит.

Ускоряющий эффект от формиата кальция сильнее проявляется для Цемента 2: сокращение индукционного периода после введения добавки в пасту на основе данного цемента ожидаемо увеличивается при понижении температуры выдерживания, однако этот эффект сохраняется и при повышенной температуре твердения, вплоть до 50°C. Использование добавки совместно с российским цементом ПЦ500 Д0 приводит к заметному ускорению протекания экзотермической реакции лишь в случае выдерживания образцов при температуре ниже 20°C. Для температурных режимов 20 и 30°C наблюдается незначительное сокращение индукционного периода, а при температуре 40 и 50°C ускоряющего эффекта от введения добавки не наблюдается.

Также на графиках теплового потока образцов с ускорителем, полученных для проб цемента обоих производителей, заметен экзотермический пик в районе 2,5 ч, который особенно четко проявляется в температурных режимах твердения ниже 20°C. Интенсивность и форма данного пика различна для разных цементов, что также свидетельствует о неоднородности влияния формиата кальция на процесс гидратации и подтверждает предположение о зависимости активности формиата кальция от фазового состава цемента.

В ряде литературных источников [5, 9, 10] выдвинуты предположения,

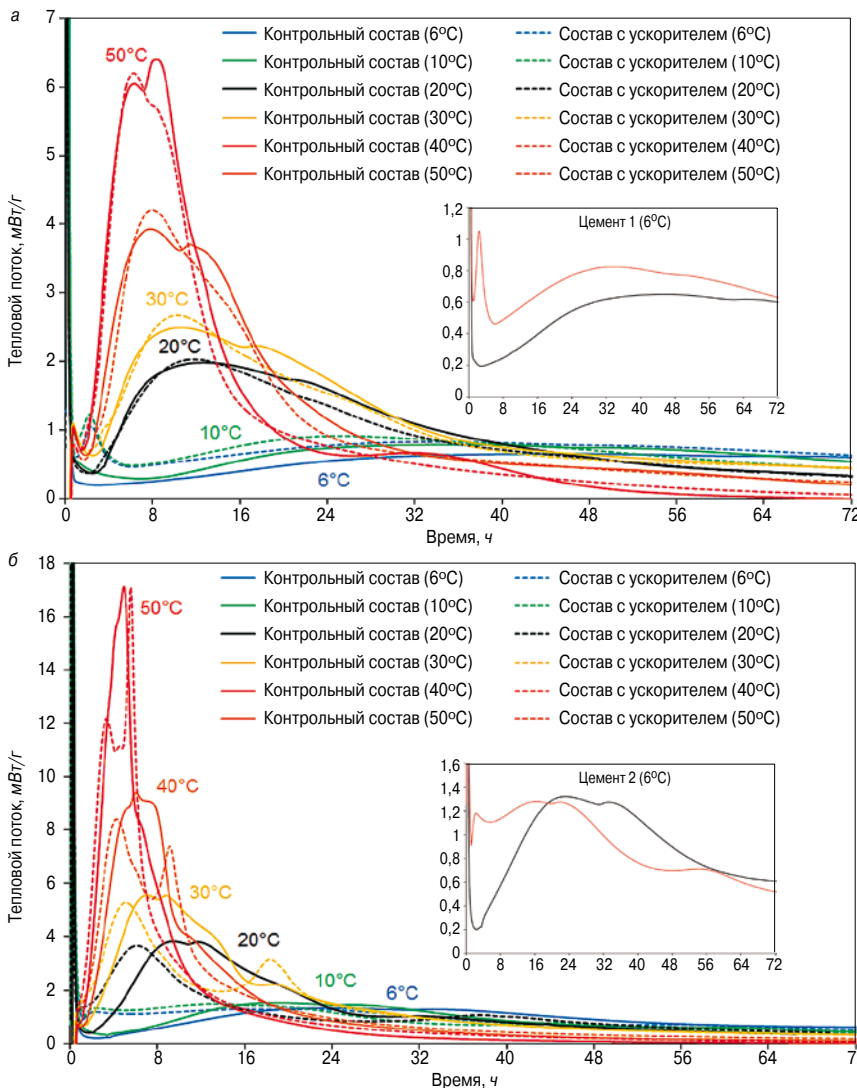


Рис. 2. Сводные графики теплового потока при гидратации исследуемых образцов: а – Цемент 1; б – Цемент 2

что ускоряющий эффект от введения формиата кальция может зависеть от содержания алюминатной фазы в составе цементного клинкера, что согласуется с результатами рентгенофазового анализа, полученными для используемых в данной работе образцов цемента (таблица). Однако прямая зависимость активности формиата кальция от содержания в цементном клинкере алюминатной фазы не формулируется, также в упомянутых работах отсутствуют данные о влиянии типов полиморфных модификаций фаз клинкера на эффективность подобных ускоряющих добавок. В связи с этим для дополнительной верификации полученных данных в рамках следующего этапа научной работы планируется проведение исследований, нацеленных на установление корреляции фазового состава цемента и активности влияния формиата кальция на гидратацию.

Полученные в ходе данной работы экспериментальные данные о влиянии формиата кальция на экзотермический процесс гидратации цементов с различным фазовым составом в широком температурном диапазоне могут быть использованы в дальнейшем при разработке и обосновании технологических решений управления процессами структурообразования и твердения цементных систем с целью повышения уровня химизации бетонов и других строительных смесей на основе цементного вяжущего при одновременном снижении энергоёмкости строительного производства и повышения его экономической эффективности.

Ключевые слова: ускорение схватывания и твердения, формиат кальция, гидратация, портландцемент, фазовый состав.

Список литературы

1. *Баженов Ю.М.* Технология бетона. М.: Изд-во АСВ, 2007. 528 с.
2. *Брыков А.С.* Ускорители схватывания и твердения в составе сухих строительных смесей // Бетоны и сухие смеси. 2008. № 6/Б. С. 35–36.
3. *Justnes H., Nygaard E.* Technical calcium nitrate as set accelerator for cement at low temperatures // Cem. Concr. Res. 1995. V. 25. N. 8. Pp. 1766–1774.
4. Effects of calcium nitrate and triisopropanolamine on the setting and strength evolution of Portland cement pastes/ N. Chikh, M. Cheikh-Zouaoui, S. Aggoun, R. Duval // Materials and structures. 2008. V. 41. P. 31–36.
5. *Рамачандран В.С. и др.* Добавки в бетон 1984 by Noyes Publications. М.: Стройиздат, 1988. С. 571.
6. *Мчедлов-Петросян О.П., Ушеров-Маршак А.В., Урженко А.М.* Тепловыделение при твердении вяжущих веществ и бетонов. М.: Стройиздат, 1984. 225 с.
7. *Ушеров-Маршак А.В.* Калориметрия цементов и бетонов. Харьков: Колорит, 2002. 184 с.
8. *Saout G., Kocaba V., Scrivener K.* Application of the Rietveld method to the analysis of anhydrous cement// Cem. Concr. Res. 2011. V. 41. N. 8. P. 133–148.
9. *Hattori K., Iwai S., Okuyama T., Nakagawa Y., Maeda T. and Kawakatsu Y.* Increasing Flexural Strength of Cement Compositions, U.S. 4, 194, 919, Mar 25 1980; Chem. Abstr., 93 100485 (1980).
10. *Cheung J., Jeknavorian, Roberts L., Silva D.* Impact of admixtures on the hydration kinetics of Portland cement// Cem. Concr. Res. 2011. V. 41. N. 8. P. 1289–1309.



А.В. Ушеров-Маршак

Мои бетонные университеты. Записки технолога.

Харьков: «Форт», 2013. 144 с.

В России книгу можно приобрести в издательстве РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ».

Цена 400 р. без учета доставки.

Заявки направляйте по эл. адресу mail@rifsm.ru

или оформляйте на сайте www.rifsm.ru

Автор хорошо известен всем, кто занимается бетоном и бетоном в странах СНГ и дальнего зарубежья.

«Бетонные университеты» – это этапы долгой и плодотворной жизни и деятельности. Повсюду, даже на производстве, можно проследить элементы учебы – лекции, лабораторные, практические занятия, зачеты и экзамены, дипломы разных уровней и значимости.

Фамилия Ушеров-Маршак открывает сотни статей, докладов, книг и словарей на разных языках. Во многих источниках эта фамилия стоит рядом с другой, еще более известной фамилией – Мчедлов-Петросян. В этом тандеме Харьковской научной школы автор книги, хорошо усвоив физико-химическую направленность работ Учителя, нашел свою нелегкую дорогу длиною в целую жизнь. Девизом деятельности ученого служит принцип великого Менделеева – «наука начинается там, где начинают измерять».

В качестве инструмента для добычи знаний и информации А.В. Ушеров-Маршак выбрал калориметрию – совокупность методов измерения тепловых эффектов, сопровождающих реакции гидратации вяжущих и процессы твердения бетона. Разработки адаптированы к решению сложных задач технологии вяжущих и бетонов. Работы Александра Владимировича базируются на методологическом принципе единства знаний и действий, дополняющего известный афоризм – теория без практики мертва.

Развиты два направления – термокинетика твердения и термoporометрия цементного камня. Если калориметрия основной исследовательский метод, то добавки в бетон и цемент – главный объект его приложения. Ситуация в технологии современного наукоёмкого бетона подтверждает правильность выбранного направления.

В «Записках технолога» много примеров решения задач бетоноведения, технологий железобетонных изделий и товарного бетона с применением калориметрии и температурно-временного мониторинга твердения.

Один из разделов назван «Факультативом». Здесь автор обращается к языку бетона – лексикону, практически неразвитой области бетоноведения.

«Записки технолога» – первая попытка мемуарной литературы в нашей предметной области. Возможно, поэтому не во всем удалась попытка соединить «коня и трепетную лань», популярно осветить специфические разноплановые аспекты научного и практического плана. Но простим автору эти недочеты. Ведь бетоноведение – наука на стыке наук, познанию которой в «бетонных» университетах посвятил свою жизнь Александр Владимирович Ушеров-Маршак.

Профессор кафедры «Строительные материалы и технологии» Московского государственного университета (МИИТ), д-р техн. наук В.И. Кондращенко

Г.Р. БУТКЕВИЧ, канд. техн. наук, ВНИПИИстромсырье (Москва)

Проблемы вовлечения отходов горнодобывающего производства в хозяйственную деятельность

Проблема отходов является одной из главных проблем, возникших перед человечеством в последние десятилетия. Эта проблема многогранна. Одна из ее составляющих – возрастающие темпы накопления отходов горного производства и перспективы их утилизации.

Развитие цивилизации связано с увеличением потребления различных ресурсов. Наибольший объем потребляемых ресурсов – это минеральное сырье, которое является невозобновляемым. Горнодобывающая отрасль промышленности не относится к безотходным производствам. В этом секторе промышленности наблюдается стойкая тенденция: рост объема отходов превышает темп роста объемов производства минеральной продукции. Вследствие чего нагрузка на окружающую среду постоянно возрастает. Другой негативной тенденцией является ухудшение горно-геологических условий вовлекаемых в эксплуатацию месторождений.

В России рост объема добычи полезных ископаемых превышает темп возобновления ресурсной базы. По мнению ведущих геологов, в перспективе 10–15 лет может возникнуть дефицит полезных ископаемых. Складывающаяся в мире ситуация с нехваткой ресурсов проявляется во внешней политике стран – борьбе за владение ресурсами различными методами, включая военные. В этом нетрудно убедиться, если обратиться к событиям последних десятилетий. Такое положение заставляет по-иному относиться к полноте выемки запасов, вовлечению в хозяйственную деятельность отходов различных производств. Оценивая перспективы вовлечения вторичных минеральных ресурсов, необходимо учитывать такой отрицательный фактор, унаследованный от советского периода, отличающий отечественную промышленность от экономики развитых стран, как ее высокая ресурсоемкость, которая сохраняется из-за неоправданной медлительности внедрения инновационных технологий.

Существенным резервом расширения сырьевой базы являются отходы различных производств, в первую очередь горных предприятий. Это отходы переработки минерального сырья, вскрышные и вмещающие породы, а также металлургические шлаки и некоторые другие виды вторичного сырья, которые концентрируются в отвалах и хвостохранилищах.

Стремление изменить ситуацию благодаря вовлечению в хозяйственный оборот вторичного, техногенного сырья наблюдается повсеместно, но с разной результативностью. Академик РАН Ю.Н. Малышев отмечает [1], что в США и странах Западной Европы горно-промышленные отходы используются на 85–90%, чему способствует дефицит и высокая стоимость земель, система санкций за загрязнение окружающей среды, отлаженный контроль за использованием земель и недр с

применением космических средств наблюдения, а также система поощрительных платежей. Для России этот показатель большинством специалистов оценивается в пределах 20–25%. Одна из основных причин отставания – многочисленные противоречия в горном законодательстве. Кроме того, отсутствует мотивация использования вторичного сырья, которая может быть создана экономическими стимулами, различными преференциями. Среди недостатков законодательства о недропользовании имеются парадоксальные. Например, до сих пор не сформулировано юридически значимое понятие «техногенное месторождение», вследствие чего возникают противоречия в налогообложении, праве собственности, оплате аренды земли и др.

Основное внимание пока сосредоточено на возможности получения металлов при переработке старых отвалов. Крупнейшим потребителем минеральных ресурсов как в мире, так и в нашей стране является промышленность строительных материалов (СМ). Сырьем для производства СМ (нерудных строительных материалов, цемента, керамических и других изделий) служат многочисленные виды горных пород, включая общераспространенные полезные ископаемые, которые в ряде стран называют индустриальным сырьем. К началу века в мире из индустриального сырья выпускалось 20 млрд т продукции, что составляло примерно половину объема всех остальных добытых в тот период твердых полезных ископаемых. Следует добавить, что в этом объеме не учитываются потери добытого полезного ископаемого на всех передельях, включая переработку. То есть реальная доля добытого индустриального сырья еще выше. В 2005 г., по данным «Фридония Груп Инкорпорейшн» (США), объем производства индустриального сырья достиг уже 27,3 млрд т [2].

По расчетам ВНИПИИстромсырье, доля нерудных строительных материалов в минеральном сырье, используемом для производства СМ, в России составляет более 70%. В США доля нерудных строительных материалов достигает 82%. В зависимости от ситуации в строительном секторе страны, в первую очередь от финансирования федеральных и муниципальных программ, доли различных видов добываемого сырья не остаются постоянными. Объем производства нерудных строительных материалов в мире продолжает расти даже в период кризиса за счет стран Азиатско-Тихоокеанского региона. Следовательно, эта отрасль горного дела должна сохранить лидирующее положение в потреблении отходов различных горных производств на длительную перспективу.

Существуют разные оценки объемов и видов вторичного минерального сырья, которое ежегодно вырабатывается и скопилось в отвалах и шламохранилищах за многие годы. Например, по данным Министерства при-

родных ресурсов РФ, из 4303 млн т отходов 1–5-й групп, образовавшихся в 2011 г. в стране, на долю горнодобывающей промышленности приходится 3819 млн т (88,7%). Академик РАН Ю.Н. Малышев приводит такие данные [1]: «Ежегодно в результате работы горно-промышленных предприятий образуется около 7 млрд т отходов, в том числе 2,5–5 млрд т отходов добычи и обогащения, из которых используется лишь 2 млрд т (28,6%). В отвалах и хранилищах накоплено около 80 млрд т только твердых отходов». ВНИИЭСМом была произведена оценка горно-промышленных отходов на территории СССР, которая показала, что из 10 млрд т вскрышных и попутно извлекаемых горных пород и отходов обогащения 3 млрд м³ пригодны для производства СМ. В отвалы поступало не менее 1 млрд м³ скальных пород, которые пригодны для выпуска строительного щебня [3]. Более подробного исследования данного вопроса в последние годы не выполнялось. Значительный объем отходов образуется в промышленности нерудных строительных материалов. В соответствии с расчетами в данной подотрасли в 2012 г. в отвалы поступило около 260 млн т вскрышных пород и отходов переработки.

Огромные запасы техногенного минерального сырья концентрируются на крупных горных предприятиях черных и цветных металлов. На железорудных ГОКах половина или большая часть отходов поступает в отвалы вскрышных и вмещающих пород; на горных предприятиях цветной металлургии большая часть отходов сосредоточивается в хвостохранилищах. В зависимости от объемов каждого вида накопленного вторичного минерального сырья решается вопрос об организации его переработки и производительности перерабатывающего комплекса. Если отходы служат потенциальным сырьем для производства СМ, стоимость которых сравнительно невысока, значительное увеличение цены продукции у потребителя происходит из-за издержек на доставку. Транспортная составляющая для нерудных строительных материалов увеличивает их стоимость до трех и более раз. По этой причине, несмотря на наличие значительных запасов потенциального сырья на ГОКах, производственная мощность перерабатывающих комплексов ограничивается рациональным радиусом перевозки. В России монополист РАО РЖД постоянно повышает тарифы. Из-за этого допустимый по экономическим показателям радиус перевозки железнодорожным транспортом сокращается. В результате щебень, произведенный на отечественных предприятиях из прочных изверженных пород, оказывается неконкурентоспособным по сравнению с импортируемым из Украины, где применяется разумная тарифная политика. Более того, рост тарифов на железнодорожные перевозки привел к противостественной ситуации, когда автоперевозки на расстояние до 100 км оказались выгоднее железнодорожных. Хотя в большинстве стран мира приемлемым расстоянием перевозки нерудных строительных материалов самосвалами считается 60 км.

Среди отходов горной отрасли нужно выделить особую группу, свойственную промышленности нерудных строительных материалов (НСМ) — отсеvy дробления. При достигнутых в настоящее время объемах НСМ объем вырабатываемых отсеvов дробления составляет около 80–90 млн т в год (оценка). Находят потребителя как переработанные отсеvy, обычно оцениваемые как дробленый песок, так и материалы из отсеvов дробления. Но, по мнению экспертов, реализуется таких материалов не более 20–30%. Следовательно, до 60 млн т отсеvов поступает в отвалы ежегодно и эти вторичные ресурсы быстро теряют свои полезные свойства. В развитых странах отсеvy дробления реализуются в полном

объеме. В нашей стране при существующих тарифах на железнодорожные перевозки радиус перевозки отсеvов, при котором их стоимость удваивается, мал. Чтобы уменьшить объем отсеvов, благодаря этому снизив нагрузку на окружающую среду, и обеспечить строительный комплекс дешевым строительным материалом по потребности, целесообразно изменить тариф на перевозку группы материалов «материалы из отсеvов дробления». Для чего требуется решение на уровне правительства. Добиться принятия такого решения, учитывая имеющийся опыт работы с монополистом, весьма затруднительно.

Одна из важнейших задач при создании техногенных месторождений — сохранение объема техногенного образования и свойств вторичного сырья. Под воздействием процессов выветривания в отделенных от массива фрагментах горных пород происходят физические и химические изменения. В результате ухудшаются потребительские свойства потенциального сырья. С течением времени оно может полностью обесцениться, а прилегающая территория — оказаться безвозвратно загрязненной. В этом случае дорогостоящее мероприятие по созданию техногенного месторождения теряет смысл. По данным главного геолога ООО «ГРК «Монолит» С.Г. Селезнева, прочность щебня из изверженных вскрышных пород Оленегорского железорудного месторождения после 15–20 лет хранения по показателю дробимости снижается в два раза. Специальные исследования протекания процессов деградации техногенных образований не выполнялись. Поэтому вопрос целесообразности рекультивации техногенных образований из различных минеральных составляющих, определения рациональных параметров рукотворного месторождения не имеет даже исходных положений для развертывания дискуссии.

Переработка отходов с целью получения прибыли представляется привлекательной. Однако освоение техногенного месторождения имеет особенности. Для принятия инвестором решения о целесообразности организации производства продукции из отходов требуются убедительные и достоверные данные. Часть информации касается сведений о распределении в толще потенциального источника сырья полезных компонентов, потому что большинство техногенных образований формировалось стихийно. Сведения об их составе ненадежны или вообще отсутствуют. Поэтому необходимо предварительно выполнить геологоразведочные работы. Вторая составляющая, если решение принимается не о рудах и драгоценных металлах, — потребность в конкретной продукции на ближайшую и отдаленную перспективы. Доступная информация о потребности в СМ как в масштабах страны, так и региона, то есть о наличии обеспеченных финансированием федеральных и муниципальных программ, пока отсутствует. Кроме того, следует учитывать, что техногенное сырье может обладать свойствами, отличающимися от природного, и, следовательно, потребует поиска нетрадиционных технологий. Пока же в Российском федеральном геологическом фонде имеется 35 тыс. паспортов месторождений полезных ископаемых и лишь 60 паспортов по техногенным отходам [4].

Геологи рассматривают техногенные месторождения как отдельный генетический тип. Идея формирования техногенных месторождений с заданными параметрами, обеспечивающими вовлечение их в эксплуатацию с минимальными издержками, технически осуществимая, давно занимает специалистов. Об этом свидетельствуют материалы патентного фонда. Но создание такого образования вместо традиционного отвала требует дополнительных издержек, система компенсации которых пока отсутствует. Таким образом, что-

бы эксплуатацию техногенных месторождений представить как самостоятельную отрасль горного дела, необходимо создать условия, обеспечивающие:

- планомерное формирование техногенных месторождений с заданными параметрами при обязательном включении таких образований в баланс;
- привлекательность не только вовлечения в эксплуатацию техногенных образований, но и потребления продукции, производимой из вторичного сырья.

Эту идею должны поддержать экологи, поскольку при беспорядочном размещении отходов происходит деградация территорий, нарушается гидрологический режим, загрязняется атмосфера и подземные горизонты, изменяется ландшафт. Техногенные образования отрицательно влияют не только на растительный и животный мир, но и на среду обитания людей.

Долгожданное вступление России в ВТО накладывает дополнительные обязательства по сокращению и утилизации отходов, что потребует соблюдения норм, принятых этой международной организацией, и следовательно, гармонизации многих нормативных документов и принятия новых законодательных актов. При этом следует принимать во внимание, что нормативы по охране природной среды будут постоянно ужесточаться.

Факторы, способствующие вовлечению отходов в хозяйственный оборот:

1. Устранение недостатков в законодательстве о недропользовании и принятие Горного кодекса.
2. Создание стимулов к формированию и освоению техногенных образований, а также к использованию продукции, вырабатываемой из отходов. Например, установление налоговых льгот.

3. Составление кадастра техногенных месторождений, в котором должны содержаться сведения о вторичном сырье, достаточные для принятия решения о его освоении.
4. Выполнение НИОКР по созданию принципиально новых технологий и оборудования для переработки вторичного минерального сырья, обладающего нетипичными свойствами.

В статье использованы материалы конференции «Проблемы рационального использования отходов горнодобывающего производства», проведенной 25–26 апреля 2013 г. в Москве компанией Maxconference.

Ключевые слова: техногенные отходы, вторичные минеральные ресурсы, отвал, шламохранилище, нерудные строительные материалы, Горный кодекс.

Список литературы

1. *Мальшев Ю.Н.* Развитие горно-промышленного комплекса в условиях обострения конкуренции на мировых рынках минеральных ресурсов // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2013. № 1.
2. Pit&Quarry. 2012. March, p. 8.
3. *Азовцев С.Н. и др.* Комплексность освоения ресурсов горнодобывающей промышленности // Горный журнал. 1991. № 3.
4. *Мальшев Ю.Н. и др.* Принципы создания инфраструктуры пространственных данных по техногенным отходам горно-промышленных производств // Горная промышленность. 2013. № 1.



ФОРУМ ХХIII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

УРАЛСТРОЙИНДУСТРИЯ

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ

МАЛОЭТАЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

24–27 сентября **УФА–2013**

 **БАШКИРСКАЯ ВЫСТАВОЧНАЯ КОМПАНИЯ** тел.: (347) 253 14 33, 253 38 00, 241 74 19 e-mail: stroy@bvkepo.ru, www.bvkepo.ru www.stroybvk.ru

СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО СКБ СТРОЙПРИБОР

ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ



тел/факс в Челябинске: (351) 790-16-13, 790-16-85, 796-64-14
в Москве: (495) 964-95-63, 220-38-58
e-mail: stroypribor@chel.surnet.ru
www.stroypribor.ru

Реклама

ИЗМЕРИТЕЛИ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА, КИРПИЧА

ИПС-МГ4.01 / ИПС-МГ4.03
ударно-импульсный

автоматическая обработка
измерений



диапазон 3...100 МПа

УКС-МГ4 / УКС-МГ4 С
ультразвуковой

поверхностное и сквозное
прозвучивание



частота 60...70 кГц
диапазон 10...2000 мкс

**ПОС-50МГ4 / ПОС-50МГ4 Д /
ПОС-50МГ4 "Скол"**

отрыв со скалыванием
и скалывание ребра

предельное
усилие 60 кН
диапазон 5...100 МПа



ПОС-2МГ4 П

испытание прочности
ячеистых бетонов



предельное
усилие вырыва 2,5 кН

**ПЛОТНОМЕРЫ ГРУНТОВ
ДИНАМИЧЕСКИЕ**

ПДУ-МГ4 "Удар"

и **ПДУ-МГ4 "Импульс"**

определение динамического
модуля упругости грунтов
и оснований дорог
методом штампа,
диапазон: 5...370 МН/м² ("Удар")
5...300 МН/м² ("Импульс")



**Прессы испытательные
малогабаритные**

**ПГМ-100МГ4 / ПГМ-500МГ4
/ ПГМ-1000МГ4**

с гидравлическим приводом
для испытания бетона,
асфальтобетона, кирпича
■ предельная нагрузка
100 / 500 / 1000 кН
■ масса 70 / 120 / 180 кг



**ПМ-1МГ4 / ПМ-2МГ4 / ПМ-3МГ4
/ ПМ-5МГ4 / ПМ-10МГ4**

с ручным / электрическим приводом
для испытания утеплителей на изгиб
и сжатие при 10% линейной деформации
■ предельная нагрузка 1 / 2 / 3 / 5 / 10 кН
■ масса 20 / 25 кг

ПСО-10МГ4 КЛ

испытание прочности
сцепления в каменной
кладке

предельное усилие
отрыва 15 кН



АДГЕЗИМЕТРЫ

ПСО-МГ4

испытание прочности
сцепления покрытия
с основанием

предельная нагрузка
1 / 2,5 / 5 / 10 кН



**ИЗМЕРИТЕЛИ
ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ**

ИТП-МГ4 "100" / "250" / "Зонд"

стационарный
и зондовый режимы



диапазон 0,02...1,5 Вт/м·К

АНЕМОМЕТРЫ, ГИГРОМЕТРЫ

ИСП-МГ4 / ИСП-МГ4.01
анемометр-термометр

диапазон 0,1...20 (1...30) м/с
-30...+100 °С



ТГЦ-МГ4 / ТГЦ-МГ4.01
термогигрометр

диапазон 0...99,9 % / -30...+85 °С



**ИЗМЕРИТЕЛИ ПЛОТНОСТИ
ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ**

ИТП-МГ4.03 "Поток"

3...5, 10 и 100-канальные
регистраторы

диапазон 10...999 Вт/м²
-40...+70 °С



ИЗМЕРИТЕЛИ ВЛАЖНОСТИ

ВЛАГОМЕР-МГ4

для измерения влажности
бетона,
сыпучих,
древесины
диапазон 1...45 %



**ИЗМЕРИТЕЛИ ТОЛЩИНЫ
ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА**

ИПА-МГ4

диаметр контролируемой
арматуры 3...40 мм
диапазон измерения
защитного слоя 3...140 мм



ТЕРМОМЕТРЫ

ТМР-МГ4 / ТЦЗ-МГ4 / ТЦЗ-МГ4.01

модульные регистрирующие
для зимнего бетонирования
и пропарочных камер
(до 20 модулей в комплекте)
зондовые / контактные
1...2-канальные
диапазон -40...+100 / 250 °С



**ИЗМЕРИТЕЛИ СИЛЫ НАТЯЖЕНИЯ
АРМАТУРЫ**

ДО-40 / 60 / 80МГ4

метод поперечной оттяжки

диапазон контролируемых
усилий 2...120 кН

диаметр
арматуры 3...12 мм



**ИЗМЕРИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЙ
В АРМАТУРЕ**

ЭИН-МГ4

частотный метод

диаметр
арматуры 3...32 мм

диапазон 100...1800 МПа



ПРОИЗВОДИМ: ИЗМЕРИТЕЛИ ВИБРАЦИИ, МОРОЗОСТОЙКОСТИ, ТОЛЩИНОМЕРЫ, ГИДРОСТАТИЧЕСКИЕ ВЕСЫ И ДР.

А.Г. ШАПАРЬ, д-р техн. наук, член-корр. НАН Украины, директор, Институт проблем природопользования и экологии НАН Украины;
А.Ю. ВИЛКУЛ, председатель Днепропетровской областной государственной администрации, руководитель работ по отработке техногенных месторождений Кривбасса;
Л.В. ЯКУБЕНКО, Н.А. ЕМЕЦ, кандидаты техн. наук, Институт проблем природопользования и экологии НАН Украины (Днепропетровск)

Некоторые аспекты производства строительных материалов в процессе освоения техногенных месторождений Кривбасса

Кривбасс является крупнейшей железорудной базой Украины. В процессе разработки железорудных месторождений горно-обогатительными комбинатами (ГОК) Кривбасса ежегодно извлекается из недр и складировается в отвалы около 90 млн м³ вскрышных пород, а в процессе обогащения добытой руды образуется 30–35 млн м³ отходов обогащения. За многие десятилетия работы Криворожских ГОКов во внешних отвалах заскладировано более 2,5 млрд м³ вскрышных пород и сброшено в хвостохранилища более 1,67 млрд м³ хвостов обогащения. К настоящему времени большинство этих техногенных образований обрели статус техногенных месторождений и являются легкодоступным источником минерального сырья.

Как показывают многочисленные исследования, минеральное сырье техногенных месторождений пригодно не только для доизвлечения полезных компонентов, но и для получения строительных материалов. Например, технические указания по применению в строительстве щебня из некондиционных кварцитов Кривбасса рекомендуют применять такой щебень для приготовления армированного и неармированного бетонов, устройства балластного слоя внутризаводских железнодорожных путей, строительства автомобильных дорог, искусственных оснований под фундаменты и обратных засыпок. Однако на ГОКах Кривбасса сделаны только первые шаги по переработке скальных вскрышных пород в щебень. На ГОКах предусматривается строительство фабрик по производству щебня с годовой производительностью 2,6; 1 и 0,6 млн м³. Использование щебня из извлеченных горных пород позволяет получать на каждом 1 м³ этого строительного материала экономию государственных средств в размере 10–18,5 грн.

Кристаллические сланцы, разрабатываемые карьером ЦГОКа с 3–4 сланцевого горизонта, при высокотемпературном обжиге вспучиваются, образуя пористый наполнитель, на основе которого можно получать теплоизоляционные бетоны с пределом прочности при сжатии 50–500 кг/см² и средней плотностью 1000–1700 кг/м³. Масса железобетонных конструкций снижается до 35%, а расход металла сокращается на 15–20%.

Классифицированные отходы обогащения железной руды размером 0,14–5 мм могут быть использованы в качестве наполнителя для изготовления тяжелого бетона, строительного раствора, плотного ячеистого автоклавного и безавтоклавного силикатного бетона, асфальтобетона, силикатного кирпича. Кроме того, эти отходы могут быть использованы для получения всех

видов автоклавных силикатных материалов: кирпича, блоков, газосиликата. По крупности хвосты обогащения можно отнести к группе мелких песков, средняя плотность которых выше, чем у мелкозернистых природных нерудных материалов. Бетон, в котором песок заменен хвостами обогащения, почти не отличается по свойствам от обычного бетона, кроме средней плотности, которая на 5–8% выше.

На НКГОКе ПАО «Арселор Миталл Кривой Рог» классифицируют отходы магнитного обогащения железистых кварцитов и получают от 450 до 520 тыс. м³ песка в год. Себестоимость производства песка достигает 300 грн/м³. Из приведенных данных видно, что несмотря на высокую экономическую эффективность использования отходов обогащения и вскрышных пород для получения строительных материалов, объем производства их еще очень и очень низкий [1].

Анализ производственной деятельности горно-обогатительных предприятий Кривбасса показывает, что освоение техногенных месторождений в настоящее время сдерживается рядом факторов, к основным из которых следует отнести:

- недостаточную изученность физико-механических свойств горных пород с учетом их влажности;
- отсутствие надежного технологического обеспечения разработки техногенных массивов с различной степенью влажности.

Проведенные исследования [2] показали, что исходя из анализа состояния массива по фактору влажности, особенностей технологии и комплексной механизации освоения техногенных месторождений все технологические схемы по способу разработки при их систематизации можно разделить на три группы, которые условно названы сухими, комбинированными и гидравлическими.

Технологические схемы, предусматривающие сухие способы разработки, систематизируются по применяемому забойному и транспортному оборудованию и включают различные комбинации следующего горно-транспортного оборудования:

- экскаватор, погрузчик и автомобильный транспорт;
- экскаватор непрерывного действия (роторный, цепной) и конвейерный транспорт;
- драглайн, передвижной бункер с питателем и конвейерный транспорт (колесный транспорт);
- колесные скреперы, бульдозеры, погрузчики, кабельные экскаваторы без транспортного оборудования или с колесным транспортом.

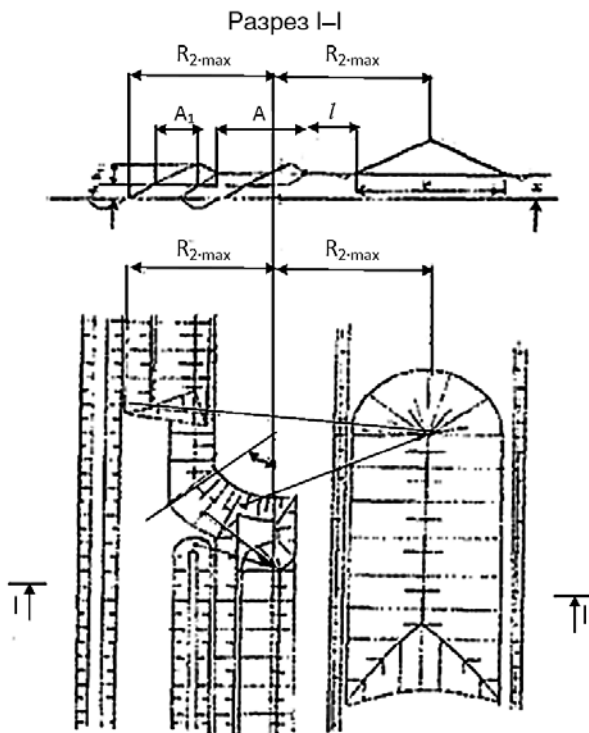


Рис. 1. Технологическая схема разработки шлаохранилища с формированием внутреннего склада предварительного сушения шламов

Технологические схемы, предусматривающие комбинированные способы разработки, включают экскаваторные и гидравлические способы в сочетании с колесным или гидравлическим транспортом.

Технологические схемы, предусматривающие гидравлические способы разработки, систематизируются с учетом метода размыва или разработки массива техногенного месторождения и способа транспортирования: гидравлический, с использованием земснарядов, гидромониторов, землесосов, драг и др.

Технологические схемы, включающие сухие и комбинированные способы разработки техногенных месторождений, могут подразделяться по условиям работы экскавационного оборудования и месту их установки:

- с верхним или нижним черпанием;
- с разбивкой на два и более подступа;
- с управляемым обрушением массива;
- с предварительной предэкскавационной обработкой массива.

Перспективные технологические схемы разработки влажных и мокрых техногенных месторождений представлены на рис. 1 и 2. Отличительная особенность технологической схемы, предназначенной для обработки влажного массива состоит в том, что его верхняя часть, находящаяся в состоянии естественной влажности, обрабатывается экскаватором-драглайном и складывается в штабель досушки; нижняя часть массива с повышенной влажностью пород первоначально (для осушения) складывается на сформированный ранее подступ, породы из которого впоследствии переэкскавируются в штабель досушки. По мере осушения эти шламы разрабатываются погрузочными машинами на автотранспорт.

Для извлечения горной массы из обводненного месторождения разработана технологическая схема его обработки наклонными слоями (рис. 2).

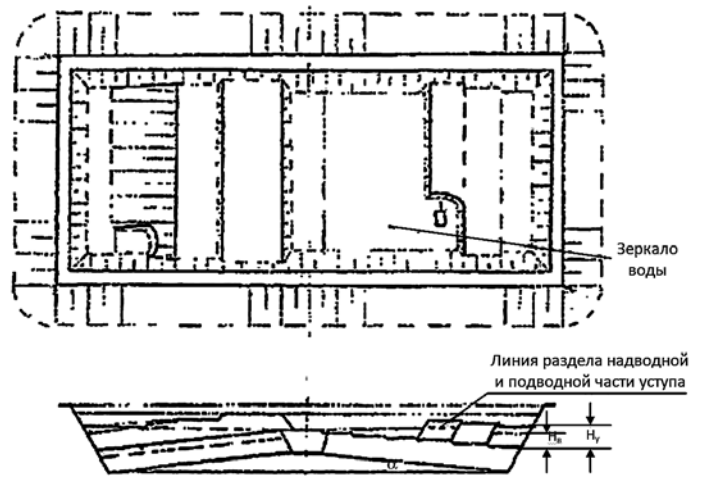


Рис. 2. Технологическая схема обработки техногенных месторождений наклонными слоями

Формирование наклонных слоев для обработки массива осуществляется последовательно. Обработка первого слоя, имеющего треугольную форму в разрезе, осуществляется поперечными заходками с параллельным перемещением фронта работ земснаряда. Закончив обработку первого слоя, земснаряд осуществляет проходку траншеи по борту массива от торца к центру с углом ее заложения, равным α , что обеспечивает перетекание воды в центр массива. После этого по центру массива проводится поперечная горизонтальная траншея.

Обработка наклонных слоев осуществляется поперечными заходками с понижением каждой из них в соответствии с углом заложения слоев при приближении фронта работ к торцу массива. После обработки наклонного слоя земснаряд по борту месторождения проходит траншею с обратным углом наклона α в направлении центра массива и осуществляет строительство горизонтальной поперечной траншеи.

Дальнейший цикл работ по обработке следующих наклонных слоев повторяется. Применение этой технологической схемы обеспечивает снижение потребления воды в пять раз.

На основе проведенных исследований для этих технологических схем установлены взаимосвязи между их конструктивными и технологическими параметрами, а также разработаны методики расчета.

Техногенные месторождения представляют собой новый, широко распространенный и доступный источник минерального сырья, образованный в результате неоправданно масштабной горнодобывающей деятельности прошлых лет. Подобные месторождения требуют детального изучения с привлечением современных аналитических методов, разработки научно обоснованных технологий их освоения, создания механизмов экологического сопровождения их эксплуатации, рекультивации и экологической реабилитации сопредельных территорий.

Список литературы

1. Ефименко В.В. Проблемы переработки горной массы на горно-обогатительных комбинатах Кривбасса // Вісник Криворізького національного університету. 2012. Вип. 30. С. 3–8.
2. Шапарь А.Г., Вилкул А.Ю., Копач П.И., Якубенко Л.В. Формирование и разработка техногенных месторождений железных и марганцевых руд. Днепропетровск: Монолит, 2012. 140 с.

В издательстве «Стройматериалы» вы можете приобрести специальную литературу

Учебное пособие «Химическая технология керамики»

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

Освещены вопросы современного состояния технологии основных видов керамических изделий строительного, хозяйственно-бытового и технического назначения, а также различных видов огнеупоров. Главное внимание уделено основным процессам технологии керамики и ее свойствам. Подробно изложены характеристика различных видов сырья, проблемы подготовки керамических масс различного вида и их формование различными методами, особенности механизмов спекания, а также дополнительные виды обработки керамики: металлизация, глазурирование, декорирование, механическая обработка. Детально описаны свойства керамических изделий – механические, деформационные, теплофизические, электрофизические, в том числе при высоких температурах.

Пособие может быть полезно специалистам, работающим в области технологии керамики и огнеупоров.

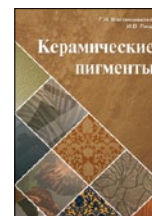


Книга «Керамические пигменты»

Авторы – Масленникова Г.Н., Пищ И.В.

В монографии рассмотрены физико-химические основы синтеза пигментов, в том числе термодинамическое обоснование реакций, теория цветности, современные методы синтеза пигментов и их классификация, методы оценки качества. Приведены сведения по технологии пигментов и красок различных цветов и кристаллических структур. Описаны современные методы декорирования керамическими красками изделий из сортового стекла, фарфора, фаянса и майолики.

Книга предназначена для научных сотрудников, студентов, специализирующихся в области технологии керамики и стекла, а также для инженерно-технических работников, занятых в производстве керамических изделий и красок. Будет полезна для специалистов других отраслей промышленности, где применяются высокотемпературные пигменты.



Книга «Технология производства стеновых цементно-песчаных изделий»

Авторы – Балакшин Ю.З., Терехов В.А.

Описано производство и применение стеновых материалов методом вибропрессования из цементно-песчаных бетонов. Рассмотрена существующая и перспективная номенклатура изделий и их свойства. Даны характеристики сырьевым материалам – песку, щебню, вяжущим и химическим добавкам, и рекомендации по подбору состава бетонной смеси. Подробно представлена технология производства цементно-песчаных вибропрессованных стеновых изделий. Особое внимание уделено технологическому контролю на производстве и техническому контролю и обслуживанию оборудования. Книга предназначена для организации производственно-технического обучения на предприятии, будет полезна инженерно-техническому персоналу и широкому кругу специалистов.



Книга «Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки»

Автор – Ищук М.К.

Обобщен отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки. Показана история проектирования и строительства таких зданий. На конкретных примерах возведенных в конце 1990-х гг. рассмотрены различные дефекты наружных стен с лицевым слоем из кирпичной кладки. Приведены результаты экспериментальных и расчетно-теоретических исследований наружных облегченных стен, инженерные методы расчета различных воздействий на наружные многослойные стены и др.



Книга «Бетонведение: лексикон»

Автор – Ущеров-Маршак А.В.

Издание подготовлено в виде толкового словаря, ориентированного на формирование понятийно-терминологического аппарата бетонведения. Учтены тенденции международной интеграции науки о бетоне и его технологии. Особенность издания состоит в насыщенности информацией физико- и коллоидно-химического характера в связи с возрастающей ролью этих знаний при обосновании составов, структур, свойств, технологических процессов получения и службы бетона.



Монография «Пестроцветные глины Гжельского месторождения»

Авторы – Русович-Югай Н.С., Логинов В.М.

Под редакцией д-ра техн. наук Г.Н. Масленниковой

Монография посвящена изучению глин Гжельского месторождения с целью их использования в производствах тонкой керамики, майолики, народных промыслах, а также в архитектурной и художественной керамике. Представлены результаты геолого-разведочных работ. Показана структура и свойства глин, влияние гранулометрического, химического и минерального составов, структуры и текстуры на пластичность, пористость, огнеупорность. Изложены результаты исследования влияния различных технологических факторов и добавок на поведение различных глин Гжельского месторождения, предложена классификация глин.



Монография «Производство деревянных клееных конструкций»

Автор – Ковальчук Л.М.

В книге рассмотрены основные вопросы технологии изготовления ДКК, показаны области их применения, описаны материалы для их изготовления. Особое внимание уделено вопросам оценки качества, методам испытаний, приемке и сертификации клееных конструкций. В книге приведен полный перечень отечественных и зарубежных нормативных документов, регламентирующих производство и применение ДКК.



Заказать литературу можно через редакцию, направив заявку произвольной формы по факсу: (499) 976-22-08, 976-20-36; e-mail: mail@rifsm.ru, или оформить заявку на сайте www.rifsm.ru

Французский концерн «Сан-Гобен» долго выжидал, теперь вынужден догонять производителей гипсокартона на российском рынке



10 июля 2013 г. в д. Гомзово Павловского р-на Нижегородской обл. состоялось торжественное открытие завода по производству гипсокартона французской компании «Сен-Гобен». Это значимое событие для компании, так как новый завод – первый в России по производству ГКЛ торговой марки Гургос, принадлежащей «Сен-Гобен» и хорошо известной за рубежом.

Международная промышленная группа «Сен-Гобен» (Saint-Gobain) по версии журнала Forbes занимает первое место в мире среди производителей строительных материалов. Наряду с производством листового стекла, стеклотканей, теплоизоляционных материалов, сайдинга и черепицы, абразивных материалов, в гипсовое подразделение компании входят 65 заводов и 75 карьеров более чем в 50 странах мира.

Соглашение о сотрудничестве между Правительством Нижегородской обл. и концерном «Сен-Гобен» было подписано в 2007 г., и в 2008 г. по решению инвестиционного совета при Губернаторе Нижегородской обл. проекты строительства завода и эксплуатации месторождения гипса были признаны приоритетными и включены в областную целевую программу «Модернизация моногорода Павлово Нижегородской области на 2010–2020 годы». Опираясь на публикации в региональных СМИ, можно отметить, что реализация проекта была осложнена конфликтом интересов между компанией «Сен-Гобен», рядом предприятий, производящих сельскохозяйственную продукцию, и местным населением. Это не позволило начать строительство завода в запланированные сроки, в кризисные годы концерн также не стал вкладывать инвестиции, и строительство завода было начато лишь в октябре 2011 г.

Проектная мощность завода составляет 30 млн м² ГКЛ ежегодно.

Суммарные инвестиции в производственный комплекс, включающий карьер по добыче гипса, который еще предстоит достроить и начать эксплуатировать, превышают 3 млрд р. Также инвестору предстоит решить болезненный для России вопрос транспортной инфраструктуры: обеспечить подвоз сырья и вывоз готовой продукции. Ведь единственная, проходящая в относительной близости от завода железнодорожная ветка, соединяющая г. Павлово с Нижним Новгородом, является тупиковой и не электрифицированной, а также единственная «однопутная» автомобильная дорога с асфальтовым покрытием, по которой возможен проезд в Нижний Новгород, находится в традиционно плачевном состоянии, в чем журналисты убедились, следуя на завод к торжественному открытию.

В церемонии открытия завода приняли участие вице-губернатор, первый заместитель Председателя Правительства Нижегородской области В.А. Иванов, заместитель губернатора, заместитель Председателя Правительства Нижегородской области Н.В. Казачкова, до декабря 2012 г. возглавлявшая областное Министерство инвестиционной политики, председатель совета директоров и генеральный директор Международной промышленной группы «Сен-Гобен» П.-А. де Шаландар, генеральный директор компании «Сен-Гобен» в России, на Украине и в странах СНГ Г. де Пире, представитель Посольства Франции в России, руководители торговых и строительных организаций, журналисты региональных и федеральных СМИ.

После символического запуска завода представители администрации и почетные гости оставили добрые пожелания и поздравления на листе гипсокартона, а затем совершили экскурсию по новому заводу.

Завод Гургос в д. Гомзово Нижегородской обл. стартовал не только в условиях поступательного развития строительного рынка после кризиса, но и в период обостряющейся конкуренции на рынке гипсокартона. Ведь в настоящее время один за другим запускаются или находятся в завершающей стадии строительства предприятия по выпуску ГКЛ в Татарстане, Мордовии, Карачаево-Черкессии, Пермском крае. В этих условиях придется приложить много сил и умения, чтобы потеснить ведущих игроков рынка. А планы концерн «Сан-Гобен» обозначил весьма смелые.

Пожелаем коллегам успехов!

Е.И. Юмашева



В Подмосковье запущена новая производственная линия по выпуску ССС

В июле 2013 г. состоялся официальный запуск новой производственной линии № 7 компании «ПК Строймонтаж МС» в г. Коломне. Объем инвестиций составил 550 млн р.

К разработке проекта и его воплощению были приглашены известные немецкие компании. В процессе работы установлено оборудование: автоматизированная система фракционирования песка и подготовки входного сырья (HAVER & BOECKER); современная автоматизированная система подачи и дозирования сырья и химических добавок (AML); смеситель производительностью 2,9 м³/ч (BHS); автоматическая система фасовки готовой продукции (HAVER & BOECKER); автоматическая линия укладки и паллетирования готовой продукции (BEUMER); аспирационное оборудование, включающие 37 фильтров обеспыливания (AML), что позволяет полностью исключить выбросы пыли в атмосферу.

Введение в эксплуатацию линии № 7 позволит увеличить объем производства продукции, в 2,5 раза увеличатся мощности по производству модифицированных смесей. Так, цементно-песчаных смесей будет производиться 150 т/ч, модифицированных смесей – 75 т/ч.

Таким образом, ввод мощной автоматизированной и суперэкологичной линии позволит закрыть старое производство цементно-песчаных смесей с большой долей ручного труда и увеличить объем выпускаемой продукции. В текущем 2013 г. планируется произвести модифицированных смесей 300 тыс. т, цементно-песчаных смесей – 190 тыс. т.

В планах компании дальнейшее расширение производства: строительство автоматизированного завода по выпуску декоративных шпатлевок и штукатурок (2014–2015 гг.); строительство комплекса по подготовке сырья (2014–2015 гг.); строительство логистического центра для хранения и отгрузки готовой продукции (2015 г.).

По материалам пресс-службы компании «ПК Строймонтаж МС»

«Сибирский цемент» подвел производственные итоги за первое полугодие 2013 г.

За шесть месяцев 2013 г. производство цемента на трех заводах компании составило более 1,98 млн т. Это на 12% больше по сравнению с аналогичным показателем прошлого года (1,78 млн т).

«Топкинский цемент» (Кемеровская обл.) с января по июнь 2013 г. выпустил более 1,36 млн т цемента (на 2% выше плана и на 12% больше по сравнению с аналогичным показателем 2012 г.). Производство на «Красноярском цемента» (Красноярск) достигло 427,9 тыс. т, что на 14% превышает объем продукции, выпущенной за первое полугодие 2012 г. «Тимлюйский цементный завод» (Республика Бурятия) выпустил 194,35 тыс. т (+4% к уровню 2012 г.).

На комбинате «Волна» (Красноярск) в январе–июне 2013 г. производство средневолнового шифера составило более 3,9 млн м², что на 60% выше плановых показателей и на 30% выше аналогичного показателя 2012 г. Объем производства плоского шифера – 1,115 млн м² (на 27% больше плана и на 8% больше по сравнению с аналогичным показателем 2012 г.). Также предприятием было выпущено почти 75 тыс. м² цветной кровли «Волнаколор» (прирост по отношению к аналогичному показателю прошлого года – 44%). Производство труб составило 84,4 тыс. шт.

ООО «Сибирский бетон» произвело за первое полугодие 2013 г. 152,1 тыс. м³ товарного бетона и раствора, что на 14% выше фактического показателя первого полугодия 2012 г.

По материалам пресс-службы холдинга «Сибирский цемент»

Минстройархитектуры Беларуси предлагает объединить цементные заводы

Министерство архитектуры и строительства Беларуси предлагает объединить открытые акционерные общества «Белорусский цементный завод», «Кричевцементношифер» и «Красносельскстройматериалы» в национальный экспортноориентированный холдинг. На первом этапе предполагается присоединение к ним предприятий, которые являются основными потребителями цементной продукции. Параллельно будет осуществляться их объединение в единый холдинг. Для этого в том числе необходимо установить единую стоимость цемента. Также в планах объединить отечественных производителей стекла и кера-

мических изделий. Для единой маркетинговой ценовой политики и единого брендинга на зарубежных рынках в стране нужно создать объединения белорусских компаний, выпускающих основные экспортные позиции, – таковыми являются цемент, стекло и керамика. Предположительно в холдинг «Белкерамика» войдут ОАО «Минский завод строительных материалов», «Радошковичский керамический завод», «Керамин» и «Березастройматериалы», а в стекольное объединение «Белстекло» – акционерные общества «Гомельстекло», «Гродненский стеклозавод» и «Стеклозавод «Неман».

По материалам информационного агентства БЕЛТА

ГК «Башкирский кирпич» запускает новую линию по производству керамического кирпича

ООО «Стерлитамакский кирпичный завод» (входит в группу компаний «Башкирский кирпич») запускает вторую технологическую линию производства керамического кирпича, что позволит предприятию суммарно производить около 52 млн шт. в год.

В глиноподготовительном отделении установлено оборудование из Германии и Болгарии; на формовке –

Беларуси, Украины и Болгарии; сушильная камера выполнена по проекту фирмы SABO (Греция); в печи для обжига использованы газовые горелки фирмы Lancelife (Германия); вентиляторы от российского производителя.

Запуск новой линии позволяет ГК «Башкирский кирпич» вдвое увеличить производство керамического полнотелого кирпича (с 60–70 до 140–150 тыс. шт. кирпича в сутки).

По материалам ГК «Башкирский кирпич»

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

Начато строительство нового завода в Самарской области

Строительство завода по производству сухих строительных смесей международной компании SAKRET начато в г. Новокуйбышевске.

Завод станет 65-м предприятием компании SAKRET и первым, который будет построен в России. Проект строительства реализует ООО «Сакрет Руссланд». В этом международном проекте «работают» российский капитал, современное финское оборудование (компания Lahti Precision) и передовые германские технологии. Кроме

того, его курируют представители компании SAKRET из Латвии.

Построить завод планируется через полтора года. Планируемая мощность производства — 7,5 тыс. т строительной химии и 150 тыс. т сухих строительных смесей в год. Инвестиции в проект составят 8 млн евро, налоги в бюджеты всех уровней — 40 млн р. в год. Будут созданы 70 новых рабочих мест. Завод обеспечит дополнительную загрузку мощностей производителей песка и цемента Самарской области.

По материалам информационного агентства «REGNUM-ВолгаИнформ»

ИССЛЕДОВАНИЯ РЫНКОВ

Новые цементные заводы увеличивают долю на российском рынке

В I квартале 2013 г. выпуск цемента в России вырос на 13% по отношению к тому же периоду 2012 г. и составил 11,2 млн т. Рост предложения отечественной продукции обеспечивается преимущественно за счет новых производственных линий. По оценкам аналитиков, заводы, построенные с нуля и вышедшие на проектную мощность всего лишь в 2011–2012 гг., уже сейчас формируют 5–6% рынка. И это без учета линий, запущенных на работающих заводах. В 2013 г. на рынке появляются дополнительные предложения российской продукции: с начала года было налажено производство на двух новых объектах сум-

марной производственной мощностью 5,7 млн т цемента в год. На подходе завершение реализации еще нескольких проектов.

Согласно оценкам, приведенным в исследовании «Российский рынок цемента в 2011–2012 гг. и январе–апреле 2013 г.», рынок цемента в России остается глубоко дефицитным. Несмотря на рост предложения отечественной продукции, многие российские заводы не отвечают современным требованиям с точки зрения экономичности производства. Это является одной из причин высоких цен на цемент в России. Нехватка отечественной продукции с доступным уровнем цен компенсируется за счет импорта, на долю которого в I квартале 2013 г. пришлось более 6% российского потребления.

Кирпичная отрасль: высокий потенциал для инвестирования

За последние пять лет инвестиционная активность на российском рынке керамического кирпича существенно выросла. На период 2008–2012 гг. пришлось 60% ввода мощностей, запущенных за предыдущие полтора десятилетия (начиная с 1998 г.). Особенно значимым наращивание мощностей было в 2009 г., когда завершалась реализация проектов, начатых в докризисный период. В 2011–2012 гг. прирост мощностей замедлился: сказались последствия острой фазы мирового финансового кризиса, когда новые проекты были заморожены.

Несмотря на ввод в эксплуатацию достаточно большого количества новых заводов по выпуску керамического кирпича, уровень обновления мощностей остается невы-

соким. По оценкам аналитического агентства, за 15 лет производственные мощности обновились не более чем на 30%, ежегодный прирост мощностей не превышает 3–4% от имеющегося фонда.

Как отмечается в исследовании «Российский рынок керамического кирпича в 2011–2012 гг., прогнозы до 2022 г.», потенциал для инвестирования в кирпичную отрасль остается весьма значительным. Многие производители работают на грани производственных возможностей, большое количество заводов устарело и морально, и физически. Требуется замена мощностей, запуск новых заводов с широкой номенклатурой продукции, выпускающих более современные виды кирпича, в том числе поризованного. Поэтому, несмотря на высокий уровень конкуренции на рынке керамического кирпича, в ближайшие годы прогнозируется рост инвестиционной активности.

Рынок ДСП в России

Согласно исследованию «Рынок древесно-стружечных плит в России 2009–2012 и прогноз развития до 2016 г.» в 2012 г. наибольшую долю в производстве занимали ДСП периодического прессования — около 50% от общего объема производства. Второе место в структуре выпуска древесных плит принадлежало более современным ДСП непрерывного прессования (36,4%). Третье место у ДСП периодического прессования с отделанной и облицованной поверхностью.

По прогнозу экспертов, объем рынка древесно-стружечных плит в 2013–2016 гг., как в натуральном, так и в стоимостном выражении будет расти. Развитию рынка будут способствовать следующие факторы: богатые запасы

лесных ресурсов (на долю России приходится 25% мировых запасов леса); вступление во Всемирную торговую организацию (возможность экспортировать и импортировать ДСП на более выгодных условиях); открытие в 2013–2015 гг. новых мощностей по производству ДСП и OSB; постоянное совершенствование технологии производства ДСП, позволяющее с кубического метра древесины производить больше продукции, а объем отходов снижать. При сложении всех этих факторов у России есть возможность выйти на ведущие места по производству ДСП в мире.

По материалам «РБК. Исследования рынков»

Как подготовить к публикации научно-техническую статью



Журнальная научно-техническая статья – это сочинение небольшого размера (до 3-х журнальных страниц), что само по себе определяет границы изложения темы статьи.

Необходимыми элементами научно-технической статьи являются:

- постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами;
- анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и на которые опирается автор, выделение ранее не решенных частей общей проблемы, которым посвящена статья;
- формулирование целей статьи (постановка задачи);
- изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных результатов;
- выводы из данного исследования и перспективы дальнейшего поиска в избранном направлении.

Научные статьи рецензируются специалистами. Учитывая открытость журнала «Строительные материалы»® для ученых и исследователей многих десятков научных учреждений и вузов России и СНГ, представители которых не все могут быть представлены в редакционном совете издания, желательно представлять одновременно со статьей отношение ученого совета организации, где проведена работа, к представляемому к публикации материалу в виде сопроводительного письма или рекомендации.

Библиографические списки цитируемой, использованной литературы должны подтверждать следование автора требованиям к содержанию научной статьи.

НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ:

1. Включать ссылки на федеральные законы, подзаконные акты, ГОСТы, СНИПы и др. нормативную литературу. Упоминание нормативных документов, на которые опирается автор в испытаниях, расчетах или аргументации, лучше делать непосредственно по тексту статьи.
2. Ссылаться на учебные и учебно-методические пособия; статьи в материалах конференций и сборниках трудов, которым не присвоен ISBN и которые не попадают в ведущие библиотеки страны и не индексируются в соответствующих базах.
3. Ссылаться на диссертации и авторефераты диссертаций.
4. Самоцитирование, т. е. ссылки только на собственные публикации автора. Такая практика не только нарушает этические нормы, но и приводит к снижению количественных публикационных показателей автора.

ОБЯЗАТЕЛЬНО следует:

1. Ссылаться на статьи, опубликованные за последние 2–5 лет в ведущих отраслевых научно-технических и научных изданиях, на которые опирается автор в построении аргументации или постановке задачи исследования.
2. Ссылаться на монографии, опубликованные за последние 5 лет. Более давние источники также негативно влияют на показатели публикационной активности автора.

Несомненно, что возможны ссылки и на классические работы, однако не следует забывать, что наука всегда развивается поступательно вперед и незнание авторами последних достижений в области исследований может привести к дублированию результатов, ошибкам в постановке задачи исследования и интерпретации данных.

Статьи, направляемые для опубликования, должны оформляться в соответствии с техническими требованиями изданий:

- текст статьи должен быть набран в редакторе Microsoft Word и сохранен в формате *.doc или *.rtf и не должен содержать иллюстраций;
- графический материал (графики, схемы, чертежи, диаграммы, логотипы и т. п.) должен быть выполнен в графических редакторах: CorelDraw, Adobe Illustrator и сохранен в форматах *.cdr, *.ai, *.eps соответственно. Сканирование графического материала и импорт его в перечисленные выше редакторы недопустимо;
- иллюстративный материал (фотографии, коллажи и т. п.) необходимо сохранять в формате *.tif, *.psd, *.jpg (качество «8 – максимальное») или *.eps с разрешением не менее 300 dpi, размером не менее 115 мм по ширине, цветовая модель CMYK или Grayscale.

Материал, передаваемый в редакцию в электронном виде, должен сопровождаться: рекомендательным письмом руководителя предприятия (института); лицензионным договором о передаче права на публикацию; **распечаткой, лично подписанной авторами**; рефератом объемом до 500 знаков на русском и английском языках; подтверждением, что статья предназначена для публикации в журнале «Строительные материалы»®, ранее нигде не публиковалась и в настоящее время не передана в другие издания; сведениями об авторах с указанием полностью фамилии, имени, отчества, ученой степени, должности, контактных телефонов, почтового и электронного адресов. Иллюстративный материал должен быть передан в виде оригиналов фотографий, негативов или слайдов, распечатки файлов.

В 2006 г. в журнале «Строительные материалы»® был опубликован ряд статей «Начинающему автору», ознакомиться с которыми можно на сайте журнала www.rifsm.ru/files/aytoru.pdf

Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте издательства <http://www.rifsm.ru/page/7>