

СОДЕРЖАНИЕ

Учредитель журнала:
ООО Рекламно-издательская
фирма «Стройматериалы»

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

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

Главный редактор
ЮМАШЕВА Е.И.

Редакционный совет:

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

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

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

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

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

ЯЧЕИСТЫЕ БЕТОНЫ: НАУКА И ПРАКТИКА

Н.П. Сажнев, Н.К. Шелег, Н.Н. Сажнев. Производство, свойства и применение ячеистого бетона автоклавного твердения	2
В.И. Песцов, К.А. Оцоков, В.П. Вылегжанин, В.А. Пинскер. Эффективность применения ячеистых бетонов в строительстве России	7
Т.А. Ухова. К вопросу о терминологии ячеистых бетонов	8
А.М. Глушков, В.И. Удачкин, В.М. Смирнов. Технологическая линия по производству пенобетонных изделий	10
Я.М. Паплавскис. Производство ячеисто-бетонных изделий по технологии AEROC	12
Е.В. Филиппов, Б.О. Атрачев, В.И. Жаглин, Г.А. Арцибашев, Ю.В. Фунтиков, В.В. Ямчинов, А.В. Высочкин. На отечественном оборудовании – по современной технологии	14
А.И. Селезский, С.А. Лашков. Технологические линии по производству газобетона автоклавного твердения ЗАО «СИЛБЕТИНДУСТРИЯ»	15
В.А. Мартыненко, В.В. Ястребов. Тенденции развития формовочно-резательного оборудования для производства мелкоштучных ячеисто-бетонных изделий	18
А.А. Пак, О.Н. Крашенинников, Р.Н. Сухорукова. Эффективная теплоизоляция труб скорлупами из газозолобетона	21
В.Н. Гончарик, И.А. Белов, Н.П. Богданова, Г.С. Гарнашевич. Теплоизоляционный ячеистый бетон	24
Е.Г. Величко, А.Г. Комар. Рецептурно-технологические проблемы пенобетона	26
А.С. Королев, Е.А. Волошин, Б.Я. Трофимов. Оптимизация состава и структуры конструкционно-теплоизоляционного ячеистого бетона	30
А.А. Лаукайтис. Исследование влияния добавки молотых отходов ячеистого бетона на его свойства	33
М.А. Михеенков, Н.В. Плотников, Н.С. Лысаченко. Кинетика твердения цементных безавтоклавных пенобетонов в присутствии силиката натрия	35
Ю.Н. Козлов. Опыт монолитного строительства по технологии «Унипор»	40
О.И. Юрков, О.О. Кудревич, В.Н. Гончарик, Г.С. Гарнашевич. О теплотехнических характеристиках ячеистого газосиликата автоклавного твердения	42
В.А. Пинскер, В.П. Вылегжанин. Ячеистый бетон как испытанный временем материал для капитального строительства	44
Подведены итоги работы Московского стройкомплекса за 2003 год	46

СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ

С.А. Голунов. Модификация плиточных клеев редисперсионными полимерными порошками VINNAPAS®	47
Л.А. Окольская. Структура предложения рынка сухих строительных смесей	50

РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В.Н. Землянский. Использование попутных пород бокситовых руд в конструкционном легком бетоне	54
Ю.М. Федорчук. Оценка влияния примесей на свойства техногенного ангидрита	56
В.А. Тарасов. Оконная система «ФАВОРИТ» – новинка на российском рынке	58
Десятилетие бизнеса в России компания «Сан-Гобэн Изовер» отметила строительством нового завода	60
«Стройсиб-2004»	62
«Отечественные строительные материалы» – стабильность, надежность, успех	64
В.В. Гулунов, П.А. Коноводов, А.В. Мотовилов, Г.Б. Гершкович. Новые приборы для теплофизических измерений в строительстве и теплоэнергетике	67

Появление бетонов ячеистой структуры в семействе бетонов – самой большой группы строительных материалов было в свое время обусловлено развитием строительных технологий. Именно из бетона возводили крупные массивные сооружения, особо прочные колонны-опоры, пространственные конструкции – оболочки. Ячеистая структура обеспечила бетонам новые ценные свойства. Поэтому в странах с развитой техникой совершенствование ячеистых бетонов продолжается многие десятилетия.

Журнал «Строительные материалы»[®] уже с первых лет издания знакомил читателей сначала с зарубежным опытом, затем сопровождал своими публикациями развитие отечественного производства изделий из ячеистых бетонов на предприятиях крупнопанельного домостроения.

В разные годы тенденции развития прогрессивного материала претерпевали изменения. В истории отрасли были как централизованные закупки импортного комплектного оборудования, так и строительство крупнейших заводов по разработкам научно-исследовательских институтов России, Белоруссии, Эстонии, Латвии.

В доперестроечный период Белоруссия была в числе лидеров по производству ячеистого бетона на душу населения. В наше время Республика Беларусь является бесспорным лидером на постсоветском пространстве. В год на 1 тыс. человек населения республики выпускается 150 м³ ячеистого бетона, что сопоставимо с производством европейских стран (100–200 м³) и более чем в 10 раз превышает тот показатель для России. Ведется активная научно-исследовательская работа, на предприятиях модернизируют оборудование, показатели качества материала постоянно улучшаются, проектировщики и строители максимально используют преимущества ячеистого бетона в прогрессивных конструктивных решениях зданий.

Развитию различных направлений совершенствования ячеистых бетонов, изучению из свойств, использованию отходов промышленности для их производства, созданию новых видов оборудования и комплектных линий в России, Беларуси, Эстонии, Казахстане и др. посвящены статьи предлагаемой ниже подборки.

УДК 666.973.6

Н.П. САЖНЕВ, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, технический директор по НИР, Н.К. ШЕЛЕГ, директор УПП ЗСК ОАО «Забудова», Н.Н. САЖНЕВ, инженер-технолог Минского комбината силикатных изделий (Республика Беларусь)

Производство, свойства и применение ячеистого бетона автоклавного твердения

Современный метод изготовления ячеистого бетона автоклавного твердения был предложен в тридцатых годах прошлого века и в принципе практически не изменился, хотя за все прошедшие годы свойства материала неоднократно улучшались и расширялись области его применения. Для изготовления ячеистого бетона применяются широко распространенные местные материалы: песок, известь, цемент и вода. В смесь в небольшом количестве добавляется также алюминиевый порошок, способствующий образованию в массе воздушных ячеек и делающий материал пористым. После этого масса помещается в автоклав, где осуществляется в паровой среде ее твердение. Энергосберегающая технология не дает никаких отходов, загрязняющих воздух, воду и почву.

В конце XX века во всем мире годовой объем производства ячеисто-бетонных изделий находился в пределах 43–45 млн м³. Основной объем производства приходится на заводы, работающие по технологиям фирм «Хебель», «Итонг», «Верхан», «Маза-Хенке» (Германия), «Сипорекс» (Швеция, Финляндия), «Дюрокс-Калсилоркс» (Нидерланды), «Селкон» (Дания, Великобритания), «Униполь» (Польша) и др. [1]. В 45 странах мира (без учета стран СНГ) работает более 200 заводов ячеистого бетона. Наиболее распространенные пред-

приятия вышеперечисленных фирм имеют годовую производительность 160–200 тыс. м³.

В ряде стран (СНГ, Польша, Китай, Чехия, Словакия, Дания, Япония, Эстония и др.) имеются свои собственные разработки и технологии, в которых наряду с лицензионными действуют предприятия на основе собственной отечественной технологии. Эти технологии отличаются, как правило, способами подготовки (помолом), формования ячеисто-бетонной смеси и резки массивов на изделия заданных размеров.

В армированных изделиях фирмы «Хебель» отклонения от заданного размера по длине составляют ± 4 мм, высоте и толщине – ± 3 мм, а в неармированных – ± 1 – $1,5$ мм по всем направлениям.

В армированных изделиях фирмы «Дюрокс-Калсилоркс» отклонения от заданных размеров по длине, высоте, толщине соответственно ± 4 мм, ± 3 мм, ± 2 мм, неармированных – ± 2 мм, ± 2 мм, ± 1 мм.

Точные по размерам изделия выпускают фирмы «Итонг», «Верхан» и «Маза-Хенке», а также «Аэрок» и «Силбет» (последнее поколение резательных машин) – отклонения по всем направлениям соответственно ± 1 – $1,5$ мм.

В технологии фирмы «Итонг» и «Маза-Хенке» перед резкой на изделия заданных размеров ячеисто-бе-

тонный массив-сырец кантуется на 90° с формой на ее борт, а в фирме «Верхан» — на специально подставляемый под боковую поверхность «чужой» борт-поддон, на котором распалубленный массив подается на резательные машины (вертикальная продольная, горизонтальная продольная и вертикальная поперечная со съемом горбушки и нарезанием «карманов») и затем в автоклав. После автоклавной обработки массив подается на разборку, упаковку и далее на склад готовой продукции.

В технологии фирм «Хебель», «Дюрокс-Калсилоркс», «Аэрок» и «Силбет» массив распалубливается и переносится специальными захватами с плоскости поддона формы на стол резательной машины, разрезается, на решетках подается в автоклав, затем на упаковку и склад готовой продукции. В технологии фирмы «Сипорекс» распалубленный массив (борта формы поднимаются вверх) на своем щелевом поддоне разрезается, после чего борта формы опускаются на прежнее место, форма с массивом подается в автоклав и далее на упаковку и склад готовой продукции.

Гидротермальная обработка производится в тупиковых и проходных автоклавах диаметром 2,4–2,8 м, длиной до 40 м, при давлении не ниже 1,2 МПа.

Изделия, как правило, выпускаются плотностью 400–700 кг/м³ и прочностью бетона при сжатии соответственно не менее 2–5 МПа. При поставке потребителю влажность ячеисто-бетонных изделий составляет около 30–35% по весу, что выше, чем у изделий, выпускаемых предприятиями Республики Беларусь, у которых она составляет не более 25%.

Следует отметить, что во время эксплуатации зданий, влажность ячеистого бетона в ограждающих конструкциях понижается до равновесной эксплуатационной и составляет примерно 2–3% по объему при средней плотности бетона 600 кг/м³.

Армированные изделия выпускаются длиной до 7,2 м, шириной до 0,75 м и толщиной до 0,375 м. При этом шаг изделий по длине составляет 5–25 мм и толщине 25–100 мм, а ширина изделий обычно бывает равной высоте формируемого массива. Длина армированных изделий зависит от их толщины и расчетных нагрузок.

На некоторых заводах доля армированных изделий составляет 80–85% и практически выпускается полный комплект изделий на дом из ячеистого бетона, особенно для малоэтажного строительства. Продукция выпускается по резательной технологии с высокой точностью геометрических размеров изделий, которые широко используются в жилищном, промышленном и сельскохозяйственном строительстве.

Всеми фирмами накоплен опыт по применению ячеисто-бетонных изделий в строительстве. Кладка стен и перегородок из неармированных изделий осуществляется на клею или на нормальном или «легком» растворе. Армированные панели монтируются на элементы железобетонных или металлических каркасов, а кровельные плиты покрытия и плиты межэтажного перекрытия укладывают на железобетонные, металлические балки, фермы или на стены зданий через монолитные железобетонные пояса.

Наружные и внутренние стены выполняются из армированных панелей или из неармированных блоков. Блоки из ячеистого бетона являются, бесспорно, самым простым решением кладки стен зданий: жилых домов, сельскохозяйственных строений и небольших построек промышленного и складского назначения. Использование блоков не накладывает никаких ограничений на планировку зданий, его форму или высоту: из блоков может быть построено здание практически любого типа.

В мировой практике ячеистый бетон также широко используется при реконструкции старых зданий, особенно когда требуется дополнительное утепление

ограждающих конструкций и увеличение этажности зданий с сохранением существующих фундаментов. В индивидуальных домах типа коттедж ячеистый бетон используется от подвала до крыши, в том числе в ванных и туалетных помещениях. Огромные возможности использования ячеистого бетона низкой плотностью (150–200 кг/м³) открываются при тепловой модернизации старых зданий.

Кроме применения ячеистого бетона в строительстве накоплен большой опыт применения его в различных областях. Дробленный ячеистый бетон совместно с бесподстилочным навозом является эффективным удобрением, особенно для дерново-подзолистых почв. Дробленный бетон может эффективно использоваться в качестве подстилки и карбонатной добавки в корм на птицефабриках. С успехом применяется ячеистый бетон при производстве сухих растворов в качестве легкого заполнителя, при засыпке (утеплении) чердачных помещений, а также в качестве адсорбента для различных агрессивных сред.

В 1991 г. в странах СНГ было выпущено около 5,7 млн м³ ячеисто-бетонных изделий, из них 1,37 млн армированных стеновых панелей, плит покрытий и перекрытий [1]. Наибольшую долю в общем выпуске составили мелкие ячеисто-бетонные блоки — 3,2 млн м³ в год.

В Республике Беларусь в 1991 г. было выпущено 1,7 млн м³ ячеисто-бетонных изделий, в том числе 0,34 млн м³ армированных панелей для жилых, промышленных и общественных зданий. [2]. Однако за последние десять лет объем производства ячеисто-бетонных изделий в странах СНГ, за исключением Республики Беларусь, сократился примерно на 50%. В 2002 г. предприятия Республики Беларусь выпустили 1,5 млн м³ ячеисто-бетонных изделий (блоков и армированных изделий).

На передовых предприятиях по производству ячеисто-бетонных изделий, например в Республике Беларусь, физико-механические показатели бетона не уступают зарубежным, а морозостойкость превосходит зарубежные аналоги. Однако на ряде предприятий внешний вид изделий (точность геометрических размеров) порой все еще уступает зарубежным аналогам.

В странах СНГ, как правило, используется ударная технология производства ячеистого бетона, в которой применяются смеси с низким количеством воды затворения.

В институте НИПСиликатобетон в 1978–1991 гг. совместно с Рижским политехническим институтом был выполнен комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по исследованию и созданию ударной технологии формирования ячеисто-бетонных изделий и разработке различных устройств для ее реализации [3]. Это принципиально новое направление технологии производства изделий из ячеистого бетона базируется на использовании в качестве динамических воздействий для разжижения смеси удара более эффективного, чем вибрация, на колебаниях ячеисто-бетонной смеси на основной собственной частоте и на эффекте остаточной тиксотропии, что обеспечивает получение высококачественной микро- и макроструктуры бетона.

Анализ производств ячеисто-бетонных изделий по традиционной, так называемой литевой технологии, особенно зарубежных фирм, достигших сравнительно высокого технико-экономического показателей производства ячеистого бетона, свидетельствует, что из-за большого количества воды затворения используются смеси с повышенным расходом вяжущих материалов (цемент и известь), высокой тонкостью помола песка (3000–3500 см²/г) и цемента (3500–4000 см²/г). При этом требуются повышенные затраты на автоклавную обработку (давление 1,2–1,4 МПа и продолжитель-

ность 14–16 ч) и очень высокое качество всех исходных материалов. Производство ячеисто-бетонных изделий характеризуется большой продолжительностью выдержки сырца до резки (3–6 ч) и автоклавной обработки, а также высокой влажностью изделий после автоклавной обработки, которая зависит в первую очередь от количества воды затворения.

Рассматривая межпоровый материал ячеистого бетона (микроструктура) с позиции основных законов бетоноведения, приходим к выводу об отрицательном влиянии на его свойства избыточного количества воды затворения. Формирование макроструктуры (ячеистой структуры) бетона определяется двумя обобщающими (для литевой и ударной технологий) характеристиками: объемом образующегося газа и реологическими свойствами раствора, кинетика изменения которых во времени зависит от исходного состояния смеси (щелочность, вязкость, температура, газообразующая способность раствора) и от интенсивности динамических воздействий в процессе формования (вспучивания).

При литевой технологии процесс вспучивания смеси определяется только качеством и количеством исходных компонентов последней, и поэтому подбор исходного ее состояния является пассивным управлением процесса формования. Использование динамических воздействий позволяет регулировать этот процесс с учетом изменения реологических свойств смеси.

Известно, что если во время формования вязкость ячеисто-бетонной смеси ниже оптимальной, то нарушается баланс газовой фазы, то есть газообразователь полностью не используется и происходит недовспучивание или осадка смеси. Если вязкость выше оптимальной, процесс вспучивания изделий замедляется и ячеисто-бетонный массив не достигает заданной высоты. При этом резко увеличивается давление в ячейках, вызывающее в конечном итоге появление трещин в межпоровом материале и расслоение в бетоне. Отклонения вязкости смеси от оптимальной в обоих случаях приводят к разрушению микроструктуры и низкому качеству бетона.

Для нормального проектирования процесса вспучивания смеси необходимо обеспечить, как уже отмечалось выше, оптимальную вязкость, в данном случае понизить ее, например за счет тиксотропного разжижения смеси. Явление тиксотропии заключается в разрушении слабых коагуляционных структур с помощью динамических воздействий и в переводе зашумленной (иммобилизованной) и частично адсорбированной воды в свободное состояние.

Кроме того, динамические воздействия в начале процесса гидратации разрушают коагуляционную структуру, разжижают смесь, а позднее обеспечивают уплотнение межпорового вещества, содействуют преодолению энергетического барьера между частицами и способствуют образованию кристаллизационной структуры (микроструктуры). Таким образом, задача состоит в выборе способа динамических воздействий на смесь – интенсивности, частоты и продолжительности.

Исследование причин разрушения пористой структуры при формовании, теоретическая оценка скорости движения газовой поры при динамическом воздействии на смесь во время ее вспучивания, а также оценка влияния частоты, амплитуды и продолжительности динамических воздействий на механизм вспучивания смеси показали преимущества использования низкочастотного циклического формования, и в частности формования ячеисто-бетонной смеси с применением низкочастотных ударных воздействий.

Проведенные исследования основных закономерностей ударного способа формования, в том числе экспериментальное определение структурно-механических и акустических параметров смеси, убедительно под-

твердили правильность выбора нового способа формования и устройств для его реализации.

Сравнительная оценка качества макроструктуры ячеистого бетона, полученного по ударной технологии, показывает, что оно находится на уровне, соответствующем оптимальной структуре бетона. [4]. Макроструктура равномерна, без расслоений и трещин. Например, относительное количество ячеек с дефектными простенками межпорового материала составляет 6, а показатель изотропности и бездефектности ячеистой структуры бетона (K_6) равен 0,66. Средняя величина K_6 бетона для оптимальной структуры – 0,64. Коэффициент равноосности ячеек (средняя округлость ячеек), который наиболее четко характеризует качество макроструктуры бетона, особенно при вертикально направленном динамическом воздействии, совпадающем с направлением движения газовых пузырьков и вспучивания смеси, находится в пределах 0,85–0,87.

Известно, что прочностные и особенно эксплуатационные свойства ячеистого бетона связаны со структурой межпорового пространства, главным образом с распределением капиллярных пор по размерам. Было изучено [5] распределение пор в радиусе более 50 и менее 0,01 мкм, характеризующее состояние микроструктуры ($r < 0,01$ мкм), от 0,01 до 0,1 мкм (состояние переходных пор) и от 0,1 до 500 мкм (состояние более мелкой части микропор).

Установлено, что независимо от способа формования смеси (ударная или литевая технология) и вида вяжущего общая пористость ячеистого бетона изменяется в пределах 68,7–79,9%, а объем капиллярных пор радиусом не менее 0,01–50 мкм колеблется в пределах 361,3–562,5 мм³/г, возрастающая для материалов с пониженной плотностью за счет увеличения переходных пор в интервале радиусов 0,1–0,01 мкм. Объем этих пор, обладающих высокой удельной поверхностью 11,5–27,4 м²/г, составляет для образцов ячеистого бетона ударной технологии 39,9–51,4% против 57,7–62,6% для ячеистого бетона литевой технологии.

Анализ показал, что для получения повышенной прочности ячеистого бетона необходимо стремиться к уменьшению объема пор радиусом 0,1–0,01 мкм. Максимальную прочность имели образцы ячеистого бетона, водопоглощение которых изменялось в пределах 30,2–33,2%, а объем переходных пор ($r = 0,01–0,1$ мкм) составлял 165–225 м³/гр.

При одной и той же плотности в зависимости от величины объема, образованного порами радиусом 0,1–0,01 мкм, морозостойкость изменяется в широких пределах, повышаясь с увеличением плотности.

Таким образом, использование ударных воздействий при формовании ячеисто-бетонной смеси приводит к перераспределению объема пор радиусом менее 0,01 и 50 мкм. Для ячеистого бетона, полученного по ударной технологии по сравнению с литевой, характерно снижение доли «опасных» переходных пор радиусом 0,01–0,1 мкм при практически одинаковой его плотности и возрастание объема пор радиусом 0,1–50 мкм, то есть принципиально следует стремиться к максимально возможному снижению капиллярной пористости путем сокращения количества воды затворения.

Например, при одинаковой плотности, равной 460 кг/м³, ячеистый бетон, изготовленный по ударной технологии, имеет прочность при сжатии 4,23 МПа, а по литевой – 3,86 МПа; водопоглощение составляет соответственно 34,1 и 45,7% и морозостойкость 35 и 15 циклов.

За рубежом в производстве ячеистого бетона также наблюдается тенденция по снижению количества воды затворения смеси (уменьшение В/Т) за счет применения динамических воздействий во время вспучивания ячеис-

то-бетонной смеси, что в конечном итоге обеспечивает уменьшение влажности бетона после автоклавной обработки, количества форм и постов созревания массива.

Например, ячеистый бетон, изготавливаемый на заводе фирмы «Маза-Хенке» (г. Лауснитц), имеет более низкую влажность по сравнению с ячеистым бетоном фирм «Хебель», «Итонг», «Сипорекс», «Селкон» и «Верхан». Весовая влажность ячеистого бетона вышеуказанных фирм, производящих ячеистый бетон по так называемой литьевой технологии (В/Т – 0,6–0,7), составляет 35–40%.

По данным Испытательного центра ОАО «Забудова», весовая влажность ячеистого бетона вышеуказанного завода фирмы «Маза-Хенке» составляет 27,2%. Низкая влажность бетона по сравнению с названными фирмами обусловлена тем, что при вспучивании ячеисто-бетонной смеси, по аналогии с известной отечественной ударной технологией (патенты РФ 1058187, РФ 1049250, РФ 669588) и применяемой на ряде предприятий Республики Беларусь и стран СНГ, используются односторонние кратковременные вертикально направленные динамические воздействия. Поэтому В/Т смеси находится в пределах 0,55–0,57 и при этом, например при плотности бетона 500 кг/м³, время выдержки сырца до его кантования на 90° и разрезки на изделия заданных размеров составляет не более 3 ч. За счет сокращения сроков выдержки сырца уменьшается количество форм и производственной площади. Кроме того, за счет понижения на 15% количества воды затворения смеси уменьшается на 5–7% расход тепловой энергии при автоклавной обработке.

Завод выпускает также ячеисто-бетонные изделия плотностью 350 кг/м³ и классом по прочности не ниже В1. Учитывая положительный опыт кантования формы с массивом-сырцом ячеистого бетона плотностью 350 кг/м³, по-видимому, есть все предпосылки для кантования массива-сырца с более низкой плотностью бетона, например с плотностью 200–250 кг/м³. Формы фирм «Итонг» и «Маза-Хенке», из-за того что у них только один подвижный элемент – продольный борт, на который кантуют массив-сырец, а остальные элементы формы (борта и поддон) выполнены в виде неподвижной, цельной, жесткой конструкции, статически и особенно динамически более жесткие по сравнению с формами фирмы «Верхан», у которой все элементы формы подвижные. При кантовании сырца-массива в форме последняя воспринимает все деформации от кручения и на массив-сырец практически они не передаются.

Выполненный нами ранее комплекс НИР и ОКР по транспортировке массива-сырца захватом своими и чужими бортами – аналогия технологии фирм «Хебель» и «Дюрокс-Калсилоскс» – показал, что минимальная плотность сырца ячеистого бетона составляет 300–350 кг/м³, как уже выше отмечалось, есть все предпосылки изготавливать изделия плотностью 200–250 кг/м³ по технологиям фирм «Итонг» и «Маза-Хенке».

Далее следует отметить, что наряду с высокими свойствами изделий огромное значение имеет долговечность ограждающих конструкций зданий из ячеистого бетона. Многочисленными ранее проведенными исследованиями в Эстонии (НИПСиликатобетон, НИИ Строительства) и России (НИИСтройфизики, УралНИИСтромпроект, МИСИ-МГСУ, НИИЖБ и др.) было установлено, что в наружных ограждающих конструкциях зданий из ячеистого бетона, отделанных полимерминеральным покрытием, в материале одновременно происходят деструктивные процессы, приводящие к ухудшению свойств материала, и структурообразующие процессы, обеспечивающие повышение его прочности.

Поэтому при оценке долговечности защитно-декоративных покрытий, нанесенных на ячеистый бетон, следует учитывать интенсивность процессов влагогазообмена



Здание посольства Великобритании в Москве

и карбонизации, которые вызывают градиенты деформации в поверхностных слоях и влияют на трещиностойкость системы. В момент нанесения покрытий весовая влажность бетона находится в пределах 25–30%, а степень карбонизации в пределах 30–40%. Через два года эксплуатации весовая влажность бетона составляет 5–6%, а степень карбонизации зависит от газопроницаемости покрытия и может достигать величины 50–70% при глубине карбонизации около 80–100 мм.

Влажностная усадка автоклавных ячеистых бетонов в условиях эксплуатации вызывается действием капиллярных сил и, по-видимому, в некоторой степени удалением физико-химически связанной влаги. Минимальная влажностная усадка ячеистого бетона достигается за счет уменьшения количества воды затворения смеси и, естественно, повышения при этом плотности межпорового материала.

Влажностная усадка ячеистого бетона плотностью 500–700 кг/м³ составляет 0,3–0,5 мм/м. Карбонизационная усадка вызывается разложением новообразований углекислотой и удалением из цементного камня физико-химической влаги, которая выделяется в свободном виде или в составе геля кремнекислоты. Карбонизационная усадка ячеистого бетона 500–700 кг/м³ на известково-цементном вяжущем составляет 0,8–1 мм/м. Из изложенного следует, что минимальная полная эксплуатационная усадка бетона оптимальной структуры составляет в среднем 1,3 мм/м. Таким образом, защитно-декоративное покрытие должно иметь такие же, как и бетон, предельные деформации, чтобы обеспечить длительную совместную работу системы покрытия – бетон.

Более высокие показатели по усадке могут быть у ячеистых бетонов с отклонениями макро- и микроструктур от оптимальных показателей, например при использовании смесей с повышенным количеством воды затворения (производство по литьевой технологии) и при недостаточной степени кристаллизации новообразований во время гидротермальной обработки.

В последнее время в странах СНГ, особенно в России и Украине, начало интенсивно развиваться производство пенобетонов, в том числе неавтоклавных бетонов, у которых повышенная влажностная усадка из-за большого количества воды затворения при приготовлении пенобетонной смеси по сравнению с газобетонной смесью. Карбонизационная усадка у пенобетонов автоклавного твердения на одном виде вяжущего при прочих равных условиях, по-видимому, остается на уровне, как и у газобетонов автоклавного твердения. Известно, что пенобетоны имеют пониженную в 1,5–2 раза трещиностойкость [6]. Для неавтоклавных ячеистых бетонов, и в первую очередь для пенобетонов, полная эксплуатационная усадка увеличивается практически в несколько раз. Например, неавтоклавный пенобетон имеет влажностную усадку, в 2–4 раза превышающую этот показа-

тель у автоклавного ячеистого газобетона, а структурная прочность автоклавного бетона на один-два класса (15–25%) выше, чем у неавтоклавного пенобетона [7].

По нашему мнению, вряд ли на сегодня имеется реальное покрытие из сухих смесей, выдерживающее такие деформации, то есть практически невозможно защитить безавтоклавный пенобетон от атмосферных воздействий. Из-за разных деформаций бетона и покрытия в последнем в период эксплуатации появляются микротрещины, и при дальнейшем их раскрытии появляется вероятность попадания влаги и в конечном итоге уменьшения долговечности.

За последние десять лет в Республике Беларусь наряду с повышением объемов производства ячеисто-бетонных изделий, как уже выше отмечалось, проводился комплекс работ по повышению их качества. В 1997 г. в ОАО «Забудова» (п. Чисть) по технологии фирмы «Хебель» в составе домостроительного комбината (заводы по производству сухих строительных смесей, цементно-песчаной черепицы, извести, оконных и дверных блоков) введен в промышленную эксплуатацию завод по производству ячеисто-бетонных изделий и конструкций [8]. Проектная мощность УПП «ЗСК» ОАО «Забудова» 200 тыс. м³ армированных и неармированных изделий в год. В 2002 г. завод выпустил 226 тыс. м³. В настоящее время совместно с фирмой «Маза-Хенке» ведутся работы по наращиванию мощностей до 330 тыс. м³ изделий в год. Из общего объема продукции 50% составляет производство бетона плотностью 400 кг/м³.

Фирмой «Хебель» по проекту (контракту) были заложены требования к исходным сырьевым материалам, особенно к цементу и извести (содержание оксида кальция, кинетика гидратации, тонкость помола, сроки схватывания, минералогический состав и др.), которые превышают порой требования по ГОСТ, СТБ, то есть в республике и странах СНГ практически не производятся такие цемент и известь. Например, сырье месторождения «Колядичи», применяемое для производства цемента на ОАО «Красносельскцемент», и существующая технология производства клинкера с короткими вращающимися печами не позволяют получить клинкер с коэффициентом насыщения выше 0,9 и цемент с содержанием алита 60–62%. Предприятия строительной индустрии республики не выпускают известь с содержанием оксида кальция более 80%, и кинетика гидратации извести не отвечает требованиям DIN 1060.

Специалистами инженерно-технического центра ОАО «Забудова» и УПП «ЗСК» в ходе проведения комплекса экспериментальных работ были разработаны рецептуры ячеисто-бетонной смеси для плотностей бетона 350–700 кг/м³ применительно к сырьевой базе Республики Беларусь. Внедрено в производство более 30 рецептур, позволяющих производить ячеисто-бетонные изделия и конструкции различной плотности и прочности: D 350, B1; D 400, B1–1,5; D 500, B1,5–2; D 600, B2,5–3; D 700, B3,5–5.

Завод производит из ячеистого бетона по стандартам Республики Беларусь (СТБ) полный комплект материалов на дом: неармированные блоки (СТБ 1117–98), плиты покрытия и перекрытия (СТБ 1034–96), перемычки лотковые и арочные (СТБ 1332–2002), стеновые панели (СТБ 1185–99), элементы лестниц (СТБ 1330–2002). На продукцию имеются сертификаты соответствия Республики Беларусь, России, Литвы, Латвии и др. Производство ячеистого бетона сертифицировано по Международной системе качества – ISO-9001. В 2002 г. УПП «ЗСК» ОАО «Забудова» присуждена Премия Правительства Республики Беларусь за достижения в области качества.

Из ячеистого бетона производства УПП «ЗСК» ОАО «Забудова» строятся жилые, общественные и социаль-

но-бытовые здания. Например, в Минске коттеджами из ячеистого бетона застроены два микрорайона «Большая Слеспянка» и проспект Газеты «Известия», в Москве – экспериментальные микрорайоны Куркино, Митино, «Эдем» и др. Ячеистый бетон так же широко используется в ограждающих конструкциях многоэтажных зданий. В Минске, Москве, в других регионах России, а также в странах Балтии построен целый ряд высотных зданий, в том числе в Москве комплекс жилых домов по улице Мосфильмовская и здание посольства Великобритании.

Учитывая высокие технические характеристики изделий из ячеистого бетона автоклавного твердения по сравнению с другими строительными материалами аналогичного функционального назначения, «Основными направлениями развития материально-технической базы строительства Республики Беларусь на период 1998–2015 гг.» ячеисто-бетонные изделия определены главным стеновым материалом. К 2015 г. существующие мощности по его производству должны быть увеличены в 2,1 раза.

Изучив и критически проанализировав мировой опыт производства ячеистого бетона автоклавного твердения, а также учитывая отечественный опыт производства, а именно использование ударной технологии, для модернизации заводов ячеистого бетона и наращивания объемов производства в Республике Беларусь используется комплект технологического оборудования, в первую очередь смесительного, резательного и упаковочного, ведущих немецких фирм «Маза-Хенке», «Верхан», «Хебель» и др. В настоящее время ведутся работы по модернизации заводов ячеистого бетона в городах Могилев, Сморгонь, Гродно, Орша, Минск, поселке Чисть и других и при этом, как правило, используется отечественная ударная технология совместно с резательной технологией указанных фирм.

Список литературы

1. Бильдюкевич В.Л., Сажнев Н.П., Бородавский Ю.Ф. Состояние и основные направления развития производства ячеисто-бетонных изделий в СНГ и за рубежом // Строит. материалы. 1992. № 9. С. 5.
2. Моисеевич А.Ф., Бильдюкевич В.Л., Сажнев Н.П. Производство ячеисто-бетонных изделий в Республике Беларусь // Строит. материалы. 1992. № 9. С. 2.
3. Сажнев Н.П., Домбровский А.В., Новаков Ю.А., Повель Э.В. Ударная технология формирования. Сб. материалов и информации постоянной комиссии СЭВ по сотрудничеству в области строительства. ИСИ, 1983. № 2 (73).
4. Горяйков К.Э., Домбровский А.В., Грюнер Г.Ф., Сажнев Н.П. Исследования макро- и микроструктуры ячеистого бетона, полученного по ударной технологии. Сб. трудов НИПИСиликатобетон «Производство и применение силикатных бетонов» Таллинн, 1981. № 15.
5. Сажнев Н.П., Гончарик В.Н., Гарнашевич Г.С., Соколовский Л.В. Производство ячеисто-бетонных изделий. Минск. 1999.
6. Силаенков Е.С. Повышение трещиностойкости изделий из ячеистых бетонов. Сб. «Долговечность конструкций из автоклавных бетонов». Таллинн, 1975.
7. Удачкин И.Б. Ключевые проблемы развития производства пенобетона // Строит. материалы. 2002. № 3. С. 8.
8. Сажнев Н.П., Шелег Н.К. Производство ячеисто-бетонных изделий на УПП «ЗСК» ОАО «Забудова» по технологии фирмы «Хебель» // Нові технології в будівництві. 2002. К. № 1 (3).

В.И. ПЕСЦОВ, К.А. ОЦОКОВ, кандидаты техн. наук (Госстрой России),
В.П. ВЫЛЕГЖАНИН, В.А. ПИНСКЕР, кандидаты техн. наук,
Центр ячеистых бетонов (Санкт-Петербург)

Эффективность применения ячеистых бетонов в строительстве России

Возросшие в последние годы инвестиционные возможности как отдельных фирм (предприятий), так и самого населения привели к повышению спроса на эффективные стеновые и другие строительные материалы. Увеличению спроса способствует и повышение за последние годы требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, что вызвало необходимость использования эффективных стеновых материалов. При этом использование однослойных стен из кирпича, дерева, керамзитобетона и других легких бетонов на пористых заполнителях уже не обеспечивает требуемых показателей и экономически не оправданно.

Возникла необходимость использования в стеновых конструкциях эффективных материалов. Одним из таких материалов, позволяющим делать однослойные и долговечные стены, является ячеистый бетон во всех своих многочисленных разновидностях (пенобетон, газобетон, пеносиликат, газосиликат, пеногазошлакобетон и т. д.) как в сборном, так и в монолитном вариантах строительства.

Ячеистые бетоны имеют ряд характеристик, отличающих их от многих традиционных строительных материалов. Изделия из них наилучшим образом адаптированы к сложному климату и экономическим условиям и имеют ряд важных достоинств: невысокую плотность, низкую теплопроводность, пониженное водопоглощение, стойкость при пожаре, высокие санитарно-гигиенические свойства стенового ограждения.

Ячеистый бетон прошел проверку временем в сложных природно-климатических условиях. Жилые дома со стенами (наружными и внутренними) из автоклавного газобе-

тона стоят в Санкт-Петербурге с 1960 г. без разрушения материала, несмотря на сложные климатические условия (число переходов температуры через 0°С в Прибалтике максимально). Общая площадь домов с газобетонными стенами в городе более 15 млн м². В Риге стоят дома со стенами из газобетонных камней, не защищенных отделкой, уже в течение 70 лет без трещин, отслоений и шелушения кладки. В Норильске и Ангарске (условия повышенной сейсмичности) значительное количество жилья представлено пятиэтажными зданиями из неавтоклавного газозолобетона по проектам ЛенЗНИИЭПа и успешно эксплуатируются уже более 40 лет.

Таким образом, ячеистый бетон является долговечным надежным материалом, который можно изготавливать как из существующего местного сырья, так и с использованием различных отходов. Из разведенных месторождений песков более 70% составляют мелкие и очень мелкие пески, использование которых позволяет получать изделия из ячеистого бетона с высокими характеристиками.

В ряде регионов страны имеется значительное количество местных материалов и техногенных отходов в виде различных песков, отсевов камнедробления, керамзитовой пыли, которые не нашли широкого применения при производстве стеновых блоков из ячеистого бетона. Широкое использование этих материалов сдерживается из-за их неоднородности, отсутствия данных по составу, свойствам, а также по влиянию их на структуру и эксплуатационные свойства ячеистого бетона.

В России в настоящее время работает 40 заводов по производству изделий из автоклавных ячеистых бетонов общей мощностью 2 млн м³

в год, выпускающих 1,4 млн м³ изделий. На более чем 200 установках по производству неавтоклавного ячеистого бетона, в основном пенобетона, производится около 0,6 млн м³ материала как для монолитного, так и сборного строительства (преимущественно в виде камней по ГОСТ 21520–89). На 1 тыс. человек населения России производится всего 13 м³, в то время как в Республике Беларусь – 150 м³, а в Германии, Франции, Англии, Швеции, Польше, Чехии, Словакии – 100–200 м³. В Эстонии даже здания высшей категории ответственности и капитальности (гостиница «Олимпия», здание ЦК КПЭ и др.) построены со стенами из сланцезольного газобетона (газокукермита), изготовленного из отходов промышленности (вяжущее – зола-унос от сжигания горючих сланцев, кремнеземистый компонент – отходы комбината «Фосфорит»).

В настоящее время разработаны и функционируют различные технологии и виды оборудования, позволяющие получать ячеистые бетоны различной плотности с высокими характеристиками.

Интерес представляют технологии быстрого возведения зданий и сооружений с использованием монолитных ячеистых бетонов, использование которых приводит к снижению энергетических и трудовых затрат при строительстве, к сокращению продолжительности инвестиционного цикла.

Во многих регионах производство изделий организовано на мобильных установках, максимально приближенных к районам застройки, что во много раз уменьшает транспортные расходы, позволяет обеспечить работой местное население, активизировать жилищное строительство.

Ячеистый бетон, млн м ³	Годы						
	2003	2004	2006	2008	2010	2015	2020
Автоклавный	1,4	1,9	2,5	4,1	6,1	10,1	15,1
Неавтоклавный	0,6	0,8	1,2	1,8	2,6	5,1	8,1
Производство на 1 тыс. человек, м ³	13	18	25	40	58	100	155

Ячеистый бетон применяется и в сборном и монолитном вариантах как эффективный материал для утепления чердачных перекрытий, кровель, мансард, наружных и внутренних стен, теплоизоляции трубопроводов, для применения в виде стеновых блоков, панелей наружных стен, перекрытий.

Для решения строительных проблем России, в первую очередь резко обострившейся проблемы дешевого и высококачественного жилья, необходимо всемерно наращивать производство ячеистых бетонов в нашей стране, которое позволит резко снизить ресурсоемкость строительства и эксплуатации.

Прогнозируемые темпы прироста объемов производства ячеистых бетонов (млн м³) в России приведены в таблице.

Для реализации поставленных задач в решении научно-технического совета Госстроя России от 27 ноября 2003 г., посвященного основным направлениям развития стеновых материалов из ячеистых бетонов, рекомендовано научно-исследовательским, проектным и промышленным организациям развернуть свою работу в следующих направлениях.

- Развитие новых путей получения изделий из ячеистых бетонов с плотностью ниже 400 кг/м³ для широкого применения их в

строительном производстве и с плотностью 150–300 кг/м³ для использования в качестве теплоизоляционных материалов.

- Совершенствование производства ячеистого бетона с целью получения стеновых изделий с плотностью 400–500 кг/м³.
- Разработка комплектов оборудования для заводов автоклавного газобетона мощностью 20–40 тыс. м³, а также 200–400 тыс. м³ в год.
- Исследования по повышению прочности, снижению усадки и ускорению твердения изделий.
- Разработка и внедрение ячеистых бетонов, дисперсно-армированных неметаллическими волокнами.
- Совершенствование аппаратного оформления производства пенобетона с целью создания автоматизированной установки мощностью 10 тыс. м³ в год и технологических линий мощностью 20 и 30 тыс. м³ год по резательной технологии.
- Совершенствование новых методов испытаний материалов, в том числе на основе современных достижений физики и химии.
- Разработка и организация производства низкотеплопроводных малоклинкерных и бесклинкерных композиционных вяжущих для теплоизоляционных ячеистых бетонов.

- Создание широкой гаммы химических добавок, в том числе ускорителей твердения, противоморозных добавок, суперпластификаторов для полифункционального действия, позволяющих отказаться от вибрации при укладке и уплотнении бетона для ускорения набора прочности, повышающих его стойкость и долговечность.

- Создание мини-заводов по производству блоков из неавтоклавного ячеистого бетона.

В 2001 г. на заседании научно-технического совета Госстроя России было внесено предложение о создании Центра ячеистых бетонов для координации работ по совершенствованию нормативной документации, проектирования, обмена информацией и др.

В 2003 г. НТС Госстроя РФ подтвердил целесообразность активизации работы такого центра и дал соответствующие рекомендации по его деятельности.

Развитие производства и применения ячеистых бетонов позволит существенно снизить стоимость строительства, трудоемкость, энергозатратность при одновременном повышении долговечности, качества и экологичности домов в суровых и разнообразных природно-климатических условиях страны.

Т.А. УХОВА, канд. техн. наук, ГУП «НИИЖБ» (Москва)

К вопросу о терминологии ячеистых бетонов

В последние годы в связи со значительным повышением требований к теплозащитным свойствам ограждающих конструкций жилых и общественных зданий одной из немногих разновидностей бетонов, из которых возможно возведение теплоэффективных ограждающих конструкций приемлемой толщины (не более 50 см), являются ячеистые бетоны.

Ячеистые бетоны в последние годы получили второе рождение. Значительно вырос объем выпуска изделий, особенно из ячеистых бетонов пониженной плотности. Возрождено производство монолитного ячеистого бетона, а также освоено производство изделий из неавтоклавного ячеистого бетона, характеризующегося достаточно высокими показателями физико-технических свойств.

Производством и применением ячеистых бетонов в настоящее время

занимается новое поколение ученых, проектировщиков и производителей. Поэтому представляется актуальным уточнение терминологии многообразных видов ячеистых бетонов.

В настоящей статье в порядке обсуждения предлагается терминология ячеистых бетонов.

Бетон ячеистый — искусственный камневидный пористый строительный материал с равномерно распределенными воздушными ячейками (порами) диаметром 0,1–3 мм, занимающими от 20 до 90% объема бетона, получаемый в результате затвердевания смеси из вяжущего, кремнеземистого компонента, порообразователя, воды, химических добавок или без них.

Газобетон — разновидность ячеистого бетона, получаемая из смеси вяжущего, кварцевого песка, воды,

химических добавок (или без них) и газообразователя (преимущественно алюминиевой пудры). Порообразование создается в результате химической реакции между алюминиевой пудрой и щелочным компонентом, содержащимся в вяжущем или специально вводимым в сырьевую смесь.

Пенобетон — разновидность ячеистого бетона, получаемая из смеси вяжущего, кремнеземистого компонента, воды и предварительно приготовленной пены на основе пенообразователя и воды, которую перемешивают с бетонной смесью.

Поробетон — разновидность ячеистого бетона, получаемая в результате перемешивания в скоростном смесителе смеси вяжущего, кремнеземистого компонента, пенообразователя и воды без предварительного приготовления пены.

Газо-, поро-, пеносиликат – разновидность ячеистого бетона, у которого в качестве вяжущего применяют негашеную известь или смешанное вяжущее (цементное, шлаковое, зольное и т. д.), содержащее известь в количестве 50% и более.

Ячеистый золобетон (газозолобетон, пенозолобетон, порозолобетон) – разновидности ячеистого бетона, у которого в качестве кремнеземистого компонента применяют кислые золы ТЭС.

Автоклавный ячеистый бетон – бетон, твердение которого происходит в среде насыщенного водяного пара при давлении выше атмосферного (преимущественно 8–14 атм).

Неавтоклавный ячеистый бетон – бетон, твердение которого происхо-

дит в естественных условиях при электропрогреве или в среде насыщенного водяного пара при атмосферном давлении.

Теплоизоляционные ячеистые бетоны (марок по средней плотности D400 и менее) предназначены для утепления различных конструкций жилых и промышленных зданий (стен, покрытий, перекрытий, трубопроводов и т. д.).

Конструкционно-теплоизоляционные ячеистые бетоны (марок по средней плотности D500–D900, класс по прочности B1,5–B5) предназначены для самонесущих ограждающих конструкций жилых и общественных зданий.

Конструкционные ячеистые бетоны (марок по средней плотности

D900–D1200, класс по прочности B5–B20) предназначены для изготовления конструкций, несущих большие нагрузки (внутренние несущие перегородки, перекрытия, перемычки).

Наименование ячеистых бетонов включает как основные, так и специфические признаки, назначение, условия твердения, способ порообразования, вид вяжущего и кремнеземистого компонента. Например, конструкционно-теплоизоляционный автоклавный газосиликат, неавтоклавный теплоизоляционный пенобетон, конструкционный порозолобетон.

Некоторые термины применяются для оценки качества ячеистых бетонов (см. таблицу).

Показатель качества	Пояснение
Нормируемая прочность ячеистого бетона	Прочность затвердевшего ячеистого бетона (класс бетона), заданная в государственных стандартах или нормативно-технической документации, утвержденной в установленном порядке (проектная марка)
Фактическая прочность	Прочность затвердевшего ячеистого бетона, определяемая по результатам испытания контрольных образцов или образцов, взятых непосредственно из конструкций
Текучесть ячеисто-бетонной смеси	Способность ячеисто-бетонной смеси растекаться под действием собственного веса
Водоудерживающая способность	Способность ячеисто-бетонной смеси удерживать в своем составе воду
Прочность	Свойство затвердевшего ячеистого бетона, не разрушаясь, воспринимать различные виды нагрузок и воздействий
Деформативность	Свойство податливости затвердевших бетонов к изменению первоначальной формы и размеров
Усадка	Уменьшение линейных размеров и объема затвердевшего бетона вследствие потери им влаги, гидратации, карбонизации и других процессов
Набухание	Увеличение объема затвердевшего ячеистого бетона вследствие поглощения им из окружающей среды жидкости или пара
Теплопроводность	Способность ячеистого бетона передавать количество теплоты от более нагретой поверхности к менее нагретой
Теплоемкость	Количество тепла, поглощаемого ячеистым бетоном при его нагревании на 1°С
Морозостойкость	Способность затвердевшего ячеистого бетона в увлажненном состоянии сопротивляться разрушающему воздействию попеременного замораживания и оттаивания
Водотвердое отношение	Характеристика состава ячеисто-бетонной смеси, обеспечивающего получение необходимой текучности ячеисто-бетонной смеси, влияющего не только на прочность, но и на морозостойкость ячеистого бетона
Автоклавная обработка	Заключительная стадия производства ячеисто-бетонных изделий при автоклавной обработке при давлении 0,8–1,6 МПа и температуре водяного пара 175–200°С. При автоклавной обработке происходит химическое взаимодействие между кремнеземом и окисью кальция, в том числе находящегося в портландцементе с образованием низкоосновных гидросиликатов кальция, и ускоренное превращение силикатной массы в каменный материал
Средняя плотность	Отношение массы к объему ячеистого бетона

А.М. ГЛУШКОВ, генеральный директор НПФ «ТехноСтроМ» (Калуга),
 В.И. УДАЧКИН, канд. техн. наук, академический советник РИА, генеральный директор,
 В.М. СМИРНОВ канд. техн. наук, член-корреспондент РИА, зам. генерального директора
 НПФ «СтромРос» (Москва)

Технологическая линия по производству пенобетонных изделий

Пенобетон является многофункциональным строительным материалом, изготавливаемым из недорогого и доступного сырья. Пенобетон можно образно назвать санитаром природы, так как для его производства применимы различные отходы промышленности производства металлургии и энергетики.

Под руководством лауреата премии Правительства Российской Федерации доктора технических наук И.Б. Удачкина были разработаны и запатентованы технология и оборудование для производства пенобетона на основе применения избыточного давления. Эта технология была принята Государственной комиссией Минстроя РФ в 1996 г. За прошедшие восемь лет технология постоянно совершенствовалась.

В данной статье показана современная технология и оборудование, разработанные научно-производственными фирмами «СтромРос» и «ТехноСтроМ», являющимися партнерами по разработке и освоению новых технологий производства неавтоклавного пенобетона. Разработки защищены патентами «Линия по производству пенобетонных изделий и бортоснастка для них» (патент РФ №2213001 от сентября 2003 г.), «Пенобетон» и «Способ теплоизоляции и облицовки стен» (патент РФ № 2209774 от августа 2003 г.).

Технологическая линия по производству пенобетонных изделий предусматривает *новую компоновку оборудования* (рис. 1), в которую включены расположенные в технологической последовательности герметичный пенобетоносмеситель, бортоснастка для формования массива и резательный комплекс.

В зависимости от требуемой заказчиками производительности технологические линии комплектуются двумя типами пенобетоносмесителей. *Пенобетоносмеситель ПБР-1,5* (рис. 2) с рабочим объемом 1,5 м³ и горизонтальным валом, производительностью до 10 м³/час работает в комплексе со смесителем рабочего раствора пенообразователя СПО-3 и пеногенератором ПГМ-5. *Турбу-*

лентный пенобетоносмеситель Турбо-0,25 (рис. 3) с рабочим объемом 0,25 м³ и вертикальным валом, вращающимся со скоростью 800 об/мин, что создает турбулентный поток пеномассы, совмещает функции смесителя, пеногенератора и пневмокамерного насоса, его производительность 4 м³/час.

Корпуса смесителей выполнены в виде сосудов, работающих под давлением 0,1–0,15 МПа, что позволяет использовать смесители в качестве пневмокамерного насоса с подачей пеномассы по вертикали и по горизонтали. Дальность и высота подачи зависят от величины давления в смесителе.

Бортоснастка состоит из обогреваемого поддона, съемных бортов и гидротермоколпака. Резка пенобетона на блоки производится через 4–6 часов после заливки пенобетонной смеси в формы.

Резательный комплекс (рис. 4) представляет собой комплект устройств для поперечной, продольной и горизонтальной резки пенобетонного массива на изделия. Резка осуществляется специальными струнами с колебательными движениями регулируемой частоты. Колебательные движения обеспечивают заглаживание разрезаемой поверхности пенобетона, что повышает качество изделий. Высокая точность геомет-

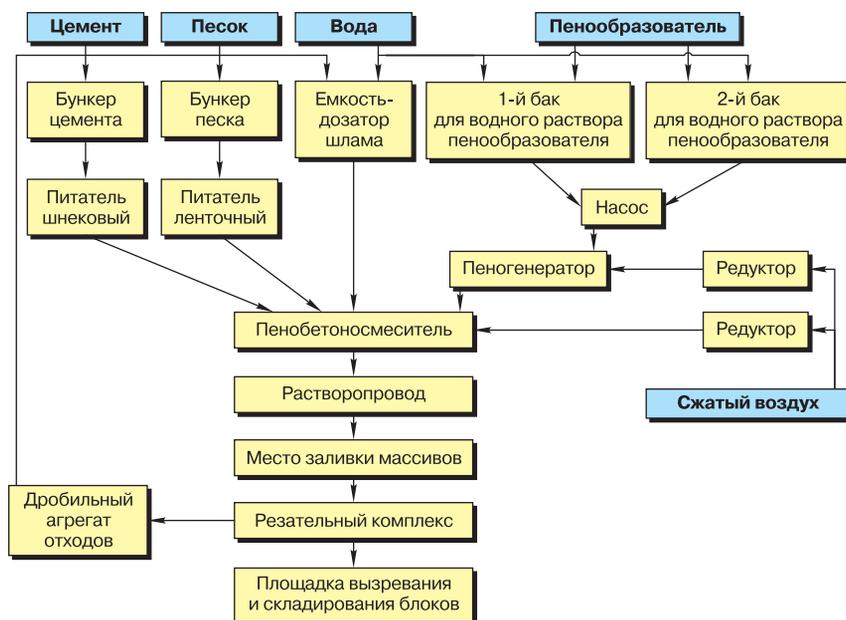


Рис. 1. Технологическая схема производства пенобетонных изделий



Рис. 2. Пенобетоносмеситель ПБР-1,5



Рис. 3. Пенобетоносмеситель Турбо-0,25



Рис. 4. Резательный комплекс: а – устройство для поперечной резки; б – устройство для горизонтальной резки; в – устройство для продольной резки

рических размеров блоков позволяет производить кладку на клею.

На представленном оборудовании возможно изготовление суперлегкого пенобетона с пористостью до 96%. Повышение прочности такой структуры достигается введением в состав сырьевой смеси дисперсного волокна и микрокремнезема. Микрокремнезем представляет собой побочный продукт металлургического производства в виде сверхмелких шарообразных частиц аморфного кремнезема. В качестве дисперсного волокна можно использовать стеклянное или базальтовое волокно, хризотил-асбест.

Дисперсные волокна перед введением в состав пенобетона обрабатывают жидким стеклом в количестве 0,5–2,5% от массы сырьевой смеси, перемешивание осуществляют до образования гомогенного коллоидного раствора.

Средний размер частиц микрокремнезема в 10–100 раз меньше зерен цемента. При гидратации микрокремнезем вступает в реакцию с минералами цемента, образуя коагуляционно-кристаллизационную массу и создавая межпоровые перегородки легковесного пенобетона. Высокие обороты ротора турбулентного пневмосмесителя обеспечивают флокуляцию, а дисперсные волокна создают армирующую структуру пенобетона.

Авторами предлагается концепция, которая объединяет запатентованные идеи нового пенобетона, способы его получения и специального оборудования. Перечисленные признаки определяют технологию создания материала нового поколения.

Учитывая высокую степень зрелости работы и ее перспективность, Российская инженерная академия заняла активную позицию в продвижении предлагаемой технологии в строительную практику Российской Федерации. Это наиболее доступный и эффективный материал для наружных стен, внутренних перегородок, теплозвукоизоляции перекрытий, покрытий каркасных и монолитных зданий, а также для термовкладышей и изоляции трубопроводов. Пенобетон приме-

ним для малоэтажного строительства и возведения мансардных этажей при реконструкции зданий.

Коэффициент экологичности пенобетона, по данным Минздрава РФ, составляет 2 и уступает только древесине (коэффициент 1). Для примера коэффициент экологичности керамического кирпича составляет 10, а керамзитобетона – 22. Пенобетон – долговечный материал, он не горит, эффективно защищает другие элементы зданий от возгорания, обладает высокими тепло- и звукоизолирующими свойствами.

Мобильность и сравнительно низкая стоимость оборудования позволяют осуществлять производство неавтоклавного пенобетона и строительство из него силами небольших хозяйственных структур.

В зависимости от назначения можно производить пенобетон в широком диапазоне физико-механических свойств: от теплоизоляционного до конструкционного. Техно-экономические показатели проектных решений однослойных и многослойных наружных стен для европейских областей Российской Федерации с использованием пенобетона, керамического и силикатного кирпича, пенополистирола убеждают, что пе-

нобетон является наиболее перспективным стеновым материалом.

В ноябре 2003 г. состоялся научно-технический совет Госстроя России на тему «Об основных направлениях развития стеновых материалов из ячеистых бетонов». В его решении отмечено, что многолетняя практика применения пенобетона подтвердила его multifunctionality. Долговечность, экономичность, паро- и воздухопроницаемость делают ячеистый бетон все более привлекательным строительным материалом в нашей стране. По мнению участников НТС, производство ячеистого бетона должно развиваться как в сборном, так и в монолитном вариантах. Специалистами ведущих институтов, в том числе Санкт-Петербургского зонального научно-исследовательского института проектирования (СПбЗНИиЭП), НИИЖБа и др., прогнозируется рост объема производства неавтоклавного пенобетона к 2020 г. более 8 млн м³.

Описанная в статье технология активно внедряется в России. По заказу предприятий созданы и успешно функционируют комплекты оборудования производительностью 4 тыс. м³, 12 тыс. м³ и 20 тыс. м³ в год.



СТРОМРОС

для теплых, надежных и дешевых стен

**Современные
мобильные установки
и стационарные промышленные
линии по производству пенобетона**

Дополнительное оборудование




Россия, 115088 Москва, ул. 1-я машиностроения, д. 5, стр. 1, оф. 4
Тел.: (095) 275-84-32, 275-84-94, факс: (095) 789-34-85
E-mail: udachkin@land.ru www.stromros.ru

Производство ячеисто-бетонных изделий по технологии AEROC

В 1991 г. в Эстонии началась реорганизация государственных организаций в частные предприятия. Для продолжения работ по направлению ячеистого автоклавного бетона на базе института НИПИСиликатобетон было создано частное акционерное общество «AEROC Engineering». Слово AEROC одновременно является и торговым знаком фирмы. За его основу взято сочетание слов на английском языке (light as air hard as rock), которые характеризуют как легкость, так и прочность этого материала.

Специалисты «AEROC Engineering» продолжили работы по созданию современных технологических линий и проекта завода по производству автоклавного ячеистого бетона. При этом работы велись в двух направлениях — создание завода большой производительности (до 240 тыс. м³ изделий в год) с универсальной номенклатурой выпускаемой продукции и создание специализированных заводов малой мощности (до 60 тыс. м³ изделий в год), ориентированных на выпуск мелких блоков и перегородочных плит.

«AEROC Engineering» провело также ряд работ по усовершенствованию и автоматизации технологического процесса производства качественной извести на Ракеском известковом заводе в Эстонии.

В результате в 2001 г. фирмой «AEROC» в Эстонии был построен новый современный завод по производству ячеистого бетона. Проект завода, разработка оборудования, технологии, автоматизация технологических процессов, строительство и пуск завода производился специалистами «AEROC Engineering».

Характерным является то, что кроме машиностроительных заводов России и Белавтоматстрома (Минск), «AEROC Engineering» других зарубежных фирм к поставке оборудования не привлекал. В этом не было необходимости, так как резательный комплекс, дозировочное, формовочное и смесительное оборудование, система автоматизации — это разработки «AEROC Engineering». Автоклавы, мельница, котельная, бортоснастка, решетки, тележки и др. металлоемкое оборудование изготавливалась на заводах России. Благодаря такому подходу завод «AEROC» оказался значительно дешевле зарубежных аналогов, не уступая им по качеству выпускаемой продукции и технико-экономическим показателям производства.



Панорама завода «AEROC»

Завод мощностью до 240 тыс. м³ изделий в год

Завод ячеистого бетона «AEROC» размещается на площади в 4 га. Завод ориентирован на производство 200 тыс. м³ изделий в год из автоклавного газобетона при 260 рабочих днях и трехсменном режиме работы. Производство можно организовать с двумя пусковыми комплексами, то есть с 4 автоклавами и производительностью 100 тыс. м³ и 8 автоклавами — 200 тыс. м³ в год.

При увеличении количества рабочих дней в году до 305 производительность завода составляет 240 тыс. м³ в год.

Проектом предусмотрена также полная утилизация отходов резки и калибровки массивов, что обеспечивает получение шлама отходов определенной плотности, который направляется в смесеприготовительное отделение и используется в качестве компонента ячеисто-бетонной смеси.

Номенклатура изделий

Номенклатура изделий и их физико-механические характеристики приведены в таблице.

Изделия AEROC с классом плотности 400 кг/м³ выпускаются с маркировкой AEROC EcoTerm, изделия с классом плотности 500 кг/м³ — с маркировкой AEROC Classic для мелких блоков и AEROC Element — для перегородочных плит. Кроме этого завод AEROC производит U-образные блоки для перемычек, а также армированные перемычки и панели перекрытий. Максимальная длина панелей перекрытий 6 м, ширина 0,6 м, высота от 150 мм до 300 мм. Полезная нагрузка до 4 кН/м².

Для всех изделий AEROC класс плотности означает, что объемная масса изделий в сухом состоянии не превышает соответственно 400 кг/м³ или 500 кг/м³, то есть средняя объемная масса для этих изделий составляет соответственно 380 кг/м³ и 480 кг/м³. При этом изделия обладают высокой морозостойкостью: для класса плотности 400 — 50 циклов, а для класса плотности 500 — 75 циклов.

Расчетный коэффициент теплопроводности λ при уравновешенной весовой влажности 4–6% для изделий AEROC EcoTerm 0,1 Вт/(м·К), а для изделий AEROC Classic 0,11 Вт/(м·К).

Технические показатели изделий AEROC отражены в сертификате, выданном Российской Федерацией.



Технологическая линия

AEROC EcoTerm

Блоки AEROC EcoTerm – это уникальный строительный материал, обладающий как достаточной прочностью, так и хорошими теплоизоляционными свойствами.

Строительные блоки AEROC EcoTerm производятся из ячеистого бетона, класс плотности которого равен 400, класс прочности при сжатии B2,5. Такая прочность достаточна для того, чтобы выполнять кладку несущих стен высотой в 3 этажа.

Массивные и легкие стеновые блоки шириной 375 мм AEROC EcoTerm 375 позволяют выполнять кладку однослойных наружных ограждающих конструкций, которые обладают высокой теплозащитой и низкой воздухопроницаемостью и в то же время не нуждаются в дополнительной теплоизоляции. Сопротивление теплопередаче такой стены с отделкой составляет $R_{\text{тп}}^0 = 3,94 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Стеновые блоки AEROC EcoTerm 300 производятся из ячеистого бетона, класс плотности которого равен 400, класс прочности при сжатии B2,5. Блоки шириной 300 мм применяются в основном при возведении наружных однослойных стен общественных зданий и сооружений. Сопротивление теплопередаче такой стены с отделкой составляет $R_{\text{тп}}^0 = 3,19 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

AEROC Classic

Строительные блоки AEROC Classic производятся из ячеистого бетона, класс плотности которого равен 500, класс прочности при сжатии B3,5. Ширина блоков представлена четырьмя типоразмерами: 300 мм, 250 мм, 200 мм, 150 мм.

Строительные блоки AEROC Classic можно применять при возведении многослойных наружных стен с утеплением или внутренних несущих стен.

Все блоки AEROC относятся к 1-му классу качества кладочных камней.

AEROC Element

Перегородочные плиты AEROC Element производятся из ячеистого бетона, класс плотности которого равен 500, класс прочности при сжатии B3,5. Плиты квадратной формы размером 600×600 мм имеют толщину 100 мм.

Перегородочные плиты AEROC Element предназначены для строительства внутренних ненесущих перегородок высотой до 3,5 м.

Благодаря применению плит AEROC Element обеспечивается быстрое строительство перегородок. Для

Класс плотности	Класс прочности	Номинальные/действительные параметры, мм ширина × высота × длина
400	B2,5	$\frac{375 \times 200 \times 600}{374 \pm 1,5 \times 198 \pm 1 \times 599 \pm 3}$
400	B2,5	$\frac{300 \times 200 \times 600}{299 \pm 1,5 \times 198 \pm 1 \times 599 \pm 3}$
500	B3,5	$\frac{300 \times 200 \times 600}{299 \pm 1,5 \times 198 \pm 1 \times 599 \pm 3}$
500	B3,5	$\frac{250 \times 200 \times 600}{249 \pm 1,5 \times 198 \pm 1 \times 599 \pm 3}$
500	B3,5	$\frac{200 \times 200 \times 600}{199 \pm 1,5 \times 198 \pm 1 \times 599 \pm 3}$
500	B3,5	$\frac{150 \times 200 \times 600}{149 \pm 1,5 \times 198 \pm 1 \times 599 \pm 3}$
500	B3,5	$\frac{100 \times 600 \times 600}{99 \pm 1,5 \times 596 \pm 2 \times 596 \pm 3}$

кладки 1 м² стены требуется 2,8 плиты. Стены, введенные из плит AEROC Element, не требуют предварительной подготовки (оштукатуривания) для выполнения отделочных работ – их можно сразу же шпательовать или облицовывать керамической плиткой. Плиты AEROC Element особенно пригодны для применения во влажных помещениях, а также в случаях, когда требуется повышенная огнестойкость (EI 120 мин).

Для повышения строительства из изделий AEROC выпускаются специальные сухие строительные смеси: клеевая смесь AEROC для блоков, клеевая смесь AEROC для плит перегородок, ремонтная смесь AEROC для устранения дефектов (выбоин и вмятин) в кладке из блоков и плит AEROC. Кроме этого выпускается специальный ручной инструмент.

Изделия AEROC кроме Эстонии поставляются в Латвию, Литву, Данию, Швецию и Финляндию.

Весьма перспективным регионом применения изделий AEROC является Санкт-Петербург, который от завода AEROC расположен на расстоянии всего 270 км. Реализацией изделий в Санкт-Петербурге занимается дочернее предприятие AEROC – ЗАО «Петробетон».

Совместно с проектными и строительными организациями Санкт-Петербурга разработаны проекты и осуществляется их реализация с комплексным применением изделий AEROC.

AEROC

ЛЕГКИЙ КАК ВОЗДУХ, ТВЕРДЫЙ КАК КАМЕНЬ

www.aeroc.ee

www.aeroc.ru

Офис в Таллинне:

Мянику теэ 123, 11216

Таллинн, Эстония

Тел.: (372) 655-91-12

Факс (372) 655-91-14

e-mail: aeroc@aeroc.ee

Представитель в России:

ЗАО «Петробетон», 197376 Санкт-Петербург,

ул. Профессора Попова, д. 47

Тел.: (812) 449-05-05

Факс: (812) 449-05-00

e-mail: aeroc@aeroc.ru



Линия упаковки



AEROC
ЛЕГКИЙ КАК ВОЗДУХ, ТВЕРДЫЙ КАК КАМЕНЬ



Подача формы на виброплощадку
формовочного поста



Резательный комплекс



Загрузка автоклавов



Подача автоклавированного массива
под разборщик

На отечественном оборудовании — по современной технологии

В последнее время все большее внимание уделяется вопросам создания современных и повышения эффективности действующих мощностей по производству автоклавного ячеистого бетона (АЯБ). Статистика такова: в 1985 г. в России (в составе СССР) было произведено АЯБ около 2 млн м³, в 2003 г. — 1,6 млн м³. При этом качество изделий, выпускаемых на отечественном оборудовании, значительно уступает продукции, выпускаемой на импортном.

Главной причиной этого является несоответствие существующего отечественного оборудования современным требованиям, а аналогов импортному в стране не производится. Стоимость импортного оборудования такова, что затраты на его приобретение окупаются лишь за 7–8 и более лет. Кроме того, покупатель попадает в валютную зависимость, обусловленную необходимостью приобретать комплектующие, запчасти, элементы автоматики и др.

Зарубежные фирмы («Итонг», «Хебель», «Верхан», «Дюрокс-Калсилоск», «Маза-Хенке», «Дорстенер», «Сипорекс», «Селкон», «Чёри» и др.) стремятся создавать линии с полной механизацией и автоматизацией технологических процессов, а на заключительных операциях — с применением роботов.

Для современных условий России не все эти концептуальные направления беспорны. Необходимости создания рабочих мест, относительно невысокая заработная плата в промышленности, трудности привлечения инвестиций и другие факторы заставляют изыскивать иные пути решения вопроса развития производства АЯБ в нашей стране.

Совместными усилиями специалистов ЗАО «Корпорация Стройматериалов», ЗАО «ВКСМ» и ЗАО «ТМП» было создано комплектное конкурентоспособное технологическое оборудование, разработана проектная документация на строительство (реконструкцию) заводов по производству АЯБ мощностью 50–60, 70–80, 100–120 тыс. м³ изделий в год (соответственно 50–60, 70–80, 100–120 млн шт. усл. кирпича в год). Проработана концепция создания таких производств как на новых площадках, так и на действующих предприятиях и в первую очередь на заводах силикатного кирпича, где можно эффективно использовать производственную инфраструктуру (тепловые и энергетические мощности, автоклавы, мельницы, приемные устройства, склады и т.п.).

Первый проект реконструкции одного из участков производства силикатного кирпича был завершен на ЗАО «ВКСМ» в октябре 2003 г. Создано производство ячеистобетонных блоков мощностью 70 тыс. м³ в год. В этом проекте реализована оригинальная технологическая схема, обеспечен достаточно высокий технический уровень.

Приемка, хранение, подача, подготовка и дозирование сырьевых компонентов, виброформование, кантование, распалубка и сборка форм, подача и возврат поддонов, горизонтальная и вертикальная резка массива, возврат отходов после резки, подача форм и поддонов на резательные и автоклавные тележки, конвейер возврата поддонов, выгрузка и разборка массива после автоклавной обработки, формирование пакетов изделий на складских тележках, вывоз готовой продукции на склад механизированы. Система контроля и управления технологическими процессами предусматривает полуавтоматический и ручной режимы.

Используемые материалы: известь негашеная Россошанского завода активностью 75–85% с температурой гашения 80–90°C и временем гашения 3–5 мин; цемент ПЦ500Д0, песок кварцевый карьерный М_{кр} 1,7–2 (глинистые примеси 3–4%); алюминиевая пудра в виде пасты. Объем формуемого массива около 3 м³.

За шесть месяцев работы новое производство вышло на уровень 60% проектной мощности. Качество продукции соответствует требованиям международных стандартов. Плотность 500–550 кг/м³, прочность более 2,5 МПа. В результате проведенной реконструкции одного из производственных участков завода дополнительно создано около 40 рабочих мест, расширена номенклатура выпускаемой продукции, улучшены экономические показатели предприятия, решен ряд вопросов социального плана.

В настоящее время закончено проектирование и ведется подготовка к строительству еще двух объектов мощностью 50 тыс. м³ и 120 тыс. м³ в год, начато проектирование объекта мощностью 130 тыс. м³ в год.

А.И. СЕЛЕЗСКИЙ, член-кор. Российской и Международной инженерных академий, генеральный директор ЗАО «СИЛБЕТИНДУСТРИЯ» (Москва), С.А. ЛАШКОВ, канд. экон. наук, генеральный директор ООО «Строммашина» (г. Бологое Тверской обл.)

Технологические линии по производству газобетона автоклавного твердения ЗАО «СИЛБЕТИНДУСТРИЯ»

При выборе технологии производства ячеистого бетона автоклавного твердения основными критериями являются цена оборудования и обеспечение качества строительных изделий, которое возможно на нем получить. Под качеством подразумевается точность резки изделий для обеспечения возможности монтажа на клею с отклонением геометрических размеров $\pm 1-1,5$ мм, а также обеспечение требований по плотности, прочности при сжатии и морозостойкости.

ЗАО «СИЛБЕТИНДУСТРИЯ» совместно с Бологовским ООО «Строммашина» проектирует и поставляет оборудование для технологических линий заводов ячеистого бетона автоклавного и неавтоклавного твердения.

Основная масса заказчиков использует существующие здания и сооружения заводов ЖБИ, домостроительных комбинатов, цеховые пролеты в которых шириной 18 м. В этих условиях при ограниченных производственных площадях и учитывая специфику современной технологической планировки линий, целесообразно применение ударной технологии формовки массивов. Применение ударной технологии помимо значительного улучшения физико-механических показателей позволяет уменьшить площадь производственных помещений, необходимых для созревания массивов при литьевой технологии. Примерная продолжительность (ч) вызревания массивов до разрезки при литьевой и ударной технологии приведена в таблице.

Важным моментом при формировании технологических линий является организация помола сырьевых компонентов. Тонкость помола и ее стабильность существенным образом влияют на качество готовой продукции.

Для линий малой производительности может быть оправдан совместный помол предварительно высу-

шенного песка, дробленой извести и цемента. Это обеспечит тщательное перемешивание тонкоизмельченной смеси. В варианте применения известкового вяжущего совместный помол дробленой извести, высушенного песка и небольших количеств гипса. Для линий малой производительности оптимально применение 1–2 шаровых мельниц совместного сухого помола дробленой извести и сухого песка.

В этом случае существенно упрощается технологическая схема производства с точки зрения смешивания, дозировки. Существенным моментом будет и экономия мелющих тел. Расход мелющих тел на 1 т молотого материала: при совместном помоле песка и извести (1:1) – 0,8–1,2 кг; при сухом помоле песка – 1–2,5 кг; при мокрому помоле песка – 3–4 кг.

Для линий высокой производительности целесообразно применение раздельного тонкого помола негашеной извести и мокрому помола песка. В этом случае гарантируется обеспечение необходимой тонкости помола при меньших затратах энергии и времени на помол. Для мокрому помола песка оправданно применение высокопроизводительных шаровых мельниц большого диаметра. Существует кубическая зависимость производительности шаровых мельниц от внутреннего диаметра барабана, и линейная – от его длины и загрузки мелющими шарами.

Повышение требований к тонкости помола извести (в последнее время признается желательной величи-

на около 7000 см²/г) заставляет применять центробежные мельницы сухого помола с классификаторами.

Автоклавная обработка в последнее время все больше переводится на автономные источники пара с возможностью оптимального паропроизводства.

Вариация плотности массивов (блоки, армированные изделия, теплоизоляция) требует разных режимов автоклавной обработки. Парогенераторы с автоматическим управлением позволяют обеспечить нужный режим автоклавной обработки наиболее экономичным способом.

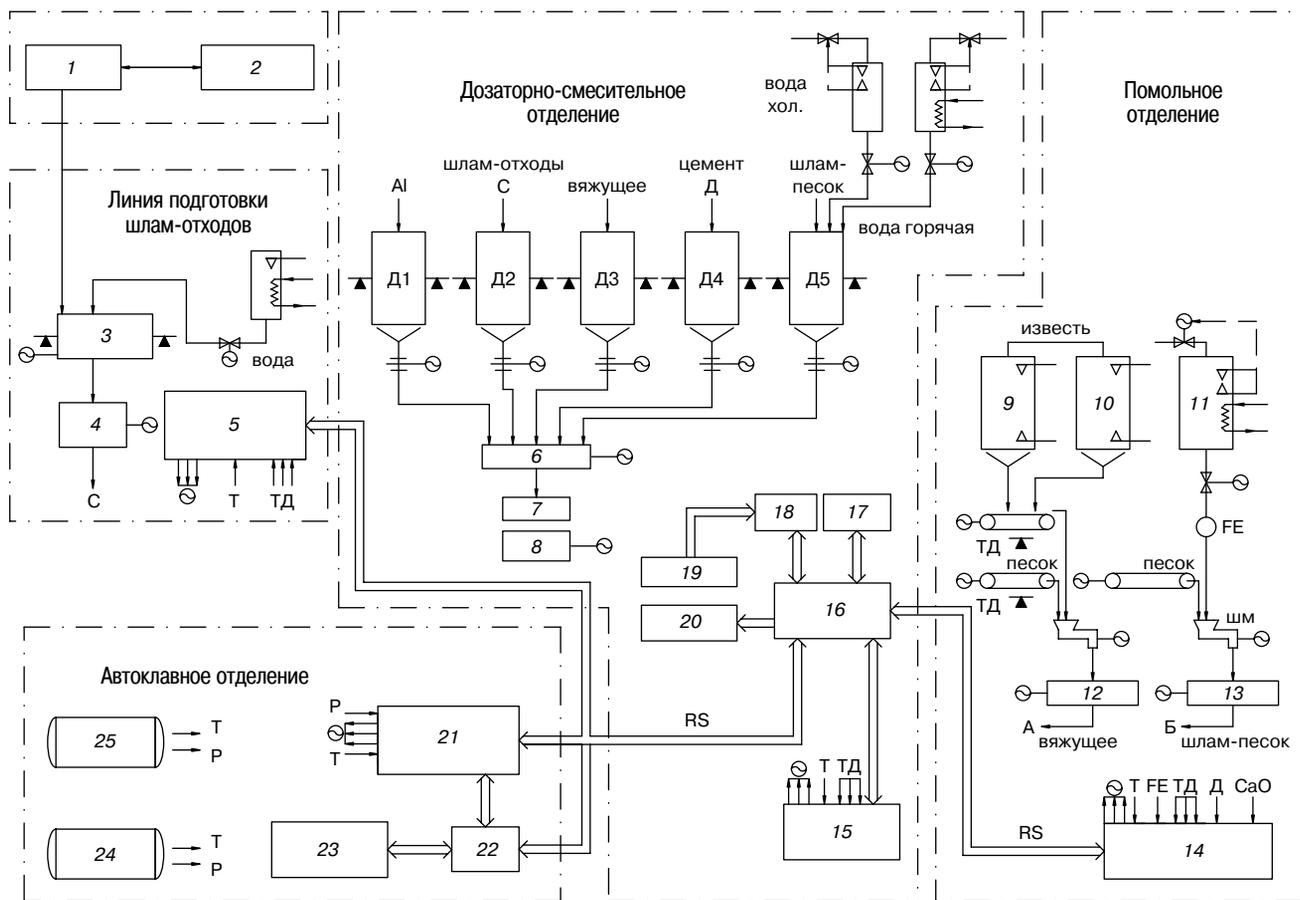
Технологические линии, поставляемые ЗАО «СИЛБЕТИНДУСТРИЯ», удовлетворяют всем этим требованиям.

Линия «Экстраблок» обеспечивает производительность до 75 тыс. м³ в год. Массив высотой до 900 и шириной 600 мм режется короткой струной на поддоне формы. Длина формы от 3600 до 4200 мм.

Линия СБИ-80 обеспечивает производительность до 150 тыс. м³ в год. Массив высотой 600 мм, шириной 1500 мм и длиной 6000 мм из формы бортами переносится на машину поперечной резки, а затем на машину продольной резки. Массив режется короткой струной.

Третье направление работ – модернизация ранее поставленных резательных комплексов «Универсал-60» с целью повышения точности продольной и поперечной резки до $\pm 1,5$ мм. Механизм поперечной резки заменяется на новый, а меха-

Вид вяжущего	Литьевая технология	Ударная технология
Известковое	1,5	1
Известково-цементное, цементно-известковое	2,5	1,5
Цементное	6	4



Система контроля и автоматизированного управления технологическими процессами: 1 – резательный комплекс; 2 – пульт управления; 3 – шлам-бассейн; 4 – мешалка; 5 – мешалка; 6 – смеситель; 7 – форма; 8 – ударная площадка; 9 – СБ I; 10 – СБ N; 11 – вода; 12 – гомогенизатор; 13 – мешалка; 14 – пульт управления помольным отделением; 15 – пульт управления дозаторным отделением; 16 – персональный компьютер ПК1; 17 – дисплей графический; 18 – дисплей текстовый; 19 – клавиатура; 20 – принтер; 21 – пульт управления автоклавным отделением; 22 – персональный компьютер ПК2; 23 – дисплей; 24, 25 – автоклав; RS – интерфейс; FE – температурный датчик; T – датчик временного интервала; P – преобразователь давления; ТД – тензодатчик; Д – плотность; CaO – активность вяжущего

низ продольной резки дорабатывается с применением ромбовидных направляющих штанг. Одновременно блоки при резке массива переориентируются на 90°, что в свою очередь позволяет обеспечить резку их по ширине с дискретностью 50 мм, а также выполнить паз в одном из торцов блока.

Требуемое качество изделий из газобетона обеспечивается введением в состав оборудования технологической линии автоматизированной системы контроля и управления технологическим процессом (АСКУ). Блок-схема АСКУ представлена на рисунке.

АСКУ предусматривает полуавтоматический и ручной режимы управления технологическим процессом производства газобетона, что обеспечивает непрерывность производства при неисправности какого-либо из звеньев АСКУ, а также позволяет вести автономную подрегулировку любого из элементов технологической линии. При этом АСКУ предусматривает блокировку ошибочных действий оператора в ручном режиме управления.

АСКУ в своем составе имеет централизованный системный блок ПК (ПК1), размещенный в дозаторно-смесительном отделении и связанный через унифицированный интерфейс (RS) с пультами управления помольного, автоклавного отделений и пультом управления линией переработки отходов резки (шлам-отходы). Данные о состоянии оборудования, температурные параметры составляющих газобетонной смеси, расходные данные этих составляющих (в составе АСКУ используются унифицированные весоизмерительные устройства на тензодатчиках и счетчики расхода в единицах массы); данные по давлению и расходу пара в автоклавах нормализуются вторичными преобразователями и через адаптеры RS передаются в ПК1 для оценки текущего состояния техпроцесса.

В АСКУ использована подсистема контроля и управления режимами тепловлажностной обработки изделий в автоклавах (ПК2). При этом ПК1 является звеном верхнего уровня, обеспечивающим контроль граничных параметров ведения

процесса автоклавной обработки (параметры стадий изотермического прогрева, температурные перепады на всех стадиях, включая разность температур по сечению автоклавов, перепуск пара, вакуумирование автоклавов, энергосбережение), что в целом обеспечивает повышение надежности эксплуатации автоклавов, а также позволяет повысить качество выпускаемой продукции.

Пульты управления работой оборудования всех отделений технологической линии позволяют операторам вести управление и контроль каждой команды с индикацией ее исполнения и индикацией рабочих параметров (температура, давление, весовые характеристики и т. д.), включая контроль заполнения и расхода расходных материалов в силосных банках (СБ), а также отображение нарушений техпроцесса (сводообразование в СБ сыпучих материалов, прекращение подачи воды, ее подогрева и др.).

При несоответствии текущих параметров техпроцесса заданным производится вызов оператора отде-

ления с помощью световой и звуковой сигнализации и оповещение оператора, ведущего контроль всего техпроцесса (ПК1). Данные пультов отделений дублируются на экранах мониторов ПК1, обеспечивая сквозной контроль рабочего состояния всей технологической линии, с отображением текущего состояния оборудования линии на графическом цветном дисплее (мнемосхеме линии) и числовыми параметрами техпроцесса на дисплее с текстовой индикацией.

Такое построение АСКУ позволяет с высокой надежностью вести техпроцесс на всех его стадиях, фиксируя действия операторов, что повышает ответственность персонала и позволяет устранить повторное появление субъективных ошибок, а также ускорить отработку техпроцесса на стадии запуска производства и в процессе отработки новых рецептов изготовления газобетона.

АСКУ при нарушениях напряжения питания обеспечивает фиксацию параметров техпроцесса на момент прерывания питания, исключая возможность самозапуска оборудования линии при подаче напряжения питания.

Надежность работы АСКУ обеспечивается периодическим и текущим (по основным параметрам работы автоклавов, весоизмерительных и дозирующих устройств) самоконтролем каналов связи, а также тестированием всей программы ведения техпроцесса.

Аппаратная реализация АСКУ и ее программное обеспечение позволяют:

- иметь библиотеку рецептов приготовления газобетона;
- производить пересчет составов выбранной рецептуры с учетом текущих параметров составляющих газобетонной смеси (температура, влажность, гранулометрический состав, активность извести по данным заводской лаборатории и по оперативному контролю активности вяжущего с помощью встроенного прибора, а также другие параметры). При этом все корректирующие изменения фиксируются в электронной и твердой копиях ведения техпроцесса;
- вести учет расходуемого сырья и выхода изделий из газобетона (сутки, месяц, год);
- обеспечивать выдачу рекомендаций операторам по устранению

тех или иных отклонений параметров на линии;

- производить корректировку параметров техпроцесса, выборку накопленной информации только по паролю технолога, отвечающего за техпроцесс, при этом исключается возможность несанкционированного доступа;
- адаптировать АСКУ для подключения к централизованной системе (АСУ) предприятия в целом, с созданием постов контроля за работой технологической линии производства газобетона руководством предприятия.

Реализация АСКУ производится с максимальной унификацией по первичным преобразователям (датчикам) и вторичным преобразователям, выпускаемым отечественной промышленностью, что позволяет повысить эксплуатационные показатели АСКУ, а также резко снизить ее стоимость, обеспечить ее адаптацию к существующему оборудованию (при реконструкции существующих предприятий, производящих строительные материалы). Использование системных блоков ПК, совместимых с ПК IBM PC, позволяет понизить требования к квалификации обслуживающего АСКУ персонала.

СВ ЗАО "СИЛБЕТИНДУСТРИЯ"

Создано в 1992 г. при участии НИПИСиликатобетон (г. Таллинн, Эстонская Республика) и Бологовского завода «Строммашина»

Осуществляет проектирование, изготовление, поставку и шеф-монтаж технологических линий нового поколения для выпуска изделий из автоклавного газобетона.

В проектах линий реализуются:

- раздельный помол песка и извести до оптимальных и контролируемых удельных поверхностей;
- рациональная система технологической транспортировки сырьевых компонентов;
- гидродинамический принцип смесеприготовления;
- ударное формование массивов;
- локальное пароприготовление при помощи парогенераторов;
- система автоматизированного контроля и управления технологическим процессом.

Приглашаем к сотрудничеству всех, кто заинтересован в развитии растущего и перспективного рынка автоклавного газобетона.

ЗАО «СИЛБЕТИНДУСТРИЯ»

Россия, Москва, Рязанский проспект, д. 26, офис 304
Телефон: (095) 174-01-56, e-mail: silbetblok@mtu-net.ru

ООО «Строммашина»

Россия, г. Бологое, Тверская область, ул. Горская, 120
Телефон: (08238) 2-25-53

Ттенденции развития формовочно-резательного оборудования для производства мелкоштучных ячеисто-бетонных изделий

Применение в современном малоэтажном и высотном каркасном строительстве мелкоштучных ячеисто-бетонных блоков связано с энергосбережением, снижением массы возводимых объектов, уменьшением трудоемкости и повышением комфортности возводимого жилья. Совокупность этих факторов определяет большой объем использования ячеисто-бетонных изделий в мировой практике жилищного строительства.

Так, в ряде европейских стран автоклавные ячеисто-бетонные изделия уже давно стали одним из широко используемых стеновых материалов. В настоящее время годовой объем производства мелкоштучных ячеисто-бетонных изделий в странах СНГ в сравнении с европейскими странами очень мал. Только Белоруссия имеет сравнимые показатели — 150 м³/год на тысячу жителей. В России и Украине уровень производства таких изделий на порядок ниже.

С введением в действие новых, более жестких норм для вновь возводимых и реконструируемых зданий повышается спрос на теплоизоляционные и конструкционно-теплоизоляционные стеновые материалы. С целью удовлетворения возрастающего спроса на эти изделия многие предприятия строительной отрасли начали развивать кассетное производство блоков неавтоклавного твердения по пенобетонной технологии. При небольшой производительности кассетная технология характеризуется наименьшими затратами на организацию производства, но имеет ряд существенных недостатков, не позволяющих достигать высоких физико-механических свойств бетона и качественных характеристик изделий [1]. Это отрицательно сказывается на свойствах возводимых стеновых ограждающих конструкций, трудоемкости строительства, пере-

расходе кладочных и отделочных материалов, долговечности стен.

Более высокой ступенью развития технологии производства ячеисто-бетонных изделий является резательная технология, основные принципы которой заключаются в формировании массива с последующей его разрезкой на изделия необходимых типоразмеров на специальном резательном оборудовании, когда массив находится в полупластическом состоянии. Резательная технология позволяет устранить ряд недостатков, присущих кассетному способу формирования изделий, но имеет ряд характерных особенностей [2]. На некоторых из них далее остановимся подробнее.

Использование примитивного резательного оборудования как в пенобетонной, так и в газобетонной технологиях не позволяет получать изделия точных размеров с предельными отклонениями в $\pm 1-1,5$ мм. А именно такая точность размеров мелкоштучных ячеисто-бетонных стеновых блоков дает возможность кладки стен на клеевых растворах, что обеспечивает минимальный расход кладочных и отделочных материалов, а главное, позволяет максимально использовать тепло-технические свойства ячеистого бетона в ограждающих конструкциях возводимых зданий [3, 4].

Положительной особенностью технологии пенобетона является то, что создание ячеистой структуры происходит в момент приготовления пенобетонной смеси и структурообразование в меньшей степени зависит от температурного фактора [5]. При производстве мелкоштучных пенобетонных изделий по резательной технологии выделим ряд особенностей, которые связаны со структурными свойствами сырца пенобетонного массива.

1. Выдержка пенобетонного массива до снятия бортоснастки составляет 6–12 ч, тогда как для газобе-

тонного массива это время находится в пределах 1,5–4 ч. Увеличение времени выдержки массива до разрезания приводит к необходимости большего количества производственных площадей для постов выдержки, а также большего количества бортоснастки, что соответственно увеличивает удельную металлоемкость производства.

2. После заливки смеси в форму в результате экзотермических реакций гидратации вяжущего, а также теплообменных процессов, происходящих между ячеисто-бетонным массивом и бортоснасткой, по сечению массива может наблюдаться разность температур, которая увеличивается в направлении геометрического центра массива. Это явление — так называемый ядровый разогрев тем значительнее, чем больше размеры массива приближаются к форме куба. В первую очередь это сказывается на неравномерности набора структурной прочности массива, и на практике можно наблюдать, когда в центре массива структурная прочность соответствует или превышает необходимую прочность для его разрезки, а по краям формы массив «плывет», что затрудняет процесс резки.

3. Введение оптимального количества структурообразующих или комплексных добавок позволяет сократить время выдержки до разрезания и уменьшить влияние ядрового разогрева массива, но необходим их правильный подбор, совместимость со свойствами пенообразователя и рядом других технологических параметров производства.

4. При подогреве пенобетонной смеси скорость структурообразования возрастает, и диапазон времени осуществления резания сужается. При этом не всегда представляется возможным совместить оптимальные технологические ритмы работы формовочного и резательного оборудования.

5. Большое влияние на физико-механические свойства сырца пенобетонного массива и скорость нарастания структурной прочности оказывает как сам метод приготовления пенобетонной смеси, так и обеспечение повторяемости состава, определяющееся качеством работы технологического оборудования [5]. Поэтому резку пенобетонного массива на практике осуществляют при большей структурной прочности массива и соответственно с использованием более прочных (большей толщины) струн, а для уменьшения вертикального недореза — струн с навивкой. Для пенобетонной технологии уже производят специальное резательное оборудование, которое обеспечивает разрезание сырца массива при значительно большей структурной прочности, чем у автоклавного ячеистого бетона [6]. При использовании струн с навивкой на поверхности изделий наблюдается своеобразный рисунок, так называемый драконов зуб, и уплотнение поверхности разрезаемых изделий аналогично кассетному формованию пенобетонных блоков. В эксплуатационных условиях уплотненный слой поверхности изделий часто отслаивается из-за различных величин усадки самого изделия и его поверхностного слоя [1].

6. Выполнение горизонтального реза ячеисто-бетонного массива с использованием струн увеличенного диаметра приводит к необратимым деформациям слоев массива и появлению трещин.

На формирование оптимальных размеров массива оказывают влияние не только физико-механические свойства сырца ячеисто-бетонного массива, но и основные принципы резания, определяющие получение изделий точных размеров. основополагающий принцип получения точных размеров изделий — это использование как можно более короткого реза, что вносит определенные ограничения в размеры формируемого массива.

За последние годы наблюдается определенная эволюция развития резательного оборудования для производства мелкоштучных ячеисто-бетонных изделий. Проведенный нами анализ развития этой технологии выявил тенденцию совершенствования поддонной транспортировки массива и перехода на минимально короткий рез [2]. Здесь следует отметить два основных направления.

1. Массив остается на формовочном поддоне без технологической операции кантования (линии «Агроблок», «Виброблок», «Экстраблок», «Конкрес» и др.).

2. Массив кантуется на боковой борт формы при повороте ее на 90° (линии «Итонг», «Маза-Хенке», «Хётген») или подставной поддон («Верхан»).

Для первого направления высота откалиброванного массива чаще всего составляет 0,6 и 0,8 м и не может превысить значительно этой величины. Это взаимосвязано как со свойствами исходных сырьевых материалов, так и со свойствами поризуемой бетонной смеси, то есть с процессами, происходящими при образовании ячеисто-бетонного массива. Практически для конструкционно-теплоизоляционных бетонов высота вспучивания ограничивается размером 0,6–0,8 м, а для теплоизоляционных 0,3–0,4 м. Седиментационные процессы могут быть сведены к минимуму за счет оптимальной величины вязкости смеси и дисперсности твердых компонентов [7].

Для второго направления высота вспучивания массива равна длине минимального реза, последующее кантование массива на 90° позволяет производить эту операцию по его короткой стороне. Здесь выполнение продольного горизонтального реза связано с некоторыми особенностями. Увеличение ширины массива, а после операции кантования — высоты приводит к росту удельного давления в образовавшемся резе, что способствует восстановлению количества контактов в структуре бетона. Разделение слипшихся изделий производят после тепло-влажностной обработки механическим способом и для этого используют сложный манипулятор — делитель. Не исключено получение некачественной поверхности изделий, трещинообразование, что взаимосвязано как со структурными свойствами ячеисто-бетонного массива, так и со скоростью проведения данной операции.

Длина ячеисто-бетонного массива является наиболее подходящим размером для увеличения объема массива и соответственно производительности технологической линии при прочих равных условиях, которая взаимосвязана с техническими характеристиками смесительного, транспортного, резательного и теплотехнического оборудования. Поэтому при разработке формовочно-резательного оборудования необходимо рассматривать комплекс взаимосвязанных вопросов: номенклатура выпускаемой продукции — годовая производительность — технология — технологическое оборудование.

Анализируя складывающуюся ситуацию в строительной отрасли, возрастающий спрос на ячеисто-бе-

тонную продукцию и повышение ее стоимости, прогнозируем увеличение спроса на формовочно-резательное оборудование в странах СНГ. При этом оно будет использоваться как при организации новых производств, так и для реконструкции недогруженных по мощности заводов железобетонных изделий и заводов силикатного кирпича.

С организацией современного производства ячеисто-бетонных изделий возрастает наукоемкость технологии, усложняется технологическое оборудование, увеличивается степень автоматизации всех процессов производства, и это для единственной цели — получения качественной и конкурентоспособной продукции, отвечающей современным требованиям и методам строительства. В создании новых технологий и оборудования необходима совместная работа научно-исследовательских коллективов, производителей оборудования и заводских технологов.

Назрел вопрос пересмотра нормативной документации в этом направлении. Так, некоторые положения ГОСТ 21520–89 «Блоки из ячеистых бетонов стеновые мелкие» требуют пересмотра в связи с изменением теплотехнических требований к ограждающим конструкциям. Некоторые положения ГОСТ (ДСТУ) «Бетоны ячеистые» требуют доработки и уточнения. Необходимо уточнить расчетные величины теплопроводности ячеисто-бетонных изделий на основе фактических показателей эксплуатационной влажности в наших условиях (по примеру стран Западной Европы, Республики Беларусь, А-4%, Б-5%) и внести изменения в соответствующий нормативный документ (СНиП II-3–79 с изменениями).

Возросший спрос на этот вид стеновых материалов, технологию их производства подтверждается и тем, что в 2003 г. в России и Украине состоялось четыре конференции и семинара: международная конференция «Автоклавный ячеистый бетон: производство, проектирование, строительство, бизнес» (Москва, Сокольники); международный научно-практический семинар «Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве» (Днепропетровск, ПГАСА); международная конференция «Пенобетон-2003» (Белгород, БГТУ); производственно-технический семинар «Модернизация и развитие производственно-технической базы для увеличения объемов производства ячеисто-бетонных изделий в Украине» (Киев, НИИСП).

Список литературы

1. *Большаков В.И., Мартыненко В.А.* О развитии производства мелкоштучных блоков из ячеистого бетона неавтоклавного твердения // Строительные материалы и изделия. 2002. № 1. С. 13–15.
2. *Большаков В.И., Мартыненко В.А., Ястребов В.В.* Производство изделий из ячеистого бетона по резательной технологии. Днепропетровск: Пороги, 2003. 144 с.
3. *Сажнев Н.П., Гончарик В.Н., Гарнашевич Г.С., Соколовский Л.В.* Производство ячеисто-бетонных изделий: теория и практика. Минск: Стринко. 1999. 284 с.
4. *Сажнев Н.П., Шелег Н.К.* Производство ячеистобетонных изделий по технологии фирмы «Хебель» // Белорусский строительный рынок. Сб. статей. 2003. С. 13–17.
5. *Мартыненко В.А.* Ячеистые и поризованные легкие бетоны // Сб. научных трудов. Днепропетровск: Пороги. 2002. 172 с.
6. *Вахрушев А.* «Регион-100» – новое оборудование для производства ячеистого бетона с помощью резательной технологии // ТехноМир. 2001. № 4. С. 56–57.
7. *Мартыненко В.А., Ворона А.Н.* Запорожский ячеистый бетон. Днепропетровск: Пороги. 2003. 95 с.

ЛАБОРАТОРИЯ ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ ПРИДНЕПРОВСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

Лаборатория аналитических и проектно-конструкторских работ имеет опыт для практического изготовления смесительного и формовочно-резательного оборудования.

Готовы к взаимовыгодному сотрудничеству с предприятиями, специализирующимися как в области производства ячеисто-бетонных изделий, так и в изготовлении оборудования для промышленности строительных материалов.

Украина, 49600, г. Днепропетровск, ул. Чернышевского, 24-а
Телефон/факс: (+38 0562) 47-16-44
E-mail: vam@pgasa.dp.ua
Internet: www.pgasa.dp.ua/labconcrete

25-28
МАЯ



ОМСК
2004

Международный выставочный центр "Интерсиб" СИБИРСКАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ НЕДЕЛЯ

В объединенной экспозиции:



СТРОЙПРОГРЕСС

9-я специализированная выставка с международным участием. Строительство и архитектура, оборудование, техника, инструменты, материалы и конструкции. Строительные и отделочные материалы. Системы отопления, вентиляции, кондиционирования и водоснабжения. Сантехника. Стекло. Керамика. Окна. Двери. Инструмент. Лаки. Краски. Программное обеспечение для строительства.



ДРЕВСТРОЙЭКСПО

5-я специализированная выставка с международным участием. Лесопродукция, стройматериалы из дерева и с применением древесины. Столярные и плотницкие работы. Машины, оборудование, материалы для лесной, деревообрабатывающей и мебельной промышленности. Мебель, мебельные материалы, фурнитура.



ДОРОГИ. МОСТЫ

Специализированная выставка. Обеспечение безопасности дорожного движения. Дорожная техника. Оборудование. Технологии строительства, реконструкции, ремонта и содержания дорог, мостов, путепроводов. Придорожный сервис. Диагностика качества дорожных работ. Спецодежда. Страхование.

ЖКХ - СТАНДАРТЫ БУДУЩЕГО

Специализированная выставка-конференция. Инфраструктура, развитие и благоустройство населенных пунктов. Материалы, оборудование, технологии и услуги для жизнеобеспечения муниципального хозяйства. Газификация. Утилизация отходов. Экология. Ландшафтный дизайн. Энергоресурсосбережение.

Информационные спонсоры:

Журналы: "Стройка. Интерьер, в Омске", "СтройБизнесМаркет", Санкт-Петербург



СТРОЙКА | ИНТЕРЬЕР

По вопросам участия обращайтесь: МВЦ "Интерсиб" 644033, Россия, г. Омск, ул. Красный путь, 155, корп. 1
тел. (3812) 25-25-56, 25-14-79, тел.факс (3812) 25-72-02 E-mail: fair@intersib.omsk.ru, <http://www.intersib.ru>

ВЫСТАВКИ, ЯРМАРКИ - ФУНДАМЕНТ БУДУЩЕГО. ПОСТРОИМ ЕГО ВМЕСТЕ !

А.А. ПАК, канд. техн. наук, старший научн. сотрудник,
 О.Н. КРАШЕНИННИКОВ, канд. техн. наук, заведующий лабораторией,
 Р.Н. СУХОРУКОВА, научный сотрудник, Институт химии и технологии
 редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева
 Кольского научного центра Российской Академии наук (Апатиты)

Эффективная теплоизоляция труб скорлупами из газозолобетона

В Российской Федерации, обладающей самой крупной в мире сетью централизованного теплоснабжения, через поверхность трубопроводов теряется до 16% отпущаемой потребителям тепловой энергии, что в 1,5–2 раза выше, чем в передовых европейских странах [1]. Такие высокие потери обусловлены не только климатическими условиями, но и сравнительно невысокими эксплуатационными характеристиками материалов и изделий, применяемых для тепло- и гидроизоляции труб, низким качеством монтажных работ. Техничко-экономическая эффективность теплогидроизоляции трубопроводов определяется комплексом показателей, среди которых наряду с теплоизоляционными характеристиками материалов и изделий должны приниматься во внимание их атмосферостойкость, неизменность геометрических размеров, удобство и безопасность изготовления, монтажа, себестоимость и расходы на ремонтно-восстановительные работы.

В России для тепловой изоляции горячих поверхностей трубопроводов чаще всего применяют минераловатные изделия, неблагоприятные в работе, обладающие невысокой химической и гидrolитической стойкостью вследствие низкого значения модуля кислотности, что снижает срок службы изоляционного покрытия [2]. Сверху теплоизоляционный слой укрывают защитным покрытием, предназначенным для предохранения теплоизоляции от атмосферных и внешних механических воздействий. В качестве защитного покрытия применяют рулонные гидроизоляционные материалы, стеклоткани либо более надежную, но дорогостоящую тонколистовую сталь. Рулонное покрытие, уложенное на мягкую волокнистую теплоизоляцию, зачастую прорывается, снижая срок службы и эффективность защитной конструкции в целом.

Широко применяющаяся в настоящее время пенополиуретановая изоляция в виде скорлуп или образуемая методом напыления, высокоэффективная по теплофизическим показателям, отличается сравнительно высокой себестоимостью, неблагоприятными условиями изготовления, имеет ограничения по температуре применения (не более 120°C) и сроку эксплуатации (не более 10 лет).

По нашему мнению, большой практический интерес для защиты трубопроводов малых и средних диаметров представляют формованные изделия в виде полуцилиндров-скорлуп из золосодержащего газобетона. Такие изделия являются наиболее дешевыми по сравнению с существующими аналогами, поскольку для их изготовления могут использоваться золоотходы местных ТЭС, расположенных в различных регионах России. Утилизация золоотходов этих ТЭС в технологии газобетонных скорлуп для изоляции труб тепловых сетей будет способствовать решению проблемы снижения экологической нагрузки на окружающую среду. По данным Минтопэнерго, площади, занятые под золоотвалы ТЭС России, достигли 20 тыс. км², а объем засклардированных отходов более 1,5 млрд т [3]. Мурманская область, к сожалению, не является исключением из общего правила, и практического применения золоотходы местных ТЭС еще не находят. Наиболее крупной в Кольском регионе является Апатитская ТЭЦ, работающая преимущественно на углях Печорского бассейна и направляющая в отвал золошлаковую смесь (ЗШС) по системе гидрозолоудаления.

Нами проведены исследования возможности использования этих ЗШС для получения различных видов бетонов, включая газозолобетон [4]. Для проведения исследований была отобрана представительная партия ЗШС (около 50 т) с разведенного участка золоотвала, который полностью заполнен и практически

подготовлен для разработки (объем засклардированных в этом золоотвале ЗШС составляет около 7 млн т). Исследуемые ЗШС являются низкокальциевыми кислыми золами с модулем основности 0,06, по основным показателям соответствуя требованиям ГОСТ 25592–91 «Смеси золошлаковые тепловых электростанций для бетонов. Технические условия». По зерновому составу ЗШС относятся к мелкозернистому типу смесей (содержание фракции менее 0,16 мм – 76%). Зерна шлака крупнее 5 мм присутствуют в незначительном количестве (около 1%). Насыпная плотность около 1000 кг/м³, удельная поверхность, м²/кг: фракции менее 5 мм – 252; менее 0,16 мм – 269. Зерна шлака обладают устойчивой структурой против силикатного и железистого распада. Испытания ЗШС показали возможность их использования для строительных работ без ограничений по радиационному фактору [5].

В результате лабораторных исследований были подобраны составы теплоизоляционного газозолобетона на основе портландцемента марки 400 Пикалевского завода, известково-песчаного вяжущего ОАО «Оленегорский завод силикатного кирпича» и ЗШС Апатитской ТЭЦ. В качестве порообразующей добавки использовалась алюминиевая пудра марки ПАП-1. Полученный газозолобетон при средней плотности 350–450 кг/м³ имеет коэффициент теплопроводности 0,085–0,095 Вт/(м·°C). По справочным данным, температура на поверхности изоляции принимается равной: 45°C – в закрытых рабочих помещениях, 60°C – на открытом воздухе и в открытых помещениях со штукатурным раствором слоем [6]. Расчеты показали, что для обеспечения требуемой теплозащиты (при температуре 150°C на поверхности трубы и 60°C на поверхности теплоизоляции) и транспортно-монтажных характеристик

толщина скорлупы при указанной плотности бетона должна составлять 40–50 мм.

С целью повышения такого важного для подобных тонкостенных изделий показателя, как прочность на растяжение при изгибе, в состав бетонной смеси вводили синтетические (капроновые) волокна в количестве 0,5–0,75 мас. %. Как видно из таблицы, введение синтетических волокон существенно увеличивает прочность газозолобетона при изгибе (на 48–50%). Необходимо отметить немаловажный факт, что дисперсно-армированный бетон разрушается как пластичный материал, без внезапного раскрытия трещин и разделения на отдельные куски.

По условиям эксплуатации тепловых сетей температура на поверхности трубы может достигать 150°C (550°C во внутрицеховой разводке). С целью исследования эффективности теплоизоляции труб изделиями из газозолобетона, армированного капроновыми волокнами, были проведены термические испытания скорлуп толщиной 80 мм, обеспечивающей требуемую теплозащиту при максимально возможной температуре на поверхности трубы 550°C. Состав газозолобетона, мас. %: портландцемент М400 – 40, известково-песчаное вяжущее – 10, ЗШС – 50, синтетические волокна длиной 15–20 мм – 0,75, алюминиевая пудра – 0,15. После формования скорлупы подвергались тепловлажностной обработке в пропарочной камере по режиму 2,5+8+4 ч при температуре 85±5°C. Термические испытания скорлуп на электронагревательной керамической трубе показали, что при нагреве трубы до 550°C происходит выгорание синтетических волокон на 2/3 толщины скорлупы от поверхности нагреваемой трубы. На

Плотность газозолобетона, кг/м ³		Прочность газозолобетона при изгибе, МПа			
расчетная	фактическая	неармированный		армированный волокнами	
		расчетная	фактическая	расчетная	фактическая
350	350	0,37	0,37	0,63	0,55
400	390	0,44	0,46	0,85	0,69
450	461	0,6	0,57	0,94	0,84

остальной наружной части скорлупы капроновые волокна сохранились полностью и выполняли свои армирующие функции. Испытания показали, что температура на поверхности скорлупы стабилизировалась на уровне 40–45°C уже через 3 ч, через 15–24 ч не превышала 55–60°C. При максимально возможной температуре на поверхности трубы 150°C в условиях городской застройки и толщине газозолобетонных скорлуп 40 мм обеспечивается требуемая температура на поверхности изоляции, что подтверждено натурными обследованиями двух экспериментальных участков на трубопроводах г. Апатиты.

Исследования зависимости количества углекислого газа, выделившегося из бетона при выгорании капрона, выполненные на газоанализаторе ГОУ-1 газообъемным методом, показали, что наибольшее количество углекислого газа выделяется в течение первых 5–10 мин, а по истечении 30 мин выделение практически прекращается [7]. Концентрация выделившегося углекислого газа незначительна и безвредна для человека. При эксплуатации трубопроводов с указанной изоляцией, проходящих в небольших помещениях с кратковременным пребыванием человека, рекомендуется обеспечить проветрива-

ние этих помещений через 30 мин после начала прогрева. Выделение других газов (оксида серы, фториона, азота), оказывающих вредное воздействие на здоровье человека при нагреве фиброгазозолобетона до 550°C, не обнаружено.

При теплоизоляции металлических труб формованными изделиями неизбежно образование воздушного зазора между трубой и теплоизоляцией, где в результате конденсации скапливается влага. Это ведет, с одной стороны, к коррозии поверхности трубы, а с другой – к насыщению влагой теплоизоляционного материала и ухудшению его защитных свойств. Во избежание таких явлений целесообразно наружную поверхность трубы и внутреннюю поверхность скорлупы, соприкасающуюся с трубой, покрывать гидроизоляционными антикоррозионными составами – битумной грунтовкой, органосиликатными, кремнийорганическими и другими покрытиями. На практике, если грунтовка труб еще производится, то антикоррозионное покрытие внутренней поверхности скорлуп не делается. Нами разработан способ изготовления скорлуп из газобетона с образованием в процессе формования гидроизоляционного покрытия на внутренней поверхности скорлупы, а на наружной поверхно-

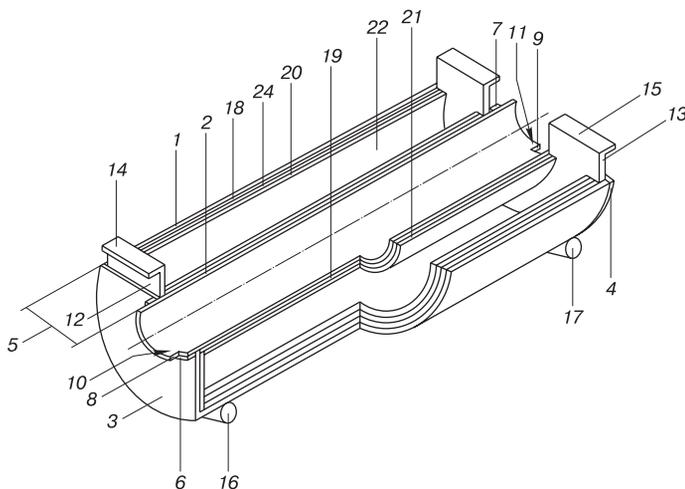


Рис. 1. Конструктивная схема формы для изготовления скорлуп из газобетона



Рис. 2. Скорлупы из газозолобетона с двусторонним защитным покрытием: 1 – двухслойное наружное покрытие из стеклоткани и рулонного гидроизоляционного материала; 2 – газозолобетон; 3 – внутренний гидроизоляционный слой

сти — двухслойного защитного покрытия, верхний слой которого выполнен из стеклоткани либо другого механически и атмосферостойкого материала, а внутренний — из гидроизоляционного рулонного материала на основе термопластичного органического вяжущего [8].

Скорлупы изготавливаются в форме, общий вид которой представлен на рис. 1.

Форма включает два металлических полуцилиндра 1 и 2 соответственно большего и меньшего диаметров, переднюю 3 и заднюю 4 торцевые стенки, выполненные в виде полуколец, ширина которых равна толщине скорлупы. Торцевые стенки 3 и 4 снабжены уплотняющими прокладками 6, 7, размещенными по внутренней полуокружности каждого полукольца. Диаметр металлического полуцилиндра 2 соответствует наружному диаметру изолируемой трубы, а его длина несколько превышает длину полуцилиндра 1. На концах полуцилиндра 2 выполнены продольные прорезы 8 и 9. Металлические полуцилиндры 1 и 2 скреплены между собой посредством накладных болтов 10 и 11, входящих соответственно в прорезы 8 и 9. Для облегчения распалубки изделия торцевые стенки 3 и 4 снабжены съемными вкладышами 12, 13, выполненными по форме торцевых стенок и имеющими отогнутые концы 14, 15, которые выступают над торцевыми стенками 3 и 4. Для устойчивости форма снабжена опорными элементами 16, 17.

Изготовление газобетонной скорлупы осуществляется следующим образом. Предварительно внутреннюю поверхность металлического полуцилиндра 1 и наружную поверхность металлического полуцилиндра 2 смазывают антиадгезионным веществом, например сульфатом, отработанным машинным маслом и т. п. Затем на эти смазанные поверхности накладывают листы крафт-бумаги 18, 19, которые пропитываются материалом смазки и приклеиваются к поверхностям полуцилиндров. На лист крафт-бумаги 18 металлического полуцилиндра 1 накладывают лист наружного защитного покрытия 24, например из стеклоткани, на него укладывают лист 20, выполненный из материала на основе термопластичного органического связующего — битума в виде рубероида, толи или изола. К листу крафт-бумаги 19 металлического полуцилиндра 2 прикрепляют съемными зажимами лист внутреннего защитного покрытия 21, выполненный из того же материала, что и лист наружного защитного покрытия 20. Полуцилиндр 2 уклады-

вают на уплотняющие резиновые прокладки 6, 7 торцевых стенок 3, 4 и прижимают к ним накладными болтами 10, 11. В подготовленную таким образом форму в зазор 22 между защитными покрытиями 20 и 21 заливают газозолобетонную смесь. При вспучивании газобетонная смесь плотно прижимает друг к другу вложенные в форму листы защитного покрытия. После выдерживания газобетонной смеси для вспучивания и затвердевания, удаления излишка бетонной смеси над верхними кромками формы ее направляют на тепловлажностную обработку в пропарочную камеру. При разогреве бетона до температуры изотермической выдержки $85 \pm 5^\circ\text{C}$ материал на основе термопластичного органического связующего размягчается и из него выплавляется битум. При последующем понижении температуры битум затвердевает и прочно приклеивает все вложенные в форму защитные слои друг к другу и к самому газозолобетонному теплоизоляционному слою. После охлаждения изделия ослабляют накладные болты 10 и 11, выводят их из прорезей 8, 9 и извлекают металлический полуцилиндр 2 из формы. Далее последовательно извлекают съемные вкладыши 12, 13 и затем готовую скорлупу, которую подвергают сушке до постоянной массы при температуре $50\text{--}60^\circ\text{C}$. Таким образом, получается теплоизоляционная ячеисто-бетонная скорлупа полной заводской готовности: с двухслойным защитным покрытием наружной поверхности и гидроизоляционным покрытием внутренней поверхности. В дальнейшем при монтаже таких скорлуп на трубопроводе и пропускании по нему высокотемпературной среды, например горячей воды или пара, материал внутреннего защитного покрытия 21 разогревается и размягчается, заполняя зазоры между изолируемой металлической трубой и теплоизоляционным элементом. При этом выделяющийся при разогреве защитного покрытия битум создает на наружной поверхности изолируемой металлической трубы антикоррозионный слой, что предотвращает коррозию трубы и внутреннее увлажнение теплоизоляционного бетона. На рис. 2 представлены готовые газозолобетонные скорлупы с двусторонним защитным покрытием.

Предлагаемая технология газозолобетонных скорлуп может быть реализована во многих регионах России, где в результате производства тепловой энергии ТЭС накапливаются золоотходы и необходимо

принятие мер по их утилизации и охране окружающей среды. Наряду с использованием золоотходов технология ячеисто-бетонных скорлуп полной заводской готовности может рекомендоваться и для других видов природных и техногенных сырьевых источников, свойственных конкретному региону России.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта «Ведущие научные школы».

Список литературы

1. Нормирование и стандартизация в строительстве. Информ. бюл. ВНИИСТП. 1997. Вып. 1. 20 с.
2. Татаринцев О.С., Ковалев В.П., Углова Т.К. Негорючая экологически чистая изоляция для трубопроводов // Строительные материалы. 1998. № 5. С. 23.
3. Павленко С.И., Малышкин В.И., Баженов Ю.М. Бесцементный мелкозернистый композиционный бетон из вторичных минеральных ресурсов. Новосибирск: Изд. Сибирского отделения РАН. 2000. 141 с.
4. Физико-химические аспекты комплексного использования золошлаковых смесей тепловых электростанций / В.Н. Макаров, А.А. Боброва, О.Н. Крашенинников, А.А. Пак, М.Ю. Трупилов. Апатиты: Изд. КНЦ АН СССР. 1991. 117 с.
5. Мельник Н.А. Радиационная оценка техногенного и минерального сырья Кольского полуострова для строительных материалов // Комплексное использование минерального сырья в строительных и технических материалах. Апатиты: Изд. КНЦ АН СССР. 1989. С. 71–76.
6. Справочник по специальным работам. Тепловая изоляция / В.И. Бельский, А.А. Бородин, Н.М. Зеликсон и др. М.: Стройиздат. 1973. 439 с.
7. Пак А.А., Крашенинников О.Н., Сухорукова Р.Н., Кашулина Т.Г., Аджина О.П. Эффективная теплоизоляция трубопроводов // Строительные и технические материалы из природного и техногенного сырья Кольского полуострова. Апатиты: Изд. КНЦ РАН. 2001. С. 83–91.
8. Патент № 2215233 РФ, МКИ 7, F16L 59/00, 59/10. Способ изготовления теплоизоляционного элемента трубопровода / А.А. Пак, О.Н. Крашенинников, Р.Н. Сухорукова. РАН, Кол. науч. центр, Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья. № 2002117232/06; Заявлено 27.06.2002. Оpubл. 27.10.2003. Бюл. № 30.

Теплоизоляционный ячеистый бетон

Теплоизоляционные материалы занимают особое место среди материалов строительного назначения. Во всем мире нарастает тенденция к сбережению тепловой энергии. Введение в действие новых требований к повышению теплозащитных качеств наружных ограждающих конструкций зданий и сооружений различного функционального назначения требует постоянного расширения номенклатуры теплоизоляционных материалов повышенного качества, создания новых технологий производства высокоэффективных теплоизоляционных материалов для устройства многослойных систем утепления.

Основными теплоизоляционными материалами, широко применяемыми сегодня, являются минеральная вата и полистирольный пенопласт, которые при всех достоинствах имеют очевидные недостатки. Минеральная вата с течением времени при эксплуатации деформируется — дает усадку, образуя незащищенные от утечки тепла пространства, а полистирольный пенопласт является горючим материалом.

Теплоизоляционный ячеистый бетон обладает уникальным сочетанием физико-технических свойств (низкая теплопроводность, жесткость, негорючесть, высокая паропроницаемость), что позволит широко использовать его для утепления ограждающих конструкций и исключить основные недостатки, присущие многослойным системам утепления на основе минераловатных и пенополистирольных изделий.

В настоящее время в Республике Беларусь выпускаются плиты теплоизоляционные из ячеистого автоклавного бетона в соответствии с требованиями СТБ 1034–96. Основной номенклатурой теплоизоляционных изделий из ячеистого бетона являются плиты марки средней плотности 350–400 кг/м³. Это ограничение связано прежде всего с недостатками технологии получения ячеистого бетона однородной структуры. Улучшение теплозащитных свойств ячеистого бетона возможно при снижении его средней плотности, при этом снижение этого показателя не должно сопровождаться значительным снижением прочности.

При выпуске изделий пониженной средней плотности перед исследователями и производственниками возникли такие технологические проблемы, как диспергирование сырьевых компонентов при мокром помоле, интенсификация процессов структурообразования и стабилизация смеси во время вспучивания, сокращение времени выдержки изделий до и во время тепловой обработки.

Принципиальное отличие технологии ячеистого бетона автоклавного твердения состоит в длительном разрушающем действии газовых пузырьков на процесс возникновения новообразований, в результате чего процесс твердения сопровождается изменением объема. Эффективному решению всех этих проблем способствует введение различных химических добавок в ячеисто-бетонную смесь.

Единственным предприятием в Республике Беларусь, освоившим с 2002 г. производство плит марки по средней плотности D250, является ОАО «Гродненский комбинат строительных материалов».

Получение ячеистого бетона средней плотности 150–200 кг/м³ и допустимой прочности при сжатии является сложнейшей технологической задачей. У такого

бетона 90–98% объема занимают газовые и капиллярные поры, поэтому межпоровый «скелет» должен быть прочным. Для получения такого бетона необходимо применение высококачественных материалов. Так, уже на стадии формования массива необходимо обеспечить безусадочную структуру (за счет тщательно подобранного состава), на стадии разрезки массива на изделия — получение требуемой прочности сырца бетона, исключая разрушение бетона в местах реза струнами, сохранение формы массива при транспортировании его в автоклав. Величина минимально необходимой прочности ячеистого бетона обуславливается соображениями обеспечения сохранности изделий при транспортировке и укладке в процессе его производства.

Повышение прочности ячеистого бетона возможно за счет проведения направленного синтеза с целью повышения содержания гидросиликатов и наиболее прочных из них тоберморитовой и ксонотлитовой групп, уменьшения дефектов структуры бетона. Повышение содержания гидросиликатов обеспечивается за счет вовлечения в реакции силикатообразования большего количества кремнезема и извести, введением добавок.

В УП «НИИСМ» разработаны комплексные химические добавки для ячеистого бетона на основе солей жирных кислот СПК (ТУ РБ 100122953.312–2002). Добавка СПК разработана двух видов — для конструкционного ячеистого бетона марок по средней плотности D400–700 и для теплоизоляционного — марок по средней плотности D150–400.

Добавка СПК — раствор омыленной абиетиновой смолы, модифицированной жидким стеклом, которое способствует пластическому набору прочности сырцового массива. Техническая характеристика добавки приведена ниже.

Внешний вид	Жидкость темно-коричневого цвета
Массовая доля сухих веществ, %, не менее	20
Плотность, г/см ³	1,1–1,2
pH	8,5–10

Добавка СПК обладает стабильной пенообразующей способностью с кратностью 15–20, стабильностью пены («время жизни» составляет более 4 ч).

Абиетат натрия, содержащийся в добавке СПК, взаимодействует с портландцементом с образованием резинатов кальция и алюминия, которые в отличие от стерагов, или солей жирных кислот растворимы в воде, а главное, обладают адсорбирующей способностью диспергировать воздух в строительных растворах, то есть создавать благоприятные условия для воздухововлечения (до 15% воздуха по объему). Гидросиликаты щелочных металлов стабилизируют массив особо легких ячеистых бетонов после созревания и сокращают время до автоклавной выдержки.

В процессе исследований при разработке технологии ячеистого бетона пониженной плотности было установлено, что для улучшения качества пористой структуры ячеистого бетона предпочтительно использование газопенной технологии. Поризация смеси по этой технологии осуществляется за счет воздухововлечения и газообразования. Данная технология должна включать: аэрацию песчаного шлама в мельнице за счет введения добавки, аэрацию ячеисто-бетонной смеси в смесителе путем введения добавки и поризацию смеси в форме в результате газообразования.

Таблица 1

Показатель	Результаты испытаний образцов с добавкой СПК, % от сух.			
	без добавки	0,15	0,3	0,5
Средняя плотность в сухом состоянии, кг/м ³	235	178	187	210
Теплопроводность в сухом состоянии при температуре (298±5)°К, Вт/(м·К)	0,066	0,056	0,057	0,06
Предел прочности при сжатии, МПа	0,8	0,82	0,9	0,96
Предел прочности при изгибе, МПа	0,18	0,18	0,27	0,29
Сорбционная влажность по массе W _c , % при φ = 90% (эксплуатационная влажность для условий эксплуатации «Б», Изменение №2 СНБ 2.04.01–97)	4,98	4,99	4,98	5

Таблица 2

Показатель	Норма для марок					
	150	200	250	300	350	400
Средняя плотность в сухом состоянии, кг/м ³	126–175	176–225	226–275	276–325	326–375	376–425
Теплопроводность в сухом состоянии при температуре (298±5)°К, Вт/(м·К), не более	0,055	0,06	0,07	0,08	0,09	0,11
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее	0,3	0,45	0,55	0,6	0,8	1
Предел прочности при изгибе, МПа, не менее	0,08	0,09	0,1	0,15	0,2	0,3
Отпускная влажность, мас. %, не более	35	35	35	33 (35)	29 (35)	25 (35)

Примечание. В скобках приведена отпускная влажность для плит теплоизоляционных на основе тонкомолотой извести и отходов ячеисто-бетонного производства.

В результате экспериментальных исследований были выработаны основные технологические требования, которые заключаются в следующем.

1. В исходном состоянии ячеисто-бетонная смесь должна быть достаточно жидкой с высоким водо-твердым отношением (В/Т) для обеспечения наилучших условий для образования ячеистой структуры. При использовании смесей с более низким В/Т в период вспучивания происходит разрыв структуры и образование щелевидных пустот и свилей.
2. Вспучивание смеси должно происходить в течение 6–12 мин, для устранения влияния температурных факторов окружающей среды.
3. Стабилизация массива после завершения процесса вспучивания должна быть зафиксирована путем ускорения процессов схватывания и нарастания структурной прочности.
4. Процесс вспучивания и стабилизация ячеисто-бетонной массы должен обеспечить получение структуры с диаметром пор менее 0,8 мм, более предпочтительно 0,5 мм, как наименее деформируемой.
5. Вследствие действия гравитационных сил на нижние слои ячеистого бетона-сырца стабилизация макроструктуры и устранение ее деформаций могут быть достигнуты увеличением эластичности стенок, образующих ячейки. Благодаря этому газ, создающий поры, будет продолжительное время сохранять в них избыточное давление, позволяющее зафиксировать макроструктуру материала в исходном состоянии и ликвидировать оседание сырца.

По предложенной технологии были выпущены опытные партии теплоизоляционного ячеистого бетона марки по средней плотности D200. Технические характеристики образцов из опытно-промышленной партии приведены в табл. 1.

На основании результатов проведенных исследований были внесены изменения в СТБ 1034–96 «Плиты теплоизоляционные из ячеистого бетона» (срок введения 01.01.2004 г.), классификация изделий дополнена

марками по средней плотности D150, D200. Физико-механические показатели плит теплоизоляционных из ячеистого бетона приведены в табл. 2.

Расширение производства и номенклатуры изделий из теплоизоляционного ячеистого бетона пониженной плотности требует повышения его физико-механических свойств. Наряду со значительными технико-экономическими преимуществами, которые способствуют его широкому применению в строительстве, ячеистые бетоны пониженной плотности имеют ряд недостатков. Это прежде всего низкая способность к восприятию растягивающих усилий, а также пониженная трещиностойкость, что создает определенные проблемы уже на стадии транспортировки изделий.

Одним из рациональных способов устранения данных недостатков может быть дисперсное армирование волокнистыми добавками. Наиболее доступным компонентом для дисперсного армирования являются сухие отходы асбестоцементного производства. В результате проведенных исследований было установлено, что присутствие в асбестоцементных отходах клинкерных минералов и гидроксида кальция может определять некоторые вяжущие свойства отходов. В данных отходах присутствуют волокна асбеста, проявляющие не только армирующие, но и структурообразующие свойства. Измельченный асбестоцемент можно рассматривать как кристаллическую затравку, содержащую в своем составе зародыши кристаллизации новообразований, возникшие при гидратации портландцемента.

В результате предварительных исследований нами установлено, что введение в состав ячеисто-бетонной смеси пониженной плотности (D150, D200) асбестоцементных отходов позволяет в 2–3 раза повысить предел прочности при изгибе. Введение асбестоцементных отходов в ячеисто-бетонную смесь целесообразнее на стадии приготовления песчаного шлама. Совместный мокрый помол асбестоцементных отходов и песка позволит сократить длительность помола и обеспечить безопасные условия работы.

Е.Г. ВЕЛИЧКО, д-р техн. наук, генеральный директор
НИИ «Ресурсосберегающие технологии»,
А.Г. КОМАР, д-р техн. наук, академик РААСН, МИКХиС (Москва)

Рецептурно-технологические проблемы пенобетона

Производство эффективного по теплофизическим параметрам пенобетона низких марок по средней плотности является проблемным ввиду сложности обеспечения стабильной тонкодисперсной ячеистой структуры и высокой прочности, зависящих от рецептурно-технологических факторов. Кроме того, ячеистый бетон неавтоклавно твердения характеризуется повышенной усадкой при высыхании, снижающей его трещиностойкость. Это сдерживает применение неавтоклавно пенобетона для производства крупногабаритных изделий и в монолитном строительстве.

Увеличение прочности при постоянной плотности может быть достигнуто за счет повышения однородности ячеистой структуры и прочности матрицы пенобетона. В частности, за счет использования эффективных пенообразователей и стабилизаторов структуры пены, повышения активности и разработки новых специальных видов вяжущих веществ, снижения водотвердого отношения, применения химических и высокодисперсных минеральных (микрокремнезема, частиц глинистой фракции и др.) модификаторов, механохимической активации вяжущего вещества. Использование технологических приемов может усложнить технологический процесс, и потому их внедрение должно быть обосновано технико-экономической целесообразностью.

Пена и пенообразователи. Необходимым условием получения пенобетона высокого качества является применение эффективных пенообразователей и технологических приемов, обеспечивающих высокую устойчивость пены в пенобетонной смеси. Одной из основных характеристик устойчивой пленки является ее сопротивление механическому воздействию. В качестве такой характеристики Гиббс рассматривает упругость пленки [1]:

$$E = 2\gamma/d \ln A, \quad (1)$$

где A – площадь пленки, γ – поверхностное натяжение.

Для двухкомпонентной системы уравнение (1) имеет вид:

$$E = 4 \cdot (\Gamma_2^1)^2 \cdot (d\mu_2/dm_2), \quad (2)$$

где Γ_2^1 – поверхностный избыток компонента 2, μ_2 – химический потенциал этого компонента и m_2 – его количество на единицу площади пленки.

Качественно E характеризует способность пленки изменять поверхностное натяжение в момент приложения растягивающего или сжимающего усилия. При растяжении поверхности концентрация поверхностно-активного вещества в пленке падает и соответственно возрастает поверхностное натяжение, препятствующее разрыву пленки. Уравнение (2) показывает, что величина E может быть большой, только если Γ_2^1 и $(d\mu_2/dm_2)$ достаточно велики. Это означает, что концентрация пенообразователя должна быть относительно велика, то есть его содержание должно быть оптимальным.

Очевидно, что оптимальное содержание пенообразователя является одним из основных факторов, влияющих на строительно-технические свойства (СТС) пенобетона. Так, при недостаточном содержании пенообразователя не будет обеспечиваться требуемая плотность бетона, а при его повышенном расходе может произойти существенное замедление процессов схватывания и твердения цементной системы. Для получения устойчивой

пены важно, чтобы пленка не только была упругой (с высоким пределом упругости), но и имела высокую поверхностную вязкость, что уменьшает скорость стекания пленки на границу Плато. Для повышения устойчивости пен в пенобетоне целесообразно использовать стабилизаторы в виде высокодисперсных минеральных компонентов, препятствующих стеканию жидкости с поверхности пленки через границу Плато, а также затворителя с повышенной температурой, ускоряющего схватывание цементной системы и придающего пене в пенобетонной смеси состояние, соответствующее псевдотвердому. При этом дисперсность стабилизаторов пен минерального типа должна быть максимально высокой. При капиллярном потенциале, превышающем упругость пленки, поверхность жидкости пузырька будет подниматься по капилляру, повышая упругость и устойчивость пленки и препятствуя стеканию жидкости на границу Плато. Поэтому высокодисперсный микрокремнезем с пустотностью 60–70% является одним из наиболее эффективных стабилизаторов пены в пенобетонной смеси.

Стекание пленки на границу Плато приводит не только к интегральному снижению прочности, но и к образованию в пенобетоне микрообъемов пониженной прочности, являющихся зародышами разрушения. Это связано с тем, что практически все используемые виды пенообразователей редуцируют твердение цементных систем, снижая их прочность.

Таким образом, неоптимальное содержание пенообразователя, отсутствие эффективных стабилизаторов и применение «несвежей» пены будут оказывать влияние не только на устойчивость пенобетонной смеси, но и на темп твердения пенобетона. Поэтому в последние годы получает развитие направление производства ячеистого бетона низкой плотности с использованием комплексного порообразователя (пенообразователь + газообразователь), обеспечивающего более стабильные технологические и СТС бетона такого класса. Однако образование горбушки является негативным фактором в технологии его производства [2].

Следует отметить, что строгий анализ возможной взаимосвязи факторов, определяющих устойчивость пен, отсутствует. Качественно время жизни пены зависит от скорости утончения пленок и их устойчивости по отношению к испарению и механическим воздействиям, включая колебания, передаваемые через массу пены при разрыве перегородок между ячейками и сдвиге стенок соседних ячеек. Основными характеристиками пены, значимо влияющими на СТС пенобетона, являются также кратность и коэффициент ее использования.

Для высококачественного пенобетона необходимо применять пенообразователи с максимальной кратностью, обеспечивающей их минимальное содержание в бетоне. В этом случае при двухстадийной технологии приготовления будет наблюдаться снижение содержания воды и пенообразователя в пенобетоне и улучшение его СТС.

Коэффициент использования пены (КИП) определяется отношением объема пенобетонной смеси к сумме объемов пены и матрицы, взятых до образования означенной смеси. Значение КИП при проектировании состава пенобетона рекомендуется применять равным 0,8 [3]. Однако его фактическое значение составляет 0,55–0,78. Низкое значение КИП приводит к высокому

содержанию составляющей, редуцирующей схватывание, твердение, прочность пенобетона. Поэтому выбор эффективных пенообразователей для пенобетона является проблемным и требует своего теоретического и практического развития.

Исследования влияния пластифицирующих добавок III и IV групп, обеспечивающих высокую связность и снижение водоотделения цементных систем, показало, что устойчивость пены повышается в 1,3–1,8 раза, а расход пенообразователя снижается на 8–15%. Оптимальное содержание детергента находится на уровне 70–180 г/м³ в пересчете на сухое вещество. При этом обеспечивается получение высокодисперсной пены, повышающей теплофизические свойства пенобетона за счет предотвращения конвективного теплообмена в ячеистой структуре.

В качестве пеностабилизаторов применяют раствор животного клея, жидкое стекло, сернокислое железо, лигносульфонаты и другие вещества, а также в виде твердых частиц известь, тонкодисперсный портландцемент, микрокремнезем, высокодисперсные золы ТЭС, тонкомолотые доменные гранулированные шлаки и др. При этом важно, чтобы стабилизаторы минерального типа не только уменьшали скорость стекания жидкости на границу Плато, но и за счет быстрого схватывания переводили пленку в псевдотвердое состояние, предотвращая образование в пенобетоне микрообъемов пониженной прочности.

Для приготовления пенобетона исследованы и разработаны различные виды пенообразователей, отличающиеся требуемым количеством воды (25–50 л) для получения пены на 1 м³ бетона, кратностью (21–37), устойчивостью (2–20 мин) пены и синерезисом (6–28 мин). Ранее широко применялись следующие пенообразователи: клееканифольный, смолосапониновый, алюмосульфонафтенный, гидролизованная кровь (ГК), характеризующиеся содержанием в бетоне 2–9 кг/м³, а в последние годы – ниапор, пеностром, окись амина, лаурилсульфат натрия, пожарные пенообразователи, ПБ-2000 и др., расход которых находится на уровне 0,8–1,2 кг/м³.

Таким образом, создание новых и улучшение условий использования уже применяемых пенообразователей, обеспечивающих получение устойчивых тонкодисперсных пен, является одной из наиболее актуальных проблем в технологии пенобетона.

Вязущие вещества. Для производства пенобетона целесообразно применять высокодисперсные цементы с нормированным дисперсным составом, производимые по замкнутому циклу.

Высокодисперсные частицы вязущего вещества (для портландцемента удельная поверхность 400–500 м²/кг) будут адсорбироваться на поверхности ячеек пены и препятствовать стеканию жидкой фазы на границу Плато, а также способствовать более высокой скорости схватывания и твердения пенобетона. Высокая реакционная способность вязущего вещества обеспечит повышенное тепловыделение на ранней стадии твердения пенобетона, будет стабилизировать процесс формирования структуры высокого качества, ускорять темп его твердения. При этом эффективные вязущие вещества должны иметь относительно короткие сроки схватывания, способствующие стабилизации тонкодисперсной структуры пены в пенобетонной смеси.

Важным фактором получения пенобетона с высокими СТС является применение в его составе пластифицирующих добавок, редуцирующих водосодержание. Вязущие вещества должны характеризоваться минимальным оптимальным значением содержания пластифицирующей добавки, так как ее интегральное действие с пенообразователем может значимо снизить скорость схватывания и твердения пенобетона. Поэтому для приготовления пенобето-

на целесообразно применять прочный высокодисперсный портландцемент с низким содержанием минерала С₃А, ответственного за оптимальное содержание пластификатора в цементной системе.

Для приготовления пенобетона применяют портландцемент предпочтительно высоких марок ПЦ 500-Д0(Д5), ПЦ 550-Д0; шлакосиликатное, известково-цементное, гипсовое, магнезиальное вяжущее и др. Однако пенобетон приготовленный с использованием означенных вяжущих веществ, практически во всех случаях имеет негативные аспекты. В частности, общим недостатком является относительно низкая прочность при высокой средней плотности пенобетона. При этом пенобетон, приготовленный с использованием магнезиального вяжущего, характеризуется сложными и продолжительными условиями твердения, гипсобетон может применяться в основном для внутренних работ, силикатопенобетон требует автоклавного твердения и характеризуется относительно низкой долговечностью, шлакосиликатный пенобетон удается получить с наиболее низкой маркой по средней плотности (D150–D200) и высокой прочностью, однако он имеет повышенную трещиностойкость и расположен к высолообразованию. Поэтому наибольшее распространение получает портландцементный пенобетон марок по средней плотности D600–D900 относительно низкой прочности. Для обеспечения технологии массового производства эффективного пенобетона марок по средней плотности D250–D400 целесообразно разработать технические требования и организовать выпуск специального вида низкоалюминатного высокопрочного тонкодисперсного портландцемента марок ПЦ600–ПЦ700 и выше. Повышение цен на такой вид цемента компенсируется уменьшением материалоемкости готовой продукции. Кроме того, необходимо расширить исследования по разработке малоусадочного пенобетона без высолов с использованием высокопрочного шлакосиликатного вяжущего прочностью 100–120 МПа.

Заполнители. Производители пенобетона применяют в качестве заполнителя любой вид песка, отвечающий требованиям ГОСТ 8736–93, а также золы ТЭС и другие местные минеральные материалы практически без учета марки по средней плотности, определяющей толщину перегородок его ячеек. При использовании песка, содержащего крупные зерна, превышающие в диаметре толщину перегородок в ячеистой структуре, может произойти ее разрушение с увеличением размера ячеек и ухудшением прочностных и теплофизических характеристик пенобетона за счет конвективного теплообмена (в ячейках размером более 2 мм). Кроме того, в большинстве случаев происходит седиментация таких зерен песка с разуплотнением пенобетона по высоте изделия и ухудшением его качества. Поэтому гранулометрический состав песка для пенобетона должен назначаться с учетом средней плотности пенобетона, а его максимально крупные зерна должны быть не более половины толщины перегородок между ячейками [4]. Необходимость оптимизации гранулометрического состава песка обосновывает целесообразность внедрения ОАО «ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова» в технологию стержневых мельниц для гомогенизации и механической активации минеральных компонентов для пенобетона, измельчающих при этом наиболее крупные зерна песка. Кроме плотных заполнителей в составе пенобетона получают применение вспененный гранулированный полистирол, флотационные свойства которого позволяют повысить устойчивость пенобетонной смеси и СТС пенобетона, снизить его плотность. При этом очевидно, что может наблюдаться ухудшение экологической и пожарной составляющих свойств пенобетона.

Химические модификаторы. Модификацию структуры и СТС пенобетона обычно осуществляют приме-

нением пластифицирующих добавок, а также добавок, ускоряющих схватывание, твердение и снижающих усадку цементного камня. Однако применение пластифицирующих добавок, в основном I группы по ГОСТ 24211-91, несмотря на очевидные преимущества (редуцирование водосодержания до 20%, повышение прочности на 35–40%, экономию цемента 10–20%), практически не получает промышленного внедрения. Это связано в основном с низкой организацией процесса производства изделий, преимущественно стеновых блоков, на технологических линиях малой мощности и отсутствием соответствующих складов и специальных дозаторов добавок.

Для повышения качества пенобетона исследован и получает некоторое применение суперпластификатор С-3, который редуцирует водосодержание более чем на 20% и практически не замедляет гидратацию минералов клинкера. Однако бетонные смеси, модифицированные С-3, имеют склонность к расслаиванию, а также выделяют заземленный твердой фазой воздух, увеличивающий размер ячеек пены и придающий порам поверхностного слоя капиллярный характер, ухудшая теплофизические и строительно-технические свойства пенобетона.

Применение в технологии бетона пластифицирующих добавок групп «Релаксол», технических лигносульфонатов, в том числе «Лигнопана», модифицированных С-3 и других добавок придает им специальные (противоморозные и др.) свойства. Добавки группы лигносульфонатов могут быть наиболее эффективными модификаторами цементных систем, в том числе пенобетонных, так как обеспечивают высокую связность бетонной смеси, вовлекая в небольшое количество воздуха, создают замкнутую пористость, повышая морозостойкость бетона, практически предотвращают водоотделение на поверхности свежесформованных изделий, характеризуются хорошей водоредуцирующей способностью.

Повышенный расход лигносульфонатов вызывает быстрое схватывание цементных систем. Так, начало схватывания цементного теста наблюдается через 12–15 мин, а конец – через 30–50 мин с резким повышением температуры образца. Бетонная смесь для тяжелого бетона с осадкой конуса 22–25 см и распылом 40–45 см теряет подвижность в течение 15–20 мин. Восстановить исходную вязкость бетонной смеси удастся только после введения в ее состав значительного количества воды и пластификатора. Исследования выполнялись на ЖБИ № 13 (Москва). Быстрая потеря вязкости цементных систем связана с тем, что добавка лигносульфонатов, адсорбируясь на поверхности минералов C_3A , имеющих наибольшее число дефектов кристаллической решетки, в виде гибссленгмюровских слоев с образованием мицелл крупных размеров, блокирует реакцию образования этtringита. В этом случае образующиеся при гидратации C_3A новые поверхности гидроалюминатов кальция (C_3AH_6) для понижения поверхностной энергии будут адсорбировать лигносульфонат в результате поверхностной миграции молекул или ионов, коагулируя цементную систему.

Добавка ЛСТ оказывает стабилизирующее действие и на состояние минералов силикатов кальция и новой фазы гидросиликатов кальция, то есть замедляются коагуляционно-кристаллизационные процессы структурообразования в цементной системе, индукционный период становится более продолжительным. При этом замедляются процессы фазового превращения, адсорбционные слои ЛСТ снижают скорость роста кристаллов, дают возможность образовываться большему числу центров зародышеобразования, то есть способствуют созданию высокопрочной тонкодисперсной структуры цементного камня.

Исследования в растровом электронном микроскопе показали, что даже этtringит представлен не игольчатой, а более изометричной формой кристаллов.

НИИ «Ресурсосберегающие технологии» совместно с кафедрой технологии вяжущих материалов и бетонов МИКХиС разработан на основе лигносульфонатов суперпластификатор (СП) «Вега». Введение его в количестве 0,3–0,4% от массы цемента снижает водосодержание изопластичных бетонных смесей с контрольным составом на 20–25%; повышает прочность бетона в 2 раза после тепловой обработки по режиму продолжительностью 7–12 ч и на 1,5 марки в возрасте 28 сут. При снижении расхода цемента на 100 кг на 1 м³ прочность бетона с СП «Вега» превышает прочность контрольного состава в означенные сроки на 25–35%. При твердении бетона с СП «Вега» в нормальных условиях его прочность в возрасте 3 сут составила 80–85%, а в возрасте 7 сут – 110–120%. На поверхности сформованных изделий отсутствует водоотделение. Испытания добавки выполнены на Тушинском заводе ЖБК ОАО «ДСК-1», ЖБИ № 13 и на других заводах по производству бетона и железобетона. Аналогичные результаты наблюдались при использовании лигносульфонатов в пенобетонной смеси. При этом продолжительность индукционного периода увеличивается в большей степени. Исследования выполнены на заводе по производству пенобетона Министерства обороны РФ.

Испытания добавки СП «Вега» в пенобетоне показали, что ее оптимальное содержание уменьшается относительно тяжелого бетона на 0,05–0,1%. Это, видимо, связано с увеличением негативного влияния на схватывание и твердение пенобетона комплексного модификатора-пластификатора и пенообразователя. При этом пенобетон характеризовался стабилизированной тонкодисперсной ячеистой структурой, расход пенообразователя был уменьшен на 100–150 г/м³, на поверхности свежесформованных стеновых блоков не наблюдалось водоотделения, пенобетон не имел признаков проседания.

Кроме пластифицирующих добавок широко исследованы ускорители схватывания и твердения пенобетонной смеси, например хлористый натрий, хлористый кальций, сульфат натрия и др. Эффективность применения добавок – ускорителей схватывания и твердения более высокая, чем в тяжелых и легких бетонах на пористых заполнителях, так как, ускоряя схватывание вяжущего вещества, они переводят пену в псевдотвердое состояние, а это уменьшает или предотвращает образование микрообъемов пониженной прочности в пенобетоне.

Минеральные модификаторы. Необходимость применения минеральных модификаторов (ММ) в пенобетоне связана с повышением устойчивости пены и теплофизических параметров пенобетона. В частности, введение тонкодисперсного шлака в количестве 25–30% взамен эквивалентной части портландцемента снижает коэффициент теплопроводности пенобетона на 15–20%. Использовать тонкомолотый шлак необходимо с определенной дисперсностью, при которой оптимизируется дисперсный состав многокомпонентного вяжущего, а прочность пенобетона увеличивается на 25–40% [5]. Комплексное применение тонкодисперсного шлака с микрокремнеземом в количестве 8–12% дополнительно уменьшает коэффициент теплопроводности на 5–7%, а прочность пенобетона повышает на 15–20%. Повышение теплофизических характеристик пенобетона с ММ связывается с содержанием в их составе стеклофазы в количестве 10–20% и выше.

Производство тонкодисперсного шлака может быть организовано на одном из цементных заводов. Кроме того, доменный гранулированный шлак может быть использован для производства специального вяжущего для пенобетона (ШПЦ600 – ШПЦ700). Опытная партия такого шлакопортландцемента была выпущена на Липецком цементном заводе. Кроме тонкодисперс-

ного гранулированного шлака и микрокремнезема незначительное применение взамен мелкого заполнителя получают золы ТЭС, повышающие связность пенобетонной смеси, а также минеральные модификаторы – регуляторы усадки пенобетона. В качестве добавок, компенсирующих усадку, применяют модификатор на основе алюминатов кальция («алаком», НЦ-20, глиноземистый цемент). При их использовании деформации усадки пенобетона снижаются в 1–2 раза.

Технология. Одним из основных требований к технологии производства пенобетона высокого качества является получение устойчивой пены при минимальном расходе и максимальном коэффициенте использования пенообразователя (КИП), замедляющего схватывание и твердение цементных систем на ранней стадии. Приготовление пенобетона осуществляют по двух- и одностадийной технологиям. При двухстадийной технологии пена приготавливается с помощью пеногенератора, используемого в основном в виде сопла, через которое под давлением подается пенообразователь и сжатый воздух. Качество пены в этом случае зависит от диаметра сопла и скорости подачи компонентов, и она представлена пузырьками крупных и мелких размеров. Крупные пузырьки воздуха размером более 2 мм повышают коэффициент теплопроводности за счет конвективного теплообмена, снижают прочность, уменьшают КИП, что в большей степени ухудшает качество пенобетона за счет образования микрообъемов, содержащих повышенное количество неиспользованного пенообразователя, являющихся зародышами разрушения. Исследования показали, что повысить устойчивость пены представляется возможным путем установки сетки с размером ячейки 20–40 мкм, перекрывающей выходное отверстие сопла. В этом случае образуется однородная высокодисперсная пена, приводящая к повышению прочности пенобетона на 15–20%.

Приготовленную пену смешивают с цементным тестом или мелкозернистой бетонной смесью или осуществляют сухую минерализацию пены вяжущим веществом, применяемым индивидуально или с мелким заполнителем. В первом случае наблюдается повышенное водотвердое отношение, во втором водосодержание пенобетонной смеси снижается на 10–15%. Значение КИП во втором случае уменьшается в большей степени за счет разрушения пузырьков пены в начальный момент введения твердой фазы, несмотря на наличие демпфирующей обмазки ячеек пены остатками пенобетонной смеси в бетоносмесителе. Поэтому вяжущее вещество наиболее целесообразно вводить в бетоносмеситель в две стадии: медленно малую порцию, а затем через 5–10 с также медленно оставшуюся часть. Одностадийная технология приготовления, при которой процессы приготовления пены и цементной системы совмещены в скоростном бетоносмесителе, является более эффективной, так как водосодержание пенобетона более низкое относительно технологии с пеногенератором, а СТС более высокие. Исследования показали, что продолжительное (6–8 мин) приготовление пенобетонной смеси обеспечивает более высокое качество пенобетона. Это связано с тем, что в начальный период образуются крупные и мелкие пузырьки воздуха, крупные в процессе приготовления пенобетонной смеси разрушаются в большей степени, а затем ввиду высокой вязкости смеси образуется новая тонкодисперсная пена, коэффициент использования которой повышается на 10–15%.

Фактором, влияющим на качество пенобетона, является продолжительная выгрузка пенобетонной смеси из бетоносмесителя, особенно высокоскоростного. Практика показывает, что при продолжительной выгрузке пенобетонной смеси из бетоносмесителя ее плотность в начальный и конечный периоды может различаться на 100–200 кг/м³. Поэтому выгрузочное отверстие должно иметь максимально большой размер, обеспечивающий выгрузку бетонной смеси из бетоносмесителя за 3–5 с.

Подача приготовленной бетонной смеси к постам формирования изделий, массивов и др. осуществляется в основном пневмотранспортом или бетононасосами по шлангам. Пенобетонная смесь, как правило, подается на расстоянии 15–20 м и более. При этом практически всегда наблюдается повышение плотности пенобетонной смеси на 50–100 кг/м³, что ухудшает теплофизические свойства пенобетона, снижает КИП и негативно влияет на прочность. Поэтому представляется целесообразным при формировании стеновых блоков (наиболее массовой продукцией из пенобетона) выгрузку пенобетонной смеси из бетоносмесителя осуществлять непосредственно в форму, расположенную на тележке, имеющей возвратно-поступательные перемещения по рельсовому пути под затвором выгрузочного отверстия бетоносмесителя. В этом случае исключаются перегрузки пенобетонной смеси, ухудшающие качество пенобетона.

Укладка и уплотнение пенобетонной смеси осуществляется в основном литьевым способом под действием силы тяжести. Применение виброуплотнения при формировании изделий является эффективным технологическим приемом, обеспечивающим уменьшение водотвердого отношения на 10–15% и снижение усадки пенобетона. При этом важно, чтобы параметры виброуплотнения – амплитуда и частота колебаний были гармонизированы с дисперсностью ячеистой структуры пенобетона, то есть деформации ячеек пены за счет энергии колебаний не должны приводить к их разрушению.

Твердение пенобетона осуществляется в большинстве случаев в естественных условиях или условиях прогрева теплым воздухом при температуре 40–60°C. В целях повышения качества пенобетона и увеличения оборачиваемости форм целесообразно использовать цементы с повышенным тепловыделением, затворитель с температурой 50–60°C, ускорители твердения и добавки ПАВ I группы по ГОСТ 24211–91, установки по гидромеханохимической активации твердой фазы в виде стержневых и вибрационных мельниц и др. Такие технологические приемы обеспечат более высокую степень гидратации минералов клинкера, повысят тепловыделение на ранней стадии, которое ввиду поровой структуры будет аккумулироваться в пенобетоне, снижая расход тепловой энергии на интенсификацию его твердения. Эффективным технологическим приемом является автоклавная обработка пенобетона, позволяющая стабилизировать ячеистую структуру пенобетона за счет введения 10–20% извести и уменьшающая усадку пенобетона более чем в четыре раза за счет образования субмикроструктурных новообразований в виде низкоосновных гидросиликатов кальция тоберморитоподобных фаз.

Поэтому при организации производства пенобетона высокого качества необходимо учитывать влияние технологических факторов на синтез его структуры и СТС.

Список литературы

1. *Адамсон А.* Физическая химия поверхностей. М., 1979. 568 с.
2. *Комар А.Г., Величко Е.Г., Белякова Ж.С.* О некоторых аспектах управления структурообразованием и свойствами шлакосиликатного пенобетона // Строит. материалы. 2001. № 7. С. 12–17.
3. Инструкция по изготовлению изделий ячеистого бетона (Госстрой СССР). М.: Стройиздат. 1981. 47 с.
4. *Сапелин Н.А., Бурьянов А.Ф., Бортников А.В.* Теоретическая зависимость прочности бетонов на основе неорганических вяжущих от объемной массы // Строит. материалы. 2001. № 6. С. 36–38.
5. *Величко Е.Г., Белякова Ж.С.* Некоторые аспекты физико-химии и механики композитов многокомпонентных цементных систем // Строит. материалы. 1997. № 2. С. 21–25.

Оптимизация состава и структуры конструкционно-теплоизоляционного ячеистого бетона

В настоящее время изделия из ячеистого бетона находят все большее распространение при теплоизоляции ограждающих конструкций зданий и сооружений. Наибольшим спросом пользуется конструкционно-теплоизоляционный ячеистый бетон, изготавливаемый по технологии вспучивания при газовыделении или путем вспенивания растворной смеси.

Значительное число научных работ посвящено вопросам технологии получения ячеистых изделий. Вместе с тем вопросы, касающиеся зависимости прочности ячеистого бетона от его состава и показателей поровой структуры, недостаточно раскрыты до сих пор. Остаются невыявленными наиболее значимые факторы оптимизации состава ячеистого бетона, которые имеют решающее значение для повышения его прочности при постоянной плотности.

Поэтому авторами были поставлены прикладные задачи: предложить расчетную модель прочности ячеистого бетона, апробировать предложенную модель в эксперименте, определить перспективные направления повышения прочности ячеистых бетонов.

Общеизвестно, что прочность ячеистого бетона зависит от прочности межпоровых перегородок и общей пористости (плотности). А.П. Меркиным и др. [1, 3] было доказано, что на прочность ячеистого бетона влияют оказывают также характеристики поровой структуры — размер ячеек и их статистическое распределение по размерам.

При решении первой задачи был выдвинут ряд тезисов: — прочность ячеистого бетона равна сумме несущих способностей ячейковых цементных оболочек в количестве, приходящемся на нагружаемую площадь; — прочность оболочки равна прочности при изгибе твердой перегородки между ячейками; — перегородка может быть представлена в виде балки с двухопорной схемой нагружения с переводным коэффициентом k , учитывающим арочное строение перегородки (рис. 1).

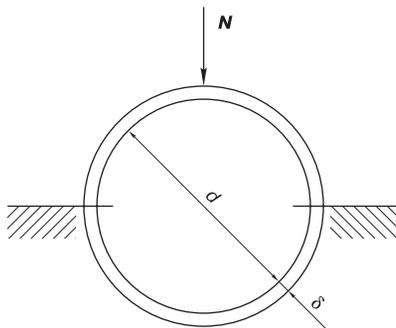


Рис. 1. Схема нагружения элементарной ячейки

Предложенная расчетная модель сводится к решению системы уравнений, в которых прочность при сжатии ячеистого бетона может быть выражена как отношение максимальной нагрузки к площади элементарной несущей ячейки.

$$\begin{cases} R_{ИЗГ}^{ПЕР} = \frac{3kN_{МАХ}d}{2nd\delta^2} = \frac{3kN_{МАХ}}{2n\delta^2}; \\ R_{СЖ} = \frac{N_{МАХ}}{n(d+\delta)^2}, \end{cases} \quad (1)$$

где $R_{ИЗГ}^{ПЕР}$ — предел прочности при изгибе перегородки элементарной ячейки; $R_{СЖ}$ — предел прочности при сжатии образца ячеистого бетона; $N_{МАХ}$ — максимальная разрушающая нагрузка образца; d — средний диаметр элементарных пор; δ — толщина межпоровой перегородки; n — количество элементарных пор на единице площади поперечного сечения; k — коэффициент, учитывающий кривизну изгибаемой поверхности.

Выразив из первого уравнения $N_{МАХ}$ и подставив его во второе, можно получить следующую зависимость:

$$R_{СЖ} = \frac{2R_{ИЗГ}^{ПЕР}\delta^2}{3k(d+\delta)^2}. \quad (2)$$

Толщину межпоровой перегородки можно определить из условия:

$$\delta = \frac{V_{ЦК}}{S_{УД}}, \quad (3)$$

где $V_{ЦК}$ — объем цементного камня в образце; $S_{УД}$ — удельная поверхность воздушных пор образца.

$$\delta = \frac{V_{ЦК}}{n\pi \cdot d^2} = \frac{V_{ЦК}}{\frac{PV_M}{\pi \cdot d^3/6} \times \pi \cdot d^2} = \frac{V_{ЦК}d}{6PV_M}, \quad (4)$$

где P — общая пористость материала, V_M — объем материала в естественном состоянии.

Для дальнейших расчетов примем объем материала равным единице, а пористость определим по формуле:

$$P = 1 - \frac{D}{\rho_{ЦК}}, \quad (5)$$

где D — плотность ячеистого бетона, $\rho_{ЦК}$ — плотность цементного камня.

При $V_M = 1$ $V_{ЦК} = D/\rho_{ЦК}$. Таким образом, получим следующую зависимость:

$$\delta = \frac{Dd/\rho_{ЦК}}{6(1 - D/\rho_{ЦК})}. \quad (6)$$

Подставим полученное выражение в формулу (2), в результате чего получим:

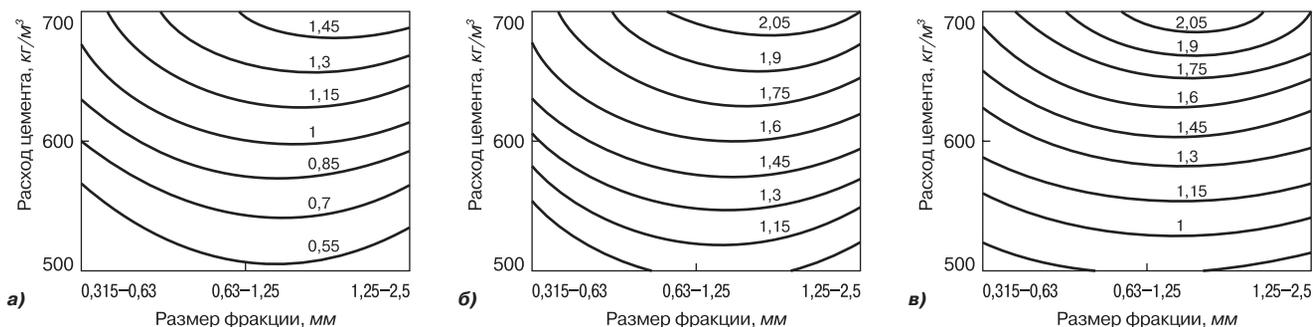


Рис. 2. Изолинии предела прочности при сжатии полистиролбетона в МПа в возрасте 28 сут: а – В/Ц=0,3; б – В/Ц=0,35; в – В/Ц=0,4

$$R_{СЖ} = \frac{2R_{ИЗГ}^{ПЕР} \left(\frac{D}{\rho_{ЦК}} \right)^2}{3k \left(6 - 5 \frac{D}{\rho_{ЦК}} \right)^2} \quad (7)$$

Плотность цементного камня можно определить следующим образом:

$$\rho_{ЦК} = \frac{1,15Ц}{\frac{Ц}{\rho_{Ц}} + \frac{В}{\rho_{В}}} = \frac{1,15\rho_{Ц}}{1 + (В/Ц) \rho_{Ц}} \quad (8)$$

где Ц – расход цемента, В – расход воды, $\rho_{В}$ – плотность воды, $\rho_{Ц}$ – истинная плотность цемента, 1,15 – коэффициент, учитывающий количество связанной при гидратации воды.

Формула для определения прочности при сжатии ячеистого бетона примет следующий вид:

$$R_{СЖ} = \frac{2R_{ИЗГ}^{ПЕР} (D(1 + В/Ц) \cdot \rho_{Ц})^2}{3k (6,9\rho_{Ц} - 5D(1 + В/Ц) \cdot \rho_{Ц})^2} \quad (9)$$

Полученное уравнение (9) показывает, что при постоянной плотности значимыми факторами, определяющими прочность ячеистого бетона, являются прочность при изгибе межпоровой перегородки и ее толщина, выражаемые через В/Ц-отношение. Так как прочность межпоровой перегородки прямо пропорциональна активности вяжущего и обратно пропорциональна В/Ц, а толщина перегородки прямо пропорциональна В/Ц, В/Ц-отношение является решающим фактором прочности. Специфично то, что с увеличением В/Ц-отношения прочность ячеистого бетона в определенном диапазоне должна возрастать, так как толщина межпоровой перегородки в определенном диапазоне значений В/Ц является более значимым (степенным) фактором, чем ее прочность. Размер поровой ячейки в полученной зависимости как фактор не участвует.

Для уточнения предложенной модели был проведен эксперимент, в котором создавались условно-ячеистые структуры. Известно, что в бетонах, где отсутствует

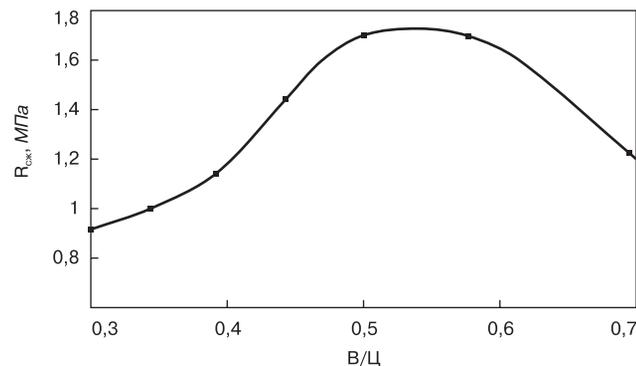


Рис. 3. Зависимость прочности полистиролбетона от В/Ц в возрасте 28 сут

сцепление матрицы с заполнителем, при нагружении заполнитель не испытывает напряжения, т. е. композит работает как псевдоячеистый материал. Было предложено в качестве псевдоячейки использовать невспученные зерна полистирола, которые обладают низкой величиной адгезии к цементному камню.

Полистирол рассеивался на фракции, соответствующие наиболее распространенным размерам пор в ячеистых бетонах, – 0,315–0,63 мм; 0,63–1,25 мм; 1,25–2,5 мм. На основе полученных фракций были получены полистиролбетоны монофракционного псевдоячеистого состава, что соответствует наиболее качественным современным структурам газо- и пенобетонов. Расходы цемента варьировались в диапазоне 500–700 кг/м³, В/Ц-отношения – 0,3–0,4, которые были приняты исходя из наиболее распространенных величин в пено- и газобетонных смесях на реальных технологических линиях.

При математической обработке результатов эксперимента были получены достоверная зависимость прочности при сжатии (МПа) и ее графические изолинии (рис. 2).

$$R_{СЖ} = 14,2 + 0,93(\delta - 0,94) + 5(Ц - 600) + 2,65(В/Ц - 0,35) - 1,54(\delta - 0,94)^2 (Ц - 600) - 0,45(\delta - 0,94) (В/Ц - 0,35) + 0,96(Ц - 600)^2 + 0,58(Ц - 600) (В/Ц - 0,35) - 3,04(В/Ц - 0,35)^2 \quad (10)$$

В результате эксперимента было подтверждено, что с увеличением значения В/Ц в исследуемом диапазоне прочность ячеистого бетона увеличивается, поскольку в определенных пределах толщина межпоровой перегородки является более значимым фактором, чем ее собственная прочность. Однако и данный фактор характеризуется оптимальностью (рис. 3).

Анализ изолиний (рис. 2) показывает, что помимо В/Ц и плотности (толщины межпоровой перегородки) значимым фактором является диаметр ячеек пор, который имеет оптимальные области. Анализ макроструктуры ячеистых бетонов показал, что при мелких порах (менее 0,5–1 мм) ячеистая структура отличается

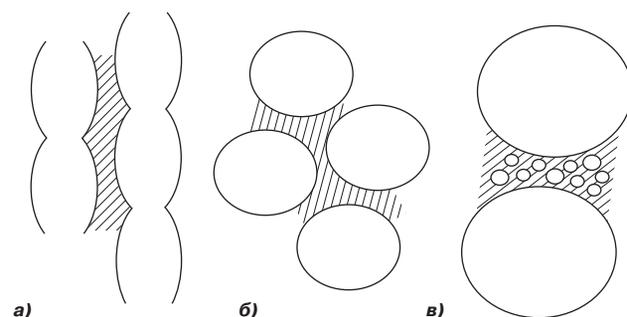


Рис. 4. Типы структур ячеистых бетонов: а – псевдоячеистая крупнопорая структура; б – ячеистая однородная структура; в – крупнопорая неоднородная структура

большой сообщаемостью ячеек и становится близкой к крупнокапиллярной (рис. 4 а) в отличие от предложенной модели однородной качественной ячеистой структуры (рис. 4 б). В целом это приводит к падению прочности ячеистого бетона. При крупнопоровом (более 3–4 мм) строении большое значение приобретает масштабный фактор и неоднородность порового состава ячеистого бетона, которые также приводят к снижению прочности (рис. 4 в).

Полученные теоретическая (9) и эмпирическая (10) зависимости были апробированы и подтверждены при получении различных цементных пенобетонов и газобетонов с близкой к ячеистой структурой и средней плотностью в диапазоне 500–1000 кг/м³. Причем при однородном распределении поровых ячеек по размеру предпочтительно использовать зависимость (9), а при переменной дисперсности пор и неоднородном распределении более объективной является корреляционная зависимость (10).

По проведенной работе можно сделать следующее заключение. Для получения максимальной прочности структура и состав пенобетона постоянной плотности должны оптимизироваться в соответствии со следующими принципами.

1. Наиболее значимым фактором прочности является толщина межпоровой перегородки. Поэтому наиболее эффективным способом повышения прочности ячеистых структур помимо повышения прочности межпоровой перегородки при повышении активности вяжущего является снижение плотности цементного теста, повышение его водосодержания и водоудерживающей способности путем введения коагулянтов и высокоактивных минеральных добавок. Водоредуцирование

с целью повышения прочности межпоровой перегородки является неэффективным приемом, так как приводит к снижению объема цементного теста, уменьшению толщины межпоровой перегородки и, следовательно, падению прочности ячеистого бетона, а также устойчивости пеномассы при пенобетонной технологии.

2. При однородном распределении ячеек поровой структуры по размерам абсолютная величина их диаметра не является значимым фактором прочности. Однако для мелкопоровой структуры характерно значительное уменьшение толщины межпоровой перегородки при постоянной плотности, что приводит к повышению вероятности разрыва перегородки и перехода структуры из ячеистой в крупнокапиллярную. В крупнопоровой структуре значительно повышается неоднородность распределения ячеек по размерам, что приводит к падению прочности.

3. Таким образом, в зависимости от состава ячеистых масс, качества материалов и технологии производства фактором оптимизации является соотношение между толщиной межпоровой перегородки и диаметром пор, которое для различных видов ячеистого бетона может составлять 0,1–1 и свидетельствовать о наличии у ячеистого бетона псевдоячеистой крупнокапиллярной, ячеистокапиллярной однородной или крупнопоровой неоднородной структуры. Учет данных рекомендаций позволяет получать конструкционно-теплоизоляционные бетоны плотностью D500–D1000 и прочностью 2–10 МПа.

Список литературы

1. Меркин А.П. Ячеистые бетоны: научные и практические предпосылки дальнейшего развития // Строит. материалы. 1995. № 2. С. 11–15.

11-15 МАЯ

СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕМОНТ 2004

10-я международная выставка
стройматериалов, строительной техники,
оборудования и технологий для
стройиндустрии и ремонта

ПЕРМСКАЯ ЯРМАРКА
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР

614077, г. Пермь, бульвар Гагарина, 65, тел. (3422) 65-65-25, www.fair.perm.ru

А.А. ЛАУКАЙТИС, д-р техн. наук, директор института «Термоизоляция» Вильнюсского технического университета им. Гедиминаса (Литва)

Исследование влияния добавки молотых отходов ячеистого бетона на его свойства

При производстве ячеистого бетона остаются следующие отходы: обрезки, некондиционная продукция, отходы послеавтоклавной обработки и др. Их можно успешно вернуть в производство.

В настоящей статье приводятся исследования влияния добавки отходов производства ячеистого бетона на его свойства при использовании смешанного (известь-портландцемент) вяжущего. В работе использовались портландцемент марки СЕМ I 42,5 R «Акмянес цементас»: начало схватывания 60 мин, конец 600 мин. Содержание основных оксидов в цементе, мас. %: SiO_2 – 20,42; Al_2O_3 – 5,01; Fe_2O_3 – 4,02; CaO – 64,49. Минеральный состав, %: C_3S – 63,63; C_2S – 10,55; C_3A – 6,47; C_4AF – 12,22. Молотая известь Вильнюсского АО «Силикатас» содержала: CaO – 81,83; MgO – 1,4; SiO_2 – 3,13 мас. %; имела сроки гашения 16 мин, температуру гашения 58°C, тонкость помола соответствовала удельной поверхности 420 м²/кг. Кварцевый песок (SiO_2 – 89,77; Al_2O_3 – 4,55; CaO – 3,1 мас. %) мололи мокрым способом до удельной поверхности 250–300 м²/кг.

В качестве порообразователя применялась алюминиевая пудра ПАП-1, депарафинизированная сульфолом (20 г/кг). Отходы производства ячеистого бетона мололи в сухом состоянии с добавкой 30% кварцевого песка до удельной поверхности 1000 м²/кг. В формовочную смесь их вводили за счет соответственного уменьшения количества песка. При расчете компонентов смеси газобетона на смешанном вяжущем условно принято исходное соотношение песка и цемента 1:1. Заменялось 20, 40, 60 и 80% цемента эквивалентным количеством извести.

Параметры формовочной смеси газобетона на смешанном вяжущем следующие: В/Т – 0,52–0,65; расход алюминиевой пудры – 0,2–0,25% от массы сухих материалов формовочной смеси; начальная температура смеси 40°C; количество молотых отходов производства 5–30% от массы песка.

Полученные образцы были исследованы на дериватографе системы Паулик–Паулик–Эрдей (вес пробы 300 мг, рост температуры 5°C/мин), дифрактометре ДРОН-50, проведен химический анализ по методике [1].

Добавка молотых отходов ячеистого бетона изменяет консистенцию формовочной смеси (рис. 1), плотность изделий при этом повышается (рис. 2).

Исследования зависимости (CaO/SiO_2) от количества добавки тонкомолотых отходов производства в состав формовочной смеси ячеистого бетона на смешанном вяжущем показали, что в этом случае

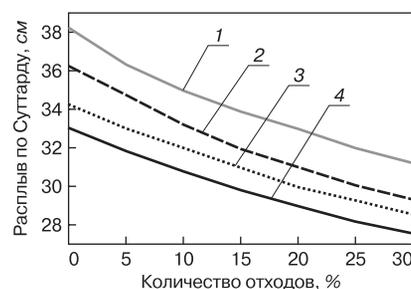


Рис. 1. Изменение консистенции формовочной смеси газобетона на смешанном вяжущем в зависимости от количества отходов производства. Добавка извести, %: 1 – 20; 2 – 40; 3 – 60; 4 – 80

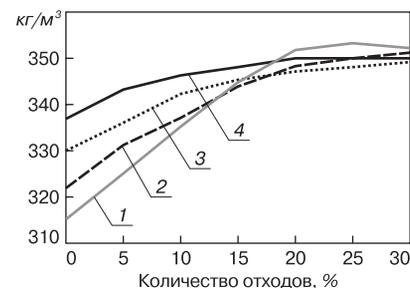


Рис. 2. Влияние количества отходов производства на плотность изделий. Добавка извести, %: 1 – 20; 2 – 40; 3 – 60; 4 – 80

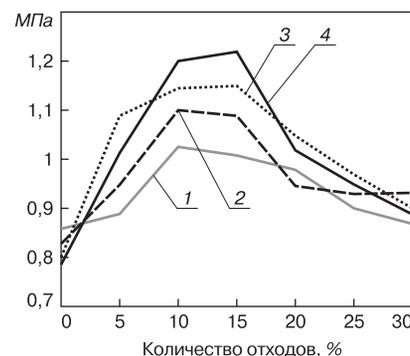


Рис. 3. Влияние количества отходов производства ячеистого бетона на его прочность при сжатии. Добавка извести, %: 1 – 20; 2 – 40; 3 – 60; 4 – 80

образуются гидросиликаты кальция с меньшей основностью.

Это указывает на лучшую кристаллизацию гидросиликатов кальция, что подтверждается термографическими и рентгенофазовыми анализами (в статье не приводятся).

Добавка отходов производства по существу не изменила фазового состава новообразований. Гидросиликаты кальция представлены CSH (I) и тоберморитом. Однако отходы способствуют лучшей перекристаллизации CSH (I) в тоберморит, на что указывает снижение температуры экзотермического эффекта на термограммах с 860 до 836°C и рост интенсивности пиков линий 2,82; 2,98; 3,07 Å на рентгенограммах. Однако добавка отходов производства более 10% ощутимого эффекта не дает.

Использование отходов производства до 15% взамен песка способствует росту прочности изделий. Причем с повышением количества извести в смешанном вяжущем положительное влияние отходов производства также растет (рис. 3).

Таким образом, молотые отходы производства ячеистого бетона оказывают положительное влияние на формовочный процесс: стабилизируют формовочную смесь, создают лучшие условия для формирования изделий низкой плотности (300–350 кг/м³). Во время автоклавной обработки эти отходы действуют как кристаллизационные центры – способствуют получению гидросиликатов кальция с меньшей основностью, перекристаллизации CSH (I) в тоберморит.

Молотые отходы ячеистого бетона повышают прочность изделий. Оптимальное их количество 10–15% от массы сухих материалов формовочной смеси. Прочность изделий увеличивается на 56%. Позитивный эффект применения этих отходов повышается с увеличением количества извести в вяжущем.

Литература

1. Митузас Ю.И., Митузас А.Ю. Определение SiO_2 и CaO в силикатах и гидросиликатах кальция // Сб. трудов ВНИИ теплоизоляция. Вып. 7. Вильнюс. 1973. С. 205–208.

М.А. МИХЕЕНКОВ, канд. техн. наук, Н.В. ПЛОТНИКОВ, Н.С. ЛЫСАЧЕНКО, инженеры, Уральский государственный технический университет УГТУ –УПИ (Екатеринбург)

Кинетика твердения цементных безавтоклавных пенобетонов в присутствии силиката натрия

Наиболее перспективным материалом для индивидуального строительства является безавтоклавный пенобетон, обладающий рядом ценных свойств, таких как низкая стоимость, низкая теплопроводность, возможность приготовления непосредственно на строительной площадке.

Между тем специфические условия приготовления безавтоклавного пенобетона на основе портландцемента понижают его физико-механические и технологические свойства. К ним можно отнести удлиненный период схватывания, низкую скорость твердения, склонность к трещинообразованию, низкую марочную прочность по сравнению с автоклавными пенобетонами.

Замедленное схватывание и низкая скорость твердения обусловлены в первую очередь свойствами протеиновых пенообразователей, используемых для приготовления безавтоклавных пенобетонов. Они создают на поверхности зерен цемента плотный адсорбционный слой и повышают вязкость воды в межзерновом пространстве, что приводит к торможению процессов гидратации портландцемента.

Попытка увеличить марочную прочность безавтоклавных пенобетонов за счет повышенного расхода портландцемента приводит к обратному эффекту. Из-за повышенного расхода портландцемента на приготовление безавтоклавных пенобетонов в них образуется большее количество этtringита на единицу объема пенобетона по сравнению с обычными бетонами. Повышенное содержание этtringита в пенобетонах на поздних этапах твердения приводит к их растрескиванию и снижению прочности. Примерно такое же влияние оказывает и гидроксид кальция, которого за 14 мес гидратации алита и белита портландцемента выделяется до 24,4% [1]. Исходя из особенностей гидратации портландцемента возможны следующие пути ускорения твердения и повышения марочной прочности безавтоклавных пенобетонов на основе портландцемента: торможение реакции этtringитообразования или полное ее исключение из процесса гидратации портландцемента; преобразование гидроксида кальция, выделяющегося при гидратации портландцемента, в другие, более прочные и водостойкие соединения.

Исключить реакцию этtringитообразования из процесса гидратации портландцемента можно только одним способом – использованием молотого безгипсового клин-

кера. При этом тормозящее действие протеиновых пенообразователей на процессы гидратации портландцемента выполняет функцию гипса и позволяет получить пенобетон с нормальными сроками схватывания и ускоренным твердением. Однако отечественная промышленность безгипсовых портландцементов не выпускает.

Наиболее простым способом связывания гидроксида кальция и торможения реакции этtringитообразования в обычных портландцементных бетонах является введение в состав пенобетонов пуццолановых добавок, которые при нормальной температуре способны вступать в реакцию с гидроксидом кальция с образованием прочных и водостойких гидросиликатов кальция С–S–Н. При наличии в системе достаточного количества аморфного кремнезема реакция этtringитообразования подавляется из-за нехватки гидроксида кальция, необходимого для полного протекания реакции. В данных условиях возможно формирование низкосульфатной формы гидросульфатоалюмината кальция, который существенного влияния на разупрочнение системы не оказывает.

При введении 5% диатомита в состав пенобетона его суточная прочность возрастает в 3 раза. При твердении пенобетона в воздушной среде прирост прочности прекращается на 5–6 сут, и марочная прочность пенобетона с диатомитом существенно не отличается от прочности контрольных образцов на чистом портландцементе. Это обусловлено прекращением реакции пуццоланизации из-за высыхания пенобетона. Поскольку большинство безавтоклавных пенобетонов твердеет в воздушных условиях, необходимо, чтобы реакции связывания гидроксида кальция и преобразования этtringита протекали на ранних стадиях твердения безавтоклавных пенобетонов. Это возможно за счет введения в систему колматирующих, флюатирующих добавок или силикатов натрия (жидких стекол), которые вводятся в виде растворов солей или содержат гидроксид кремния в гелеобразном состоянии, что должно существенно ускорить их взаимодействие с гидроксидом кальция.

В настоящей работе изучалось влияние силикатов натрия (СН) на скорость твердения и прочность безавтоклавных пенобетонов на основе портландцемента. Химический состав материалов, использованных в работе, приведен в таблице.

Наименование материала	Содержание в материале, мас. %							$\Delta m_{\text{прк.}}$, мас. %	Объемная плотность, г/см ³
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	SO ₃	Модуль		
Диатомит Камышловского месторождения	75,4	9	4,1	1,9	0,02	0,5	–	9,08	0,6
СН высокомодульный	39	–	–	–	13	–	3	48	1,4
СН среднемодульный	34,6	–	–	–	15,4	–	2,25	50	1,4
СН низкомодульный	28,8	–	–	–	19,2	–	1,5	52	1,4

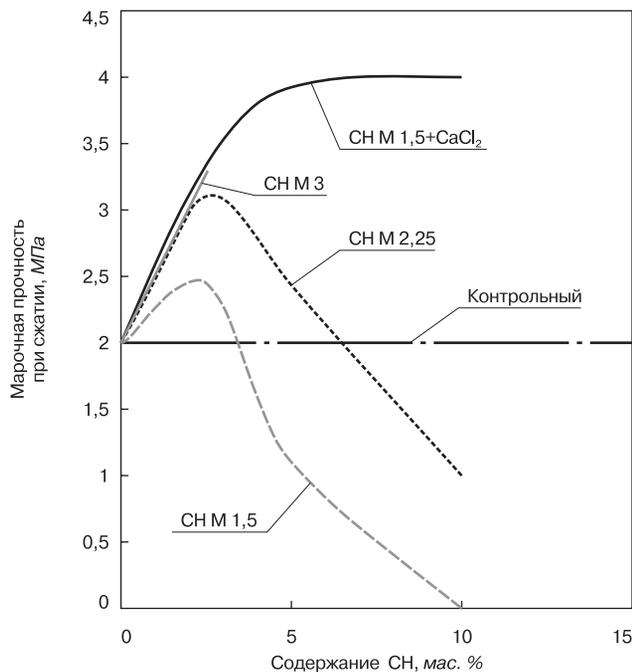


Рис. 1. Влияние количества силиката натрия и его модуля на марочную прочность пеннобетона

Силикат натрия добавлялся при приготовлении безавтоклавного пеннобетона плотностью 600 кг/м³ на основе портландцемента марок ПЦ 400 Д0 и ПЦ 500 Д0 и протеиновых пенообразователей. На рис. 1 показано влияние количества силиката натрия различного модуля на марочную прочность безавтоклавного пеннобетона воздушного твердения в возрасте 28 сут, приготовленного на портландцементе ПЦ 400 Д0.

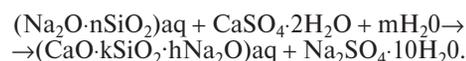
Из данных испытаний следует, что введение небольшого количества (2,5%) силиката натрия всех модулей в состав пеннобетона приводит к увеличению марочной прочности пеннобетона. Дальнейшее увеличение количества вводимого среднемодульного и низкомодульного силикатов натрия приводит к снижению марочной прочности пеннобетона, причем увеличение количества вводимого силиката натрия М 1,5 и 2,5 приводит к полному разрушению пеннобетона. Ввести в систему более 2,5% высокомолекулярного силиката натрия не удастся, так как это приводит к коагуляции и мгновенному схватыванию пеннобетона при перемешивании. Следует отметить, что введение силикатов натрия в пеннобетон приводит к частичному разрушению пенной структуры, но ускоренное схватывание пеннобетона в присутствии силиката натрия компенсирует этот недостаток. На такую возможность стабилизации пенной структуры указывалось в работе [2].

Анализ результатов испытаний показывает, что разрушение пеннобетона наблюдается в тех случаях, когда в систему вместе с силикатом натрия вводится большое количество гидроксида натрия. Вероятно, в присутствии гидроксида натрия в системе образуются соединения, приводящие к разрушению пеннобетона.

По данным [3], гидратация портландцемента в присутствии силиката натрия протекает гораздо быстрее, чем в чистой воде. Уменьшение модуля силиката натрия и увеличение его количества приводят к возрастанию предельной растворимости кальция. При достижении насыщения раствора в системе начинают выкристаллизовываться новообразования, представляющие собой тоберморитоподобные кальций-натриевые гидросиликаты равновесного состава CaO·1,35SiO₂·0,2 Na₂O.

Если источником ионов кальция являются чистые трех- и двухкальциевые силикаты, то конечными продуктами реакции являются кальций-натриевые гидросиликаты и метасиликат натрия. При наличии в системе гипса, что характерно для портландцементов, метасиликат натрия распадается на кальций-натриевые гидросиликаты и мирабилит (Na₂SO₄·10H₂O). Вероятнее всего, образование в системе мирабилита и приводит к разупрочнению пеннобетона.

Механизм гидратации портландцемента в присутствии силикатов натрия, предложенный в работе [3], нам представляется верным, кроме порядка протекания реакций. Поскольку силикат натрия и гипс являются высокорреакционными материалами, то при смешении силиката натрия с портландцементом гипс будет вступать во взаимодействие с силикатом натрия в первую очередь, с образованием мирабилита и кальций-натриевых гидросиликатов по схеме:



Термодинамические расчеты показывают, что протекание такой реакции возможно при нормальной температуре.

Вероятнее всего, гидратация портландцемента в присутствии силиката натрия протекает следующим образом. При смешении суспензии портландцемента с силикатом натрия гидроксид натрия вступает в реакцию с гипсом с образованием гидросульфата натрия и кальций-натриевых гидросиликатов. При содержании в портландцементе 2,4–2,6% сульфат-иона максимальное разупрочнение наблюдается при близком к стехиометрическому соотношению сульфат-иона и гидроксида натрия. Образование мирабилита и кальций-натриевых гидросиликатов на первом этапе гидратации портландцемента приводит к повышению прочности системы. Прирост прочности наблюдается до тех пор, пока продукты гидратации портландцемента находятся в гелеобразном состоянии. Как только новообразования гидратации портландцемента начинают выкристаллизовываться, что сопровождается общей усадкой системы, возникают внутренние напряжения, поскольку мирабилит, присоединяя воду, увеличивается в объеме и препятствует усадке. Возникшие внутренние напряжения вызывают разрушение системы.

Хотя марочная прочность пеннобетона в присутствии мирабилита снижается, введенный в систему силикат натрия повышает предельную растворимость кальция из алита и белита портландцемента и в целом ускоряет гидратацию портландцемента. Повышение марочной прочности пеннобетона в присутствии силиката натрия теоретически возможно тремя способами:

- блокированием гипса в портландцементе перед введением силиката натрия;
- блокированием гидроксида натрия в силикате натрия перед смешением его с портландцементом;
- одновременным блокированием гипса в портландцементе и гидроксида натрия в силикате натрия.

Блокирование гипса осуществлялось путем введения в систему гидрата трехкальциевого алюмината, который, вступая в реакцию с гипсом, образовывал эттрингит. Влияние добавки гидрата трехкальциевого алюмината совместно с силикатом натрия на кинетику твердения безавтоклавного пеннобетона, приготовленного на портландцементе марки ПЦ500Д0 и протеиновом пенообразователе, приведено на рис. 2. Аппроксимация экспериментальных данных осуществлялась при помощи уравнения регрессии на основе сплайнов полинома второй степени. Такая аппроксимация позволяет уловить изгибы на кинетической кривой, вызванные разупрочнением образцов в процессе твердения пеннобетона.

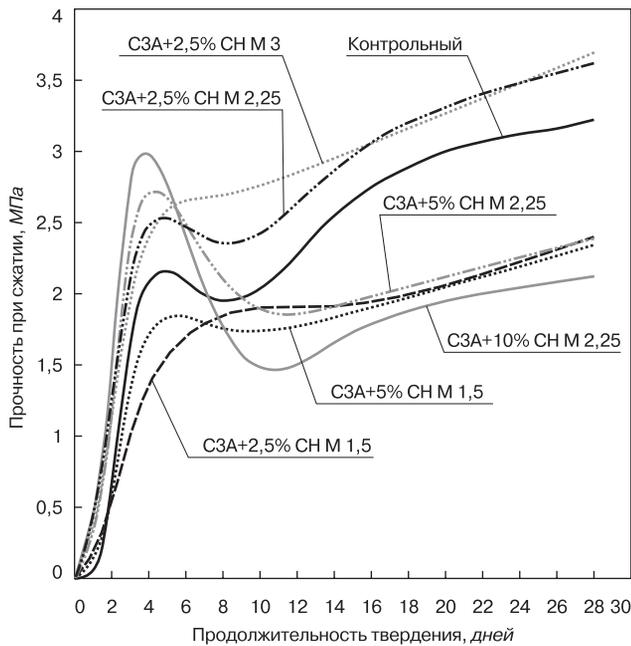


Рис. 2. Кинетика твердения безавтоклавного пенобетона в присутствии гидрата трехкальциевого алюмината и силиката натрия

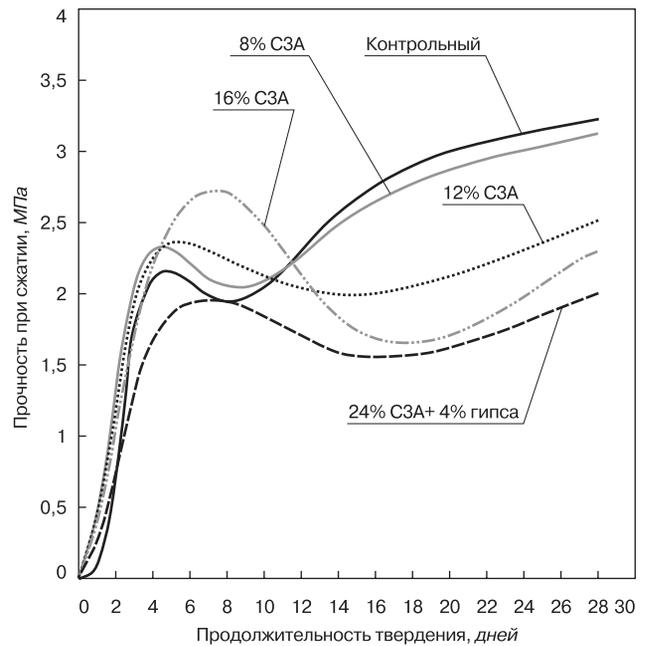


Рис. 3. Кинетика твердения безавтоклавного пенобетона в зависимости от количества гидрата трехкальциевого алюмината, введенного в пенобетон

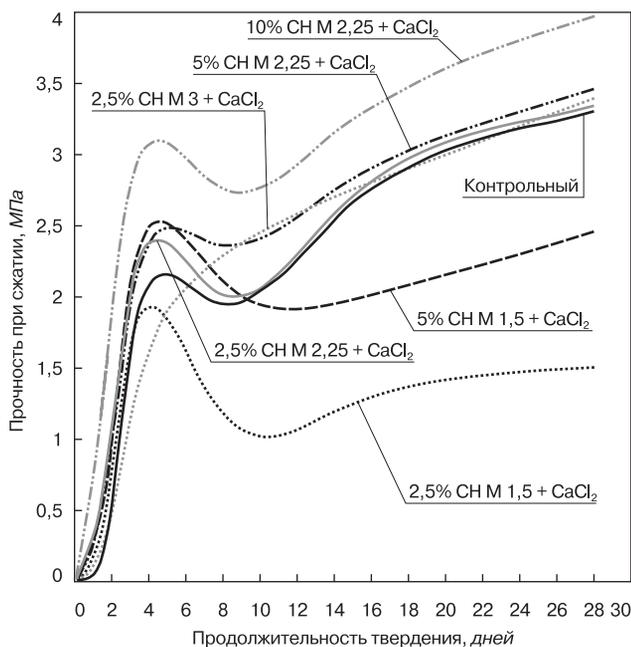


Рис. 4. Кинетика твердения безавтоклавного пенобетона с добавкой модифицированного силиката натрия

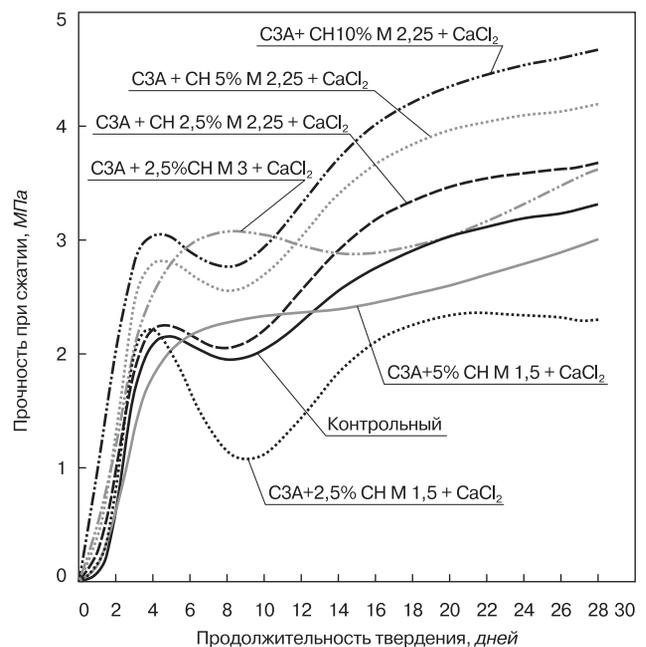


Рис. 5. Кинетика твердения безавтоклавного пенобетона с добавкой модифицированного силиката натрия и гидрата трехкальциевого алюмината

Из рис. 2 видно, что твердение безавтоклавного пенобетона в присутствии гидрата трехкальциевого алюмината и силиката натрия происходит быстрее с высокомодульным и среднемодульным силикатом натрия. На 5–6-е сут наблюдается разупрочнение у всех образцов. Марочная прочность пенобетона превышает прочность контрольных образцов только при введении 2,5% высокомодульного и среднемодульного силиката натрия. Следует отметить, что блокирование гипса путем перевода его в этtringит является действенным, но не самым эффективным способом, поскольку в данном варианте не удается избавиться от напряжений, вызываемых этtringитом, о чем свидетельствуют данные, приведенные на рис. 3.

Из рис. 3 видно, что с увеличением количества гидрата трехкальциевого алюмината, вводимого в пенобетон, марочная прочность пенобетона снижается.

Блокирование иона натрия в силикате натрия осуществлялось путем введения раствора хлористого кальция и тщательного перемешивания модифицированного силиката натрия. При этом образующийся коагулянт при тщательном перемешивании постепенно растворялся. При введении в силикат натрия хлористого кальция образуются кальций-натриевые гидросиликаты и поваренная соль. Влияние модифицированного силиката натрия на кинетику твердения безавтоклавного пенобетона на портландцементе ПЦ 500 Д0 приведено на рис. 4.

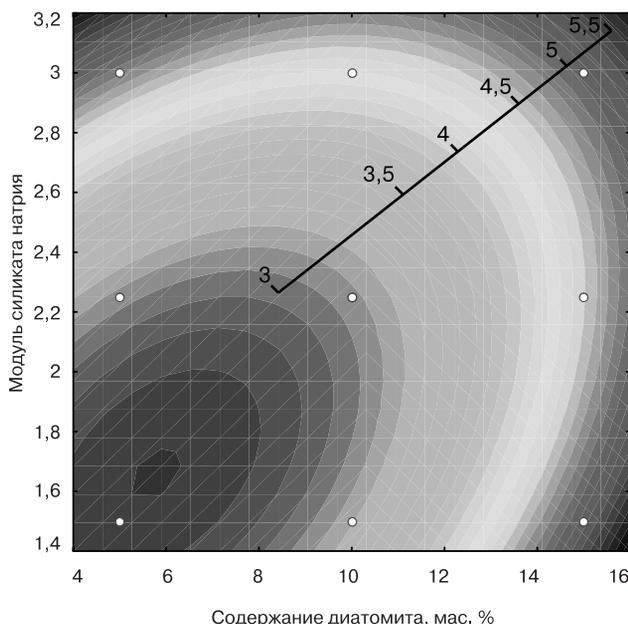


Рис. 6. Изолинии функции отклика для марочной прочности пенобетона, МПа, в зависимости от количества диатомита и модуля силиката натрия

Повышение марочной прочности пенобетона при введении модифицированных высоко- и среднемодульных силикатов натрия обусловлено, вероятно, не только связыванием гидроксида натрия, но и введением в систему вместе с силикатом натрия готовых центров кристаллизации кальций-натриевых гидросиликатов.

Изучение совместного блокирования гипса в портландцементе ПЦ 500 Д0 и гидроксида натрия в силикате натрия осуществлялось путем введения в портландцемент сначала гидроксида трехкальциевого алюмината и пены, а потом модифицированного силиката натрия. Результаты испытаний приведены на рис. 5.

Из приведенных данных видно, что при совместном блокировании гипса и силиката натрия пенобетон, содержащий высокомодульный и среднемодульный силикат натрия, твердеет быстрее контрольных образцов и имеет более высокую марочную прочность.

Результаты всех серий испытаний подтверждают теоретические предположения о механизме твердения и разупрочнения безавтоклавных пенобетонов на основе портландцемента в присутствии силиката натрия.

Поскольку механизм разупрочнения безавтоклавного пенобетона под действием мирабилита аналогичен механизму разупрочнения строительных изделий под действием этрингита, мы предположили, что возможно подавление реакции мирабилитообразования при введении пуццолановых добавок с той разницей, что аморфный кремнезем будет связывать не гидроксид кальция, а гидроксид натрия, с образованием кальций-натриевых гидросиликатов. Для проверки данного положения был реализован полный факторный эксперимент. На рис. 6 показаны изолинии функции отклика для марочной прочности пенобетона, приготовленного на портландцементе ПЦ 400 Д0, адекватно описывающей поведение пенобетона в зависимости от количества диатомита и модуля силиката натрия, вводимого в пенобетон в количестве 2,5%.

Из рис. 6 видно, что в области низкомодульного силиката натрия наблюдается ярко выраженный минимум функции отклика. В то же время в областях с повышенным содержанием аморфного кремнезема наблюдаются довольно высокие марочные прочности, превышающие прочность контрольных образцов на портландцементе

без добавок в 2–2,5 раза. Следовательно, при совместном введении пуццолановой добавки и силиката натрия реакция мирабилитообразования подавляется за счет смещения равновесия в сторону образования кальций-натриевых гидросиликатов с повышением марочной прочности пенобетона.

В результате проведенной работы установлено, что для ускорения твердения и повышения марочной прочности безавтоклавных пенобетонов на основе портландцемента в них целесообразно вводить силикат натрия. Для устранения отрицательного влияния мирабилита, образующегося в системе при введении силиката натрия, следует вводить силикат натрия совместно с пуццолановыми добавками, блокировать гипс перед введением силиката натрия или связывать в нем гидроксид натрия перед введением в пенобетон.

Разработаны оптимальные составы комплексных добавок в пенобетон, реализующих вышеописанный механизм. Комплексные добавки помимо описанных выше содержат компоненты, предотвращающие разрушение пенной структуры пенобетона. Введение комплексных добавок в безавтоклавные пенобетоны позволяет получать пенобетон, превосходящий по физико-механическим свойствам автоклавные пенобетоны.

Список литературы

1. *Тейлор Х.* Химия цемента. Пер. с англ. М.: Мир. 1996. 560 с.
2. *Михеенков М.А., Чуваев С.И.* Механизм структурообразования и кинетика твердения высокопористых неорганических композиций // Строит. материалы. 2003. № 3. С. 40–41.
3. *Борсук П.А., Лясс А.М.* Жидкие самотвердеющие смеси. М.: Машиностроение. 1979. 255 с.

3-й Международный научно-практический семинар

Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения



26–27 мая
2004 года

Министерство архитектуры и строительства
Республики Беларусь,
УП «НИИСМ», УП «Институт БЕЛНИИС»,
ОАО «Забудова», НПОУ «Стринко»

На семинаре планируется обсудить следующие вопросы:

- ✓ Снижение плотности ячеистого бетона и переход на выпуск изделий плотностью 400 кг/м³ с высокими физико-техническими показателями.
- ✓ Организация массового производства ячеистобетонной теплоизоляции плотностью 150–200 кг/м³.
- ✓ Достижение точности разреза массива сырца с допусками 1,0–1,5 мм.
- ✓ Снижение расхода газообразователей.
- ✓ Технологическое оборудование.
- ✓ Нормативная база применения ячеистого бетона.
- ✓ Ячеистобетонные изделия в несущих и ограждающих конструкциях.
- ✓ Наружное утепление ячеистым бетоном жилых домов средней этажности.

Оргкомитет: 220114, Минск,
Староборисовский тракт, д. 15, оф. 401 в.
Тел./факс: (+375 17) 263 66 20, 264 61 75,
e-mail: bsr@telecom.by



Генеральный спонсор семинара фирма
«MASA International Group» (Германия)

Ю.Н. КОЗЛОВ, зам. директора компании «Кунайстройсервис»
(г. Костанай, Республика Казахстан)

Опыт монолитного строительства по технологии «Унипор»

За последние десять лет широкое распространение получило возведение домов с монолитным каркасом, так как данная система позволяет проектировать и возводить здания привлекательные по своему объемно-планировочному решению и внешнему виду и одновременно обеспечивающие теплотехнические, прочностные требования.

Опыты монолитного строительства в бывшем СССР проводились начиная с 30-х годов, но о массовом распространении метода не могло быть и речи. Это было обусловлено отсутствием качественной опалубки, ограниченностью проведения работ летним периодом. Появление новых видов бетонов, добавок к бетонам позволило значительно расширить рамки строительного сезона. Что касается опалубок, то, к сожалению, отечественных разработок мало и сегодня используются преимущественно импортные опалубочные системы. Но есть выход из сложившейся ситуации.

Компания «Кунайстройсервис» (г. Костанай, Казахстан) уже десять лет предлагает на рынке стройиндустрии стран бывшего СССР оборудование для производства нового эффективного строительного материала — пенобетона «Унипор» по лицензии немецкой фирмы «Neopor System GmbH». В настоящее время компания «Кунайстройсервис» является лидером среди производителей данного вида оборудования.

Технология «Унипор» полностью адаптирована к условиям отечественных строителей. Оборудование компании «Кунайстройсервис» работает от Калининграда до Сахалина, все крупные стройки Казахстана невозможно представить без пенобетона «Унипор».

Нет нужды углубляться в описание положительных характеристик пенобетонов, они очевидны и давно известны строителям. Базисным вопросом остается технологичность производства пенобетонов и возможность его применения. Только технология «Унипор» позволяет использовать пенобетоны в монолитных конструкциях стен и перекрытий. Это обусловлено высоким качеством пенообразователя, простотой производства и укладки в опалубку готовой пенобетонной смеси, высокими показателями качества пенобетонных конструкций и изделий.



Рис. 1. Монолитная несущая стена из пенобетона «Унипор»

Вследствие высокой стойкости пены, вводимой в пескобетонную смесь, возможно заливать вертикальные элементы до 3 м за один раз без усадки и расслоения пенобетона. Нет необходимости вибрировать смесь, что значительно ускоряет процесс бетонирования и снижает затраты. Литая, подвижная пенобетонная смесь легко заполняет полости любой конфигурации, что можно отнести как к положительному фактору, так и к «отрицательному». Понятие «отрицательный фактор» не зря взято в кавычки, так как это субъективный момент и подвижность пенобетона требует более качественной опалубки и более высокой культуры труда, к чему в настоящее время должны стремиться все строители.

Опираясь на мировую практику монолитного домостроения компания «Кунайстройсервис» разработала и серийно выпускает комплекты опалубки для монолитных стен, перекрытий, колонн.

Опалубка монолитных стен представляет собой подъемно-переставную крупнощитовую опалубку. Конструкция щитов представляет собой металлическую рамную конструкцию с палубой из ламинированной фанеры. В комплект входят необходимые для монтажа детали: подкосы, стяжные болты, гайки, закладные в монолит и т. д. Комплект опалубки изготавливается согласно рабочему проекту будущего дома в соответствии с пожеланиями заказчика и технологиями ведения бетонирования. Оборачиваемость стеновой опалубки составляет: по фанере до 100 циклов, что позволяет многократно использовать опалубку. Конструкция опалубки стен позволяет отливать всю блок-секцию квартиры.

Опалубка монолитных перекрытий классически состоит из металлических стоек, деревянных клееных балок, ламинированной фанеры, треног и унивилков.

Ценовая политика компании «Кунайстройсервис» ориентирована на отечественных покупателей и привязана к покупательной способности, уровню цен на новое жилье и конкурентоспособности относительно зарубежных аналогов.

В 1999 г. в г. Костанайе был построен 18-квартирный элитный жилой дом общей площадью 4 тыс. м² в сборно-



Рис. 2. Несущий каркас из пенобетона «Унипор»



Рис. 3. 3-этажный жилой дом из сборно-монолитного пенобетона (г. Костанай)

монолитном варианте с конструктивными элементами из монолитного пенобетона. Конструктивное решение было выбрано с учетом таких факторов, как обеспечение жесткости и устойчивости здания (несущими вертикальными элементами являются внутренние монолитные межквартирные стены), высокие архитектурно-планировочные показатели, создание внутри дома комфортных условий проживания (соблюдение норм по теплотехнике в соответствии со СНиП II-3-79* и изменений к нему, создание микроклимата, аналогичного деревянному дому). Проектом предусмотрено снижение уровня оплаты за предоставляемые услуги (отопление), предоставление дополнительных услуг (встроенные гаражи, офисы, благоустройство территории).

Монолитные стены выполнены из пенобетона плотностью 1200 и 1600 кг/м³, армированы арматурными сетками по проекту. Никаких специальных требований к армированию пенобетона не предусматривается. Набор распалубочной прочности достигается через 24 ч естественного твердения без дополнительных мероприятий. Переставная опалубка зачищается, на ее поверхность наносится смазка и идет следующий цикл сборки опалубки: закладываются проемообразователи, арматурные сетки, закладные детали и т. д.

Монолитные перекрытия выполнены из пенобетона плотностью 1800 кг/м³, армированы, как и стены, по проекту. После снятия опалубки для набора прочности и возможности ведения работ по свежеложенному перекрытию оставляются подпорные стойки. В дальнейшем возможно устройство самонивелирующих стяжек по бетону под покрытие пола.

Чистовая отделка внутри помещений выполняется сухими строительными смесями. Наружная отделка выполняется облицовкой или нанесением фасадных красок.

В качестве заполнения ограждений был использован тип многослойной конструкции из мелкоштучных пеноблоков плотностью 600 и 1200 кг/м³ и воздушной полости. Внутренняя панель стены набирается из пенобетона плотностью 1200 кг/м³, обладающего достаточными теплоизоляционными и фильтрующими свойствами, наружная — из легкого изоляционного пенобетона плотностью 600 кг/м³. Между панелями достаточно организовать один разрыв для отсоса воздуха с нежелательными компонентами антропоксидами — токсичными веществами жизнедеятельности человека, ухудшающими самочувствие, снижающими общую работоспособность, ускоряющими старение организма. Описанная конструкция многослойной стены полностью соответствует требованиям ГОСТов и СНиП.

Выбор варианта дома с монолитным каркасом позволил проектировщикам более свободно подойти к планировке. В отличие от крупнопанельного строительства, где все конструкции имеют размеры, кратные определенному модулю (технология конструкций, выполняемых на заво-

де, не позволяет быстро изменять форму оснастки), монолитно-каркасные здания не требуют четкой планировки комнат, их количества, не ограничивают возможности для проектирования больших кухонь, двух санузлов (гостевого и хозяйского) в одной квартире, просторных холлов, больших лоджий. В отличие от кирпичных зданий монолитные легче на 15–20%. Существенно уменьшается толщина стен и перекрытий. За счет облегчения веса конструкций уменьшается материалоемкость фундаментов, соответственно удешевляется их устройство.

Благодаря созданию индустриальных типов опалубки, мобильных бетонных узлов и мощных бетононасосов, а также переноса всех работ на строительную площадку возможно уменьшить единовременные капитальные вложения в производственную базу на 35–40%, расход металлопроката на арматуру — на 10–20%. При сборном домостроении изделия изготавливаются на заводе, привозятся на площадку, монтируются. При изготовлении сборных конструкций закладываются допуски на всех технологических этапах, которые приводят к дополнительным затратам при отделке стыков. Если монолитное строительство ведется по четко отработанной схеме, то возведение зданий осуществляется в более короткие сроки. Кроме того, качественно выполненная работа исключает необходимость мокрых процессов. Стены и потолки практически готовы к отделке. Монолитное строительство обеспечивает практически бесшовную конструкцию, благодаря этому повышаются показатели тепло- и звукопроницаемости.

Технология монолитного строительства пришла к нам с Запада, где просчитывается экономическая обоснованность того или иного проекта, учитывается стоимость материалов и работы. С монолитным строительством как более рациональным всегда связывались перспективы снижения материалоемкости и повышения надежности современных зданий.

КУНАЙ



Компания «Кунайстройсервис» основана в 1997 г.

Производит

пеноконцентрат «ПК Унипор»
и комплект машин для производства
изделий из неавтоклавного пенобетона
«Унипор» мощностью от 6 до 100 м³/сут

комплект машин для монолитного
строительства с годовым объемом
застройки от 4000 до 10000 м²

Выпускает

пеногенераторы, бетононасосы,
бетоносмесители для модернизации
существующих производств

Республика Казахстан, г. Костанай, пр. Абая, 1-а

Телефон: (+7 3142) 25-12-07

Факс: (+7 3142) 25-12-62

E-mail: kunai@list.ru

О.И. ЮРКОВ, канд. техн. наук, О.О. КУДРЕВИЧ, инженер, БНТУ,
В.Н. ГОНЧАРИК, д-р техн. наук, директор, Г.С. ГАРНАШЕВИЧ, канд. техн. наук,
зав. сектором УП «НИИСМ» (Минск, Республика Беларусь)

О теплотехнических характеристиках ячеистого газосиликата автоклавного твердения

При проектировании отапливаемых зданий различного функционального назначения для климатических условий Беларуси расчет тепловлажностного режима наружных ограждающих конструкций выполняется в соответствии с требованиями СНБ 2.04.01–97 «Строительная теплотехника», где приведены теплотехнические показатели строительных материалов, используемых в ограждениях. Так, например, газосиликат плотностью 600 кг/м^3 по этим нормам имеет расчетное массовое содержание влаги в материале при условиях эксплуатации «А» $W_A = 4\%$, а при условиях эксплуатации «Б» – $W_B = 5\%$. Коэффициенты теплопроводности соответственно составляют $\lambda_A = 0,18 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$ и $\lambda_B = 0,19 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$. В то же время теплотехнические характеристики этого же материала по российским нормам СНиП II-3–79** «Строительная теплотехника» составляют: $W_A = 8\%$, $W_B = 12\%$, $\lambda_A = 0,22 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$ и $\lambda_B = 0,26 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$.

Объяснение такого существенного различия заключается в следующем. Строительные материалы в ограждающих конструкциях зданий находятся не в сухом состоянии, а имеют определенную влажность, что повышает их теплопроводность и снижает теплозащитные качества ограждения. Наличие влаги в материалах ограждающей конструкции обусловлено рядом причин, но в большинстве случаев причиной повышения влажности материалов является сорбция и конденсация водяных паров на поверхности или внутри самого ограждения.

Конденсации водяных паров можно избежать при конструктивном решении ограждающей конструкции, при расчете ограждения на сопротивление паропропусканию, соответствующему влажностному режиму помещения, что и предусматривается СНБ 2.04.01–97.

Таким образом, сорбция является основным и постоянно действующим фактором, определяющим влажность материалов ограждающих конструкций зданий в процессе их эксплуатации при правильном конструктивном решении и качественном исполнении.

В Республике Беларусь действуют два нормативных документа, регламентирующие методику определения сорбционной влажности строительных материалов: ГОСТ 17177–94 «Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний» и ГОСТ 24816–81 «Материалы строительные. Метод определения сорбционной влажности». Сущность обоих методов заключается в определении массы воды, сорбированной образцом сухого материала в условиях определенной паровоздушной среды. Основным отличием между методами, приведенными в вышеуказанных стандартах, является длительность воздействия паровоздушной среды на испытываемый материал. ГОСТ 17177–94 регламентирует метод ускоренного (24 или 72 ч) определения, а ГОСТ 24816–81 рекомендует доводить образец до равновесного состояния.

Результаты экспериментального определения эксплуатационной влажности ряда материалов, выполненных по методике ГОСТ 24816–81 и ГОСТ 17177–94, показывают, что сорбционная влажность, определенная по ГОСТ 24816–81, в несколько раз выше сорбционной влажности, определенной по ГОСТ 17177–94, при тех же температурно-влажностных условиях.

Следовательно, сорбционную влажность строительных материалов, определяющую их теплотехнические свойства в процессе эксплуатации ограждающих конструкций, необходимо определять по методике ГОСТ

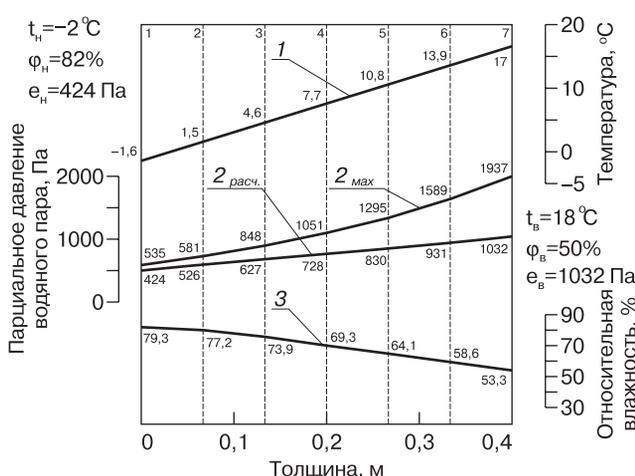


Рис. 1. Тепловлажностный режим наружной стены из газосиликата административного здания

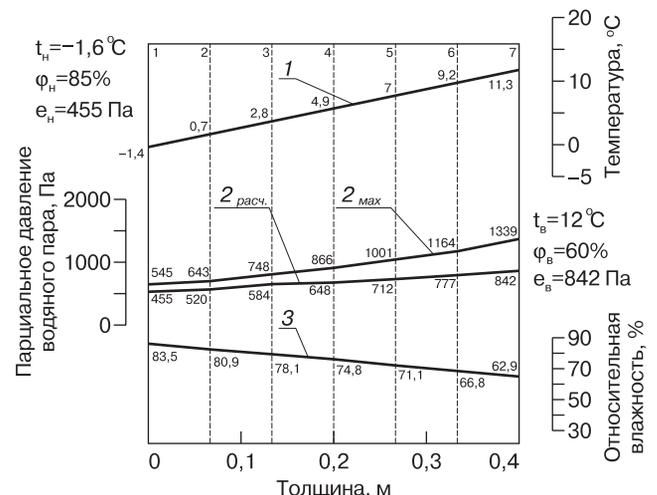


Рис. 2. Тепловлажностный режим наружной стены из газосиликата производственного здания

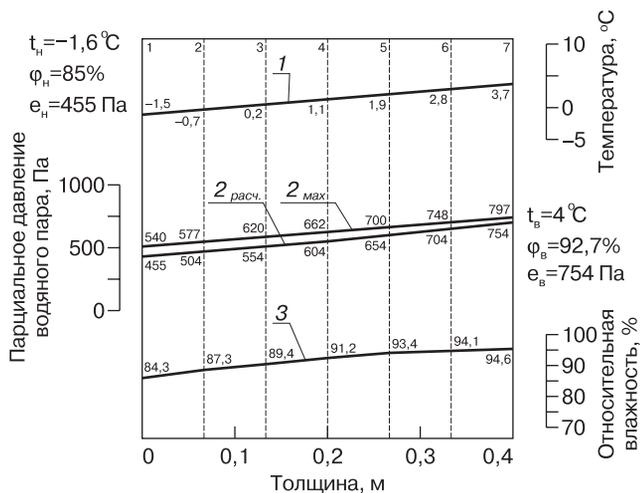


Рис. 3. Тепловлажностный режим наружной стены из газосиликата здания овощехранилища

24816–81, то есть при достижении гигротермического равновесного состояния испытываемого материала с окружающей паровоздушной средой.

Согласно СНБ 2.04.01–97 влажность материалов (расчетное массовое содержание влаги в материале) и расчетные коэффициенты теплопроводности и теплоусвоения для условий эксплуатации принимаются только в зависимости от влажностного режима помещений, что справедливо лишь для однородных (однослойных) конструкций. В многослойных ограждающих конструкциях влажностный режим материалов зависит также от теплотехнических характеристик материалов, толщины и расположения слоев.

В подобных случаях при теплотехническом расчете ограждения из многослойных конструкций не учитываются реальные характеристики материала, что приводит либо к понижению теплозащитных качеств, либо к повышению стоимости ограждающих конструкций.

Следует также отметить, что теплотехнические характеристики большинства материалов, приведенных в СНБ 2.04.01–97, заимствованы из ранее действовавшего СНиП II-3–79** «Строительная теплотехника», действовавшего на территории бывшего СССР, то есть влажность материалов в условиях эксплуатации приведена для более суровых климатических условий, чем климатические условия Беларуси, что также искажает реальные характеристики материалов.

В связи с вышеизложенным сотрудниками БНТУ и УП «НИИСМ» выполнены исследования и разработана методика определения эксплуатационной влажности строительных материалов, которая в виде Изменения № 2 включена в СНБ 2.04.01–97. На примере ячеистого бетона показан процесс определения эксплуатационной влажности материала для однослойной наружной стены здания с сухим режимом помещения (условия эксплуатации «А») и здания с влажным режимом эксплуатации (условия эксплуатации «Б»).

Необходимо иметь в виду, что эксплуатационная влажность материалов соответствует их сорбционной влажности, определенной по изотерме сорбции при средней относительной влажности воздуха в порах материала в условиях эксплуатации ограждающей конструкции. Результаты расчетов распределения температуры (1), парциального давления водяного пара (2) и относительной влажности воздуха (3) по сечению ограждения (толщина стены 400 мм) приведены на рис. 1–3. Параметры наружного воздуха приняты по средним показателям отопи-

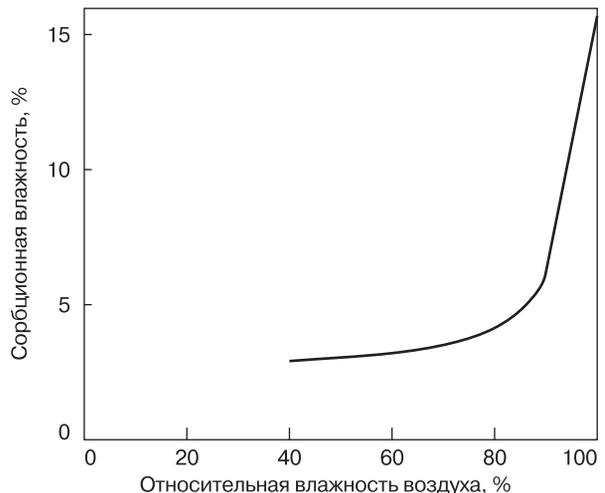


Рис. 4. Изотерма сорбции газосиликата

тельного сезона в Минске и Витебске. На рис. 4 показана изотерма сорбции ячеистого бетона плотностью 600 кг/м³ (по данным К.Ф. Фокина) [1].

Из полученных результатов следует, что средние значения относительной влажности воздуха в материале для режима помещения «А» составляет 75%, а для режима помещения «Б» – 90%.

По изотерме сорбции (рис. 4) определяем эксплуатационную влажность материала, которая для условий эксплуатации «А» составляет $W_A = 4\%$, а для условий эксплуатации «Б» – $W_B = 6,4\%$.

Следует отметить, что в результате многолетних лабораторных и натурных исследований наружных стеновых ограждений из ячеистого бетона плотностью 500–700 кг/м³, выполненных УП «НИИСМ», установлено, что величина эксплуатационной влажности не превышала 5 мас. %.

В связи с тем, что применение ячеистого бетона в наружных ограждениях ограничено только сухим и нормальным режимами, и с учетом результатов исследований УП «НИИСМ» эксплуатационная влажность ячеистого бетона принята равной $W_B = 5\%$. По этим значениям эксплуатационной влажности определены коэффициенты теплопроводности, которые соответственно составляют $\lambda_A = 0,18$ Вт/(м·°C) и $\lambda_B = 0,19$ Вт/(м·°C).

Как отмечалось выше, по СНиП II-3–79** эксплуатационная влажность ячеистого бетона для режима помещения «А» составляет $W_A = 8\%$, а для режима эксплуатации «Б» – $W_B = 12\%$. По изотерме сорбции (рис. 4) видно, что это возможно лишь в том случае, когда относительная влажность воздуха в материале для режима помещения «А» более 80%, а для режима помещения «Б» не менее 97%, а это, в свою очередь, объясняется более низкими расчетными температурами наружного воздуха, используемыми в СНиП II-3–79**, по сравнению с СНБ 2.04.01–97.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что искусственное завышение эксплуатационной влажности материала, а следовательно, и коэффициентов теплопроводности приводят к значительному увеличению стоимости здания без существенного сокращения теплопотерь.

Литература

1. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей здания. М. Стройиздат, 1973.

В.А. ПИНСКЕР, В.П. ВЫЛЕГЖАНИН, кандидаты техн. наук,
 Центр ячеистых бетонов (Санкт-Петербург)

Ячеистый бетон как испытанный временем материал для капитального строительства

Намечающийся строительный бум и рост стоимости жилья требуют увеличения производства дешевых высококачественных строительных материалов повышенной долговечности. В нашей стране имеется большой опыт производства и применения ячеистых бетонов. За последние 5 лет интерес к ячеистым бетонам резко вырос. Однако вследствие кадровых потерь (производственников, проектировщиков, научных работников) за годы спада производства в настоящее время выпуск и применение ячеистых бетонов зачастую осуществляется неграмотно, без учета накопленного опыта и нормативных документов, что чревато авариями и компрометацией материала.

Считается, что газобетон является более молодым материалом, поскольку пенобетон в России начал выпускаться с 1930 г., а газобетон (массово) — с конца 50-х. Однако первый патент на производство газобетона был получен Е. Гоффманном еще в 1889 г. (Германия), а на газобетон с алюминиевой пудрой — Эйлсуортом и Дайлером в 1906 г. (США). Пенобетон был запатентован немецким инженером Бауэром в 1923 г., на основании чего в 1924 г. начал выпуск промышленного пенобетона датской фирмой «Христиани и Нильсен». В России пенобетон применялся многие века в виде взбитого кладочного раствора с добавлением белкового порообразователя (куриных яиц). Это позволяло снизить теплопроводность кладки, что важно для нашего холодного

климата, повысить ее морозостойкость, прочность, воздухопроницаемость.

После Первой мировой войны шведский архитектор Аксель Эриксон усовершенствовал рецептуру газобетона Эйлсуорта и Дайлера, поделившись ею в 1923 г. с фирмой «Skövde Stenhuggeri og Kalkbrug», которая начала промышленный выпуск изделий. В 1929 г. по новым патентам и под руководством Эриксона начато производство газобетонных изделий под фирменной маркой Итонг (Ytong — аббревиатура Yxhult и Betong) на основе извести и сланцевой золы. К концу 20-х гг. XX в. в Америке и Европе работало около 100 малых производств по выпуску газобетона.

С 1934 г. под фирменной маркой Сипорекс на основе патентов инженера Ивара Эклунда начато производство цементного газобетона. С 1939 г. работает фирма «Хебель», использующая смешанное вяжущее.

В Германии массовое производство пенобетона начато в 1929 г. различными фирмами под соответствующими фирменными названиями (Бетоцел, Бетопорит, Целлобет, Изобет, Поренбетон, Ипоритбетон, Термобет, Аэрокрет, Шимабетон, Целолит, Бебалит и т. д.). Кстати, тенденция давать изделиям какого-то производства особое название как отголосок «детской болезни технологий» сохраняется до сих пор, мешая строителям ориентироваться в рынке и стандартах.

В России работы по пенобетону начаты в 1922 г. инженерами И.С. Пельсником (Москва), который уже в

1923 г. получил ячеистый грунтобетон, П.Г. Фреймарком (Ростов-на-Дону), Гензелем (Ленинград) и с 1929 г. группой Н.В. Богданова, А.А. Брюшкова и др. (Москва) по пено- и газобетонам. В связи с отсутствием в стране производства алюминиевой пудры выбор был сделан в пользу пенобетона, массовое производство которого началось в стране с 1930 г. для замены пробкового утеплителя.

С 1938 г. в СССР заработали заводы по выпуску изделий из автоклавного пенобетона (в основном в виде плит покрытий промзданий и стеновых блоков), которые особенно развернулись в послевоенный период, давая мощный импульс индустриальному крупноблочному и крупнопанельному домостроению. На основе опыта строительства первого дома (г. Березники, 1953 г.) ленинградским Горстройпроектом была разработана 439-я серия пятиэтажек с поперечными несущими стенами, которая широко распространилась в Уральском и других регионах. Стоимость березниковских стен составляла 66–76 р/м² (60–69%) против 110 р/м² (100%) для стен из кирпича (в дореформенных ценах при среднемесячной зарплате по стране в конце 50-х годов 731 р.).

Ситуация начала меняться с 1960 г., когда стали вводиться крупные заводы по производству газобетона мощностью до 200 тыс. м³ в год каждый, на закупленном в Польше оборудовании по технологии «Сипорекс». Было приобретено 10 комплектов, три из которых оказались за предела-



Рис. 1. Панорама застройки первыми газобетонными домами в Ленинграде на базе ДСК-3 с 1960 г.



Рис. 2. Цельногазобетонный дом — прототип серии 1-468А в Павлодаре (ЛенЗНИИЭП), 1968 г.

ми РФ. К этому времени в стране был ликвидирован дефицит алюминиевой пудры, и газобетон оказался выгоднее пенобетона.

Технология «Сипорекс» хотя и требует повышенного расхода вяжущего (цемента), но имеет менее металлоемкое оборудование и более простая в управлении. На основе опыта работы мощных польских заводов, выпускающих в сутки до 600 м³ газобетонных изделий, расход цемента М300 на 1 м³ газобетона на чисто цементном вяжущем составил для объемной массы 300, 400, 500, 600 и 700 кг/м³ соответственно 110, 150, 170, 190 и 200 кг.

На некоторых заводах польской поставки в сырьевую смесь стали добавлять золы, шлаки, известь, пески, опоки и другие местные материалы, удешевляя производство.

Первый из этих заводов (ДСК-3 ГлавЛенинградстроя), отказавшись от польских резательных машин, начал в тех же формах изготавливать газобетонные панели (толщиной 24 см) наружных и внутренних стен и с 1961 г. монтировать крупнопанельные дома (рис. 1), запроектированные Ленпроект. Стоимость 1 м² общей площади в этих домах составила от 73 до 81 р.

В освоении производства газобетона и испытаниях армированных конструкций из него принимал участие (с 1959 г.) Ленинградский филиал Академии строительства и архитектуры СССР (ЛФ АСИА СССР), преобразованный в 1964 г. в ЛенЗНИИЭП. На основании кратковременных и длительных многочисленных исследований газобетонных изделий были запроектированы типовые серии крупнопанельных домов, которые строились и строятся по всей стране.

Первый цельногазобетонный 5-этажный дом по проекту ЛФ АСИА СССР построен в 1965 г. в Пензе, второй — представитель типовой серии 1-468А — в Павлодаре (рис. 2). В дальнейшем строительство цельногазобетонных домов (включая перекрытия, покрытия и перегородки из газобетона) ограничилось двумя-тремя этажами (рис. 3), хотя строились и 5-этажные серии 126 (ЛенЗНИИЭП) (рис. 4).

Совместно с НИИЖБ и ЦНИИСК Госстроя СССР был разработан ГОСТ 19570-74 «Панели из автоклавных ячеистых бетонов для внутренних несущих стен, перегородок и перекрытий жилых и общественных зданий. Технические требования», который узаконил применение для перекрытий ячеистого бетона марок по прочности 25, 35, 50, 75 и 100. До этого марки ниже 100 для перекрытий не допускались.

Однако при строительстве домов повышенной этажности с платформенным стыком поперечных несущих стен и перекрытий применение ячеистых бетонов в перекрытиях становится нецелесообразным (оно возможно в каркасном и монолитном вариантах), и ячеисто-бетонные панели становятся навесными.

Всего в Ленинграде — Петербурге, Ленинградской области и других местах построено свыше 15 млн м² общей площади жилых домов из ячеистых бетонов. Продукцию ленинградского ДСК-3 возили в Польшу, Новый Уренгой, Белоруссию, на Урал и т. д., где монтировались ячеисто-бетонные дома.

Строительство домов из ячеистых бетонов велось помимо Ленинграда во многих районах СССР, в том числе на Урале (особенно в Свердловске), в Пензе, Павлодаре, Ижевске, Барнауле, Набережных Челнах, Астрахани, Белгороде, Днепропетровске, Новосибирске. Больших успехов добила Эстония, выпускавшая в 1989 г. 345 м³ ячеистого бетона на 1 тыс. чел. населения, и Белоруссия — 150 м³, в то время как весь СССР выпускал 25 м³ (РСФСР — 16 м³).

К сожалению, Москва, несмотря на первоклассные научные и инженерные школы, жилья из газобетона в то время не строила вследствие консерватизма МосГлаВПУ.

За рубежом ячеистый бетон продолжает активно применяться. Этот экологичный материал экономичнее по сравнению со строительством из кирпича (на 1 м² стены):

- по энергозатратам при производстве в 2,5–2,7 раза;
- по затратам при транспортировке в 4–6 раз;
- по трудозатратам при строительстве в 1,5–1,8 раза.

Для сравнения рассматривался пустотелый кирпич плотностью 1000 кг/м³ и автоклавный газобетон плотностью 500–600 кг/м³.

Только ячеистый бетон позволяет при нынешних повышенных требованиях к теплозащите (в 3,5 раза по сравнению с нормами 70-х гг.) делать наружные стены в России однослойными.

В настоящее время с учетом возросшей стоимости сырья (цемент, известь, песок) и зарплаты рабочих 60 р/ч себестоимость газобетонных панелей составляет 700–900 р/м³, то есть максимум 30–35 USD/м³. Для домов с комплексным применением газобетонных во всех основных конструкциях, для которых было разработано более 500 типовых проектов, его расход на 1 м² общей площади в зависимости от планировки, этажности и расчетной зимней температуры составлял от 0,8 до 1,5 м³



Рис. 3. 2-3-этажный дом серии 126 в Латвии



Рис. 4. 5-этажный дом серии 126 в Белгороде-Днестровском (Украина)

(включая фундамент, междуэтажные и чердачные перекрытия, наружные и внутренние стены, перегородки, стяжки под полы), то есть с учетом стоимости арматуры не более 50 USD/м². Если остальное — столарка, отделка, кровельные материалы, электрика и сантехника, внешнее благоустройство — не будет превышать такой же суммы, то для социального строительства (без импортных аксессуаров) реально себестоимость 100–150 USD/м². Такая стоимость жилья по отношению к средней зарплате в месяц 300 USD приблизится к относительной стоимости массового жилья в передовых странах, где она не превышает 1/3 средней зарплаты в месяц. Подчеркнем, что это на дорогом цементе и песке. Все сказанное выше относится также к общественным и промышленным зданиям. Если же использовать отходы и побочные продукты промышленности, имеющиеся повсюду (в России более 5 млрд м³ отвалов), и в качестве вяжущих и заполнителей, то стоимость ячеистых бетонов может быть снижена на 40–50%.

Накопленный за 80 лет опыт производства ячеистых бетонов, исследований, проектирования, строительства и эксплуатации зданий из них показал, что правильно изготовленный ячеистый бетон является качественным строительным материалом многоцелевого назначения, позволяющим удовлетворить противоречивым требованиям — экологичности, долговечности, огнестойкости, комфортности, с одной стороны, и низкой себестоимости и ресурсоемкости — с другой.



Подведены итоги работы Московского стройкомплекса за 2003 год

11 февраля 2004 г. Информационный центр правительства Москвы пригласил журналистов на традиционную пресс-конференцию первого заместителя мэра в правительстве Москвы, руководителя Комплекса архитектуры, строительства, развития и реконструкции города Владимира Иосифовича Ресина.



Строительный комплекс столицы не просто обеспечивает строительство и реконструкцию жилого фонда, зданий социально-бытового, культурного и спортивного назначения. Московские строители формируют среду обитания огромного мегаполиса, прямо влияют на качество жизни горожан.

Начиная пресс-конференцию, В.И. Ресин отметил, что 2003 г. прошел под знаком качества возводимого жилья. Систематизация недостатков позволила выработать этический кодекс социальной ответственности строительных компаний, работающих по городским заказам. Требования к качеству закреплены и в законодательном порядке. Принята норма десятилетней гарантии на кровли зданий. Утвержден механизм компенсации городу расходов на озеленение территорий и др. Благодаря принятым мерам общий уровень культуры производства в строительных организациях по оценочному показателю по сравнению с 2002 г. улучшился на 12%.

Всего в 2003 г. в Москве построено 4,7 млн м² жилья, в том числе для очередников административных округов Москвы 416,8 тыс. м². Москва осталась едва ли не единственным регионом, где сохранилась система бесплатного предоставления жилья. По программе «Молодой семье — доступное жилье» москвичам предоставлено 260,9 тыс. м².

По программе реконструкции пятиэтажного жилищного фонда в 2003 г. снесено 215 зданий. Для целей переселения москвичей из сносимых пятиэтажных и ветхих жилых домов построено 1,06 млн м² жилья. В среднем по Москве на одного жителя сносимой пятиэтажки приходится менее 16 м² общей площади, а получает он от города почти 26 м². Все жители, желавшие остаться жить в своих районах, получили жилье именно в них. Говоря о программе сноса и реконструкции пятиэтажного жилого фонда, В.И. Ресин отметил, что не планируется сносить кирпичные и панельные девятиэтажные дома, поскольку значительно дешевле обойдется их капитальный ремонт и надстройка.

За прошедший год построено 26 детских дошкольных учреждений, 18 общеобразовательных школ и 7 блоков начальных классов, 2 больницы, 5 поликлиник и 2 подстанции скорой медицинской помощи.

Продолжалось строительство объектов культуры и спорта. Завершено строительство комплекса зданий библиотеки фонда «Русское зарубежье» и Московской государственной картинной галереи Ильи Глазунова. Введены в строй четыре крытых плавательных бассейна, каток, крытый корт, два физкультурно-оздоровительных комплекса и универсальное спортивное сооружение из быстровозводимых конструкций.

Выполнены работы по прокладке городских инженерных коммуникаций общей протяженностью 306,2 км.

Построено и введено в эксплуатацию 390 тыс. м² дорог. Открыто безостановочное движение по всему третьему транспортному кольцу общей протяженностью 35 км. Введена в строй первая очередь Бутовской линии легкого метро протяженностью 5,8 км с пятью станциями.

Завершено строительство гаражей-стоянок общей вместимостью 70 тыс. машино-мест. Разработана и внедряется программа «Народный гараж», предоставляющая возможность приобретения гаражей широким слоям населения.

Сохраняется положительная динамика снижения уровня производственного травматизма на предприятиях стройиндустрии и промышленности строительных материалов. За 2003 г. по сравнению с 2002 г. снизилось общее число несчастных случаев на 23%.

В соответствии с соглашениями, заключенными правительством Москвы с органами исполнительной власти российских регионов, в настоящее время московскими инвестиционно-строительными компаниями ведется строительство жилья в 43 городах Центрального, Северо-Западного, Южного, Сибирского, Дальневосточного федеральных округов Российской Федерации и в четырех странах зарубежья (Монголия, Аджария, Латвия, Украина). В 2003 г. в регионах введено 284,8 тыс. м² жилья.

В настоящее время средняя обеспеченность москвичей жильем составляет около 23 м², в то время как в столицах Европы этот показатель составляет 40–70 м². Достичь подобных показателей Москва планирует к 2020 г. Поэтому одной из основных задач московских строителей на 2004 г. руководитель столичного стройкомплекса назвал увеличение ввода жилья до 5 млн м². При этом главным направлением будет повышение комфортности жилья, соответствие его качества европейскому уровню. В.И. Ресин отметил, что существенным шагом в продвижении этого вопроса призвана стать Комплексная программа реконструкции территорий сложившейся застройки, которую правительство Москвы утвердило в январе 2004 г. Комплексный подход, заложенный программой, подразумевает развитие коммунальной инфраструктуры в рамках всего района сложившейся застройки.

На множество вопросов журналисты получили исчерпывающие ответы. В.И. Ресин пообещал и в дальнейшем подробно информировать о работе строительного комплекса столицы.

УДК 691:699.86+681.2

С.А. ГОЛУНОВ, руководитель технического центра «Ваккер Хеми Рус» (Москва)

Модификация плиточных клеев редисперсионными полимерными порошками VINNAPAS®

Облицовка внутренних и наружных стен керамическими материалами известна давно. Первые керамические материалы для облицовки стен в виде фресок и мозаичных плиток производились около 3,5 тыс. лет назад в Египте, Персии и Китае. В современном мире ежегодно производится и укладывается свыше 3000 млн м² плитки различного вида.

В настоящее время в основном используется рядовая неморозостойкая плитка для внутренних работ (пористая, с водопоглощением 10–25%) и морозостойкая (непористая, с водопоглощением 1–3%) для внутренних и наружных работ. Кроме того, для наружного применения и устройства полов все чаще используются мозаичные керамические плитки, известные в России как керамогранит. Такие материалы имеют низкое водопоглощение (<0,1%), хорошее сопротивление истиранию и устойчивы к атмосферным воздействиям.

Для отделки помещений используются тяжелые плитки больших размеров (до 40×40 см), природный камень в

виде крупноразмерных плит или панелей. Приклеивание таких изделий требует новых материалов и технологий.

Многие годы для укладки плитки и камня применяется технология, которую можно определить понятием «толстослойная». Для этого используется простая немодифицированная смесь цемента и песка в соотношении 1:4, которая готовится непосредственно на строительной площадке, или готовая смесь марок М100, М150. Раствор наносится толстым слоем (обычно 2–3 см) на тыльную поверхность увлажненной плитки, которая укладывается на предварительно смоченную поверхность.

При отделке вертикальной поверхности работы производятся снизу вверх. Толщина застывшего клеевого слоя составляет 10–20 мм в зависимости от кривизны стен.

Поскольку у данной смеси отсутствует устойчивость к сползанию, то необходимо применение дополнительных средств аппликации («стартовых» элементов, разнообразных «крестиков» и др.).

Прочность сцепления плитки с основанием в данном случае обеспечивается только за счет проникновения кристаллов, образующихся в процессе гидратации цемента в поры керамической плитки.

Таким образом, по толстослойной технологии с достаточной долей надежности можно укладывать только мелкогабаритные плитки с высокой пористостью (не менее 10%).

Хотя описанная выше техника укладки плитки встречается еще достаточно часто, в современном строительстве все больше находит применение тонкослойная технология. Тонкослойная техника установки керамической плитки подразумевает укладку плитки на поверхность с предварительно нанесенным модифицированным клеевым составом. Толщина клеевого состава задается с помощью применяемого при нанесении зубчатого полутерка или шпателя с высотой зуба 6–10 мм. Такая техника не требует больших усилий при укладке плитки и обеспечивает высокое качество работ на ровной поверхности. В настоящее

Таблица 1

Характеристика	Норматив	Показатель
Плиточные клеи – понятия и определения	EN 12004	С1 – стандартные клеи; С2 – клеи с улучшенными свойствами; Е – материал с увеличенным открытым временем; F – материал с ускоренным временем схватывания; Т – материал с повышенной устойчивостью к сползанию
Сползание с вертикальной поверхности	EN 1308	< 0,5 мм
Смачивающая способность	EN 1347	–
Адгезия при различных условиях хранения: 28 дней НК* 7 дней НК + 21 день в воде 14 дней НК + 14 дней 70°C 7 дней НК + 21 день в воде + 25 циклов замораживания/оттаивания *НК – нормальный климат (Т= +23°C, влажность воздуха = 50%)	EN 1348	Для плиточных клеев класса С1 – > 0,5 Н/мм ² ; для плиточных клеев класса С2 – > 1 Н/мм ² , после всех видов испытаний
Открытое время, определяемое через адгезию	EN 1346	>0,5 Н/мм ² , для клеев типа F – >10 мин; для стандартных клеев типа С1 – > 20 мин; для клеев типа Е – > 30 мин
Способность к деформации	EN 12002	
Нанесение плиточных клеев	DIN 18157	

Состав плиточного клея, %	Тип клевого состава согласно EN 12004			
	A	B	C	D
Портландцемент	45	40	35	30–35
Песок кварцевый (0,05–0,5 мм)	55	49–55	49–55	40–50
Карбонатная мука	–	0–10	5–10	5–15
Эфир целлюлозы (вязкость около 40000, 2%-ный раствор в воде)	0,05–0,4	0,1–0,5	0,1–0,5	0,3–0,7
Полимерный порошок VINNAPAS®	–	0,5–2	2–4	4–10
Прочие добавки, улучшающие свойства клевого состава	–	–	0–1	0–5

время до 90% плитки в странах западной и центральной Европы укладывается с применением такой технологии.

Применение в клеевых составах специальных модифицирующих добавок позволяет наносить его на значительные участки поверхности (до нескольких квадратных метров) и производить укладку плитки в направлении сверху вниз без применения каких-либо дополнительных фиксирующих элементов. Хорошие водоудерживающие свойства таких составов обеспечивают высокие прочностные показатели без дополнительного увлажнения плитки и поверхности на месте ее нанесения. Тонкий слой клея (3–5 мм) имеет высокую прочность, обладает отличными адгезионными свойствами и обеспечивает надежность работы любого типа плитки.

В России в настоящее время еще не сформирована нормативная база для клеевых составов тонкослойной технологии. В европейских странах требования к клеевым материалам были сформулированы в следующем виде:

- надежная связь (адгезия) к основанию вне зависимости от типа плитки, типа поверхности и ее места положения;
- обеспечение работы уложенного материала без значительных изменений его физико-механических характеристик в течение всего эксплуатационного периода;
- восприятие климатических (значокопеременной температуры, нагревания прямыми солнечными лучами, кратковременное и длительное замачивание в воде и др.) и внешних механических воздействий без разрушения;
- эластичность при тепловых деформациях плитки или природного камня;
- длительное открытое время, хорошие водоудерживающие и смачивающие свойства и как следствие длительное время переработки материала даже при высокой температуре;
- устойчивость к сползанию тяжелых крупногабаритных плиток и плит из натурального камня;
- высокие потребительские свойства (удобство в нанесении и др.).

Определение основных требований повлекло за собой создание широкой и четко структурированной нормативной базы, регламентирующей производство и применение плиточных клеев. Основные показатели и нормативы приведены в табл. 1.

Из таблицы видно, что подобные показатели не могут быть достигнуты за счет минеральных вяжущих, подбора гранулометрического состава и применения таких добавок, как эфиры целлюлозы различных модификаций. Только применение специаль-

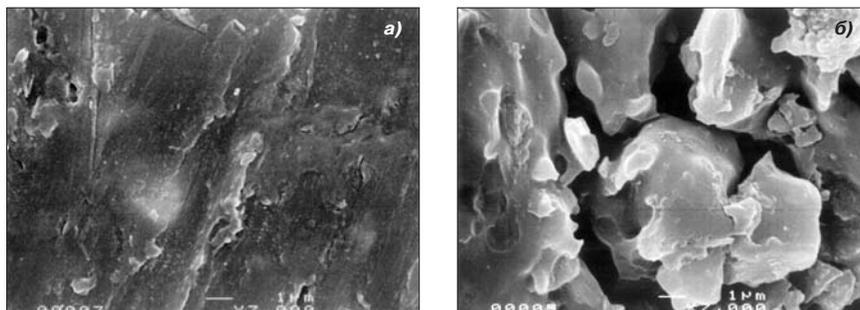


Рис. 1. Структура керамической плитки на снимке электронного растрового микроскопа (по данным компании WACKER®): а – керамогранит; б – плитка с нормальным водопоглощением

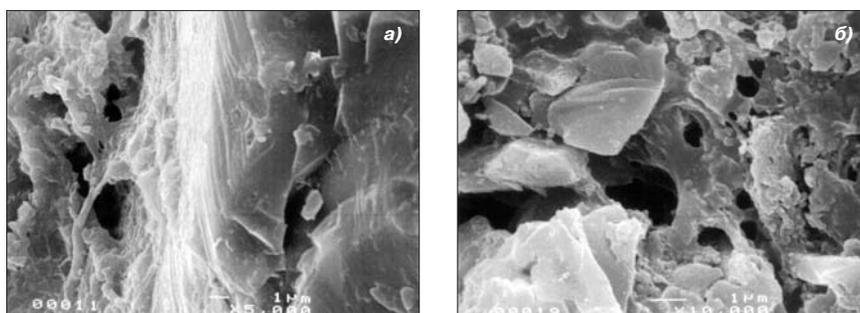


Рис. 2. Структура полимерных пленок в затвердевшем клее для различных видов плитки на снимке электронного растрового микроскопа (по данным компании WACKER®): а – для керамогранита; б – для плитки с нормальным водопоглощением

ных органических связующих в виде сухих ретисперсионных полимерных порошков позволяет обеспечить требуемые нормами физико-механические характеристики материала.

Эфиры целлюлозы в плиточных клеях играют важную роль, несмотря на то, что их количества малы (обычно 0,02–0,5%). Совместно с ретисперсионными порошками они улучшают процесс нанесения смесей, обеспечивают дополнительную адгезию к подложке, повышают устойчивость к сползанию и др.

Эфиры целлюлозы практически не влияют на такие показатели, как адгезия, эластичность, гидрофобность, прочность на изгиб и сдвиг. Данные характеристики обеспечивают полимерные ретисперсионные порошки, например VINNAPAS® производства компании WACKER®.

Полимеры VINNAPAS® обеспечивают отличную адгезию клеевых со-

ставов к самым разнообразным материалам (дерево, фанера, полимерные материалы), в том числе и при тонкослойном нанесении. Во многих случаях только добавка полимера позволяет обеспечить хорошую адгезию раствора к сложным основаниям. В качестве характерных примеров можно привести приклеивание плитки тонким слоем клея на старую глазурованную плитку или на старую штукатурку, покрытую толстым слоем краски. В таких случаях без модификации полимером было бы невозможно обеспечить достаточное сцепление клеевых цементных растворов с основой.

После затворения модифицированной сухой смеси водой полимерный порошок VINNAPAS® быстро и полностью ретиспергируется (переходит в дисперсионную форму). В процессе испарения и впитывания воды основой, а также при образовании водно-цементного геля вода интен-

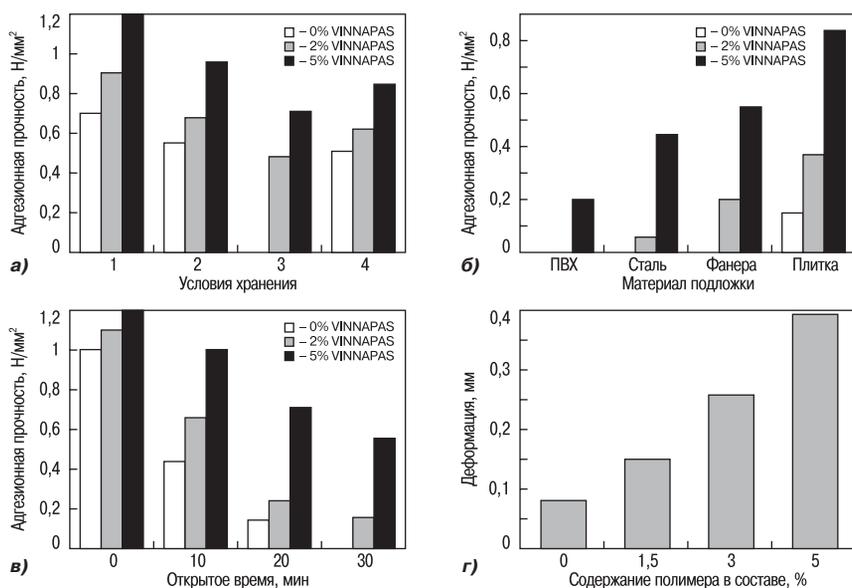


Рис. 3. Результаты испытаний клеевых составов: а – адгезионная прочность (Н/мм²) к плитке пористостью не более 3% по EN 1348 для плиточного клеевого состава (содержание портландцемента М 500Д0 35%). Условия хранения: 1 – 28 сут НК (при 23°C, влажность воздуха 50%); 2 – 7 сут НК и 21 сут в воде; 3 – 14 сут НК и 14 сут при 70°C; 4 – 7 сут НК, 21 сут в воде и 25 циклов замораживания-оттаивания; б – адгезионная прочность (Н/мм²) к различным подложкам по EN 1348 для плиточного клеевого состава (содержание портландцемента М 500Д0 35%). Условия хранения: 28 сут НК; в – открытое время, определенное через адгезионную прочность (Н/мм²), плитки нормального водопоглощения по EN 1346 для плиточного клеевого состава (содержание портландцемента М 500Д0 35%, содержание эфира целлюлозы 0,3%). Условия хранения: 28 сут НК; г – деформации (мм) по EN 18157/3 для плиточного клеевого состава (содержание портландцемента М 500Д0 35%) и плитки с низким водопоглощением. Условия хранения: 28 сут НК.

сивно расходуются, а частицы дисперсии стекаются и образуют пленки. Эти полимерные пленки (рис. 2) находятся в полостях и микропустотах затвердевшего раствора, которые обычно являются ослабляющими участками.

Прочность при разрыве полимерных пленок составляет более 50 кг/см², что значительно превышает прочность при разрыве затвердевшего цемента, поэтому очевидно, что добавка полимеров в наиболее слабые места цементной системы (поры) армирует их. Именно этим объясняется повышение прочности на растяжение при изгибе и увеличение усилия отрыва от основы. Пленки полимера проявляют хорошую адгезию к затвердевшему цементному камню, что обеспечивает их прочное приращение к цементной структуре.

Таким образом, в материале возникают две структуры: цементный камень и армирующая сетка из полимерных пространственных пленок, которые работают совместно и обеспечивают требуемые эксплуатационные свойства клеевого состава.

Основываясь на нормах EN 12004 и в соответствии с ситуацией, сложившейся на российском рынке, сухие клеевые составы для укладки плитки можно подразделить на: простейшие, стандартные, улучшенные стандартные, эластичные и специальные.

Простейшие клеевые составы – типа А (табл. 2) не содержат полимерного связующего и могут применяться

с гарантией лишь для укладки в помещениях пористой мелкозернистой керамической плитки на стабильное пористое жесткое основание, например штукатурку, кирпич. Под воздействием высокой или знакопеременной температуры такой материал быстро теряет свои свойства. Результатом может служить частичное или полное обрушение плитки. К сожалению, данный вид материала имеет наибольшее распространение на рынке России и его доля составляет сегодня около 2/3 от всего объема выпускаемых в нашей стране плиточных клеев.

Стандартные клеевые составы типа В содержат полимерное связующее в небольшом количестве и могут применяться с гарантией для укладки во внутренних помещениях плитки с пористостью менее 5% и керамической плитки среднего размера на широкую гамму оснований, включая литой бетон. Однако малое содержание полимера не может полностью гарантировать нормальную работу материала при воздействии высокой температуры или водной среды. Данный вид материала имеет достаточно широкое распространение на рынке России, а его доля составляет около 25% от всего объема выпускаемых в нашей стране плиточных клеев.

Стандартные улучшенные клеевые составы типа С содержат до 4% полимерного связующего и могут применяться с гарантией для укладки любой керамической плитки любого

размера на все виды стабильных оснований как внутри, так и снаружи зданий и сооружений. По своим свойствам они приближаются к плиточным клеям класса С1 (по EN12004), а содержание в них полимера гарантирует нормальную работу материала при любых стандартных условиях в течение длительного периода времени. Данный вид материала имеется на рынке России, но его доля составляет менее 10% от всего объема выпускаемых в нашей стране плиточных клеев.

Стандартные клеевые составы решают до 90% всех задач, имеющихся в современном строительстве. Для того чтобы решить оставшиеся 10%, требуются эластичные и специальные клеевые составы. Такие составы типа D содержат не только полимерное связующее в количестве более 4%, но и большое количество специальных добавок, которые позволяют использовать данный тип материала для всех типов плиток и поверхностей, например для укладки плитки на плитку, в широчайшем диапазоне климатических условий.

Клей сохраняет свои свойства в течение всего периода эксплуатации при любом виде внешних воздействий. На разработку составов тратятся годы и десятки тысяч долларов, поэтому этот вид материалов пока еще редкость в российском строительстве.

Таким образом, новые типы плиток с низким водопоглощением и большой массой, новые методы строительства, использующие различные основания, новые нормативные требования, требования долговечности, надежности, экономической эффективности, повсеместный переход на тонкослойный метод аппликации плитки – все это требует новых современных сухих плиточных клеев, модифицированных редисперсионными полимерными порошками.

Применение в составе клея полимерного порошка VINNAPAS® позволяет в зависимости от типа полимера и его дозировки значительно увеличивать когезионную прочность, адгезию и деформативные качества, удобоукладываемость, гидрофобность, смачивающие свойства и открытое время.

На рис. 3 приведены результаты испытаний клеевых составов с различным содержанием полимера. Данные экспериментов подтверждают, что высокое качество клеев невозможно без модификации их полимерами.

000 «Ваккер Хеми Рус»

117105 Москва, Варшавское ш. 37А

Телефон: (095) 363-55-45

Факс: (095) 111-24-14

E-mail: sergey.golunov@wacker.com

Структура предложения рынка сухих строительных смесей

Начало XXI века в России отмечается увеличением объемов строительства жилья и ремонтных работ. Это связано с постепенной стабилизацией экономического положения страны. В крупных городах платежеспособный спрос оказался выше предложения, что явилось мощным стимулом к активизации деятельности строительных организаций и развитию рынка строительных материалов. Так, за 2003 г. строительными организациями было введено более 36 млн м² жилой площади, что на 7,2% больше, чем в предыдущем году. В промышленности строительных материалов объемы производства в 2003 г. выросли на 6,4%. Все эти обстоятельства служат стимулом к развитию рынка строительных материалов и отдельных его сегментов.

Сухие строительные смеси — это материалы, широко используемые в строительстве. Они применяются в

большинстве работ, проводимых как организациями, так и частными лицами, и число потребителей этой продукции постоянно растет. Вслед за импортной продукцией появились отечественные материалы, успешно конкурирующие с западными образцами сухих смесей.

Рынок ССС постоянно развивается, представляя вниманию потребителей новые виды продукции, но потенциал его раскрыт не полностью.

В марте 2003 г. агентством «SYMBOL-MARKETING» (Москва) было проведено исследование с целью описания состояния розничной торговли сухими строительными смесями (ассортимент и марки предлагаемых товаров, а также их доли и уровни дистрибуции). В выборке участвовали 100 точек розничной торговли, из них 70 рыночных и 30 магазинных. Исследование рыночной торговли проводи-

лось на девяти строительных рынках Москвы.

В общем ассортименте розничной торговли сухими смесями было выделено девять основных товарных групп. Результаты исследования показывают, что наибольшую долю в общей структуре занимает клей для плитки (27%), на втором месте находится шпатлевка (22%), на третьем — затирка для швов. Наименьшую долю составляют вяжущие материалы и гидроизоляция.

В целом в розничной торговле сухими смесями присутствуют 115 марок, из них 26 импортных и 89 отечественных. Среди российских марок около половины — московские производители. В табл. 1 приведена информация о соотношении иностранных, московских и региональных марок ССС по уровню дистрибуции в розничной торговле. Максимально представлены отечественные марки в товарной группе «Вяжущие материалы», минимально — в группе «Затирка для швов». Московские марки наиболее представлены среди вяжущих материалов, наименее — в гидроизоляции. Что касается региональных производителей, их продукция имеет максимальный уровень дистрибуции в группе «Готовая шпатлевка», минимальный — в группе «Наливной пол».

Ведущие позиции по уровню дистрибуции практически во всех товарных группах ССС занимают такие марки, как Atlas (82% в общей розничной торговле), Старатели (77%) Vetonit (76%), Юнис (74%), Knauf (72%). Высокий уровень представленности марки в общей розничной сети предполагает высокий уровень ее дистрибуции на рынках, а в большинстве случаев и в магазинах. Также было установлено, что практически во всех товарных группах уровни дистрибуции ССС на рынках выше, чем в магазинах. Марки-аутсайдеры, как правило, представлены в торговых точках только одного типа — в магазинах или на рынках.

В различных товарных группах уровни дистрибуции отдельных марок оказались неодинаковыми (рис. 2). Например, марка Atlas, занимающая первое место в розничной торговле в целом, оказалась лидером далеко не во всех товарных

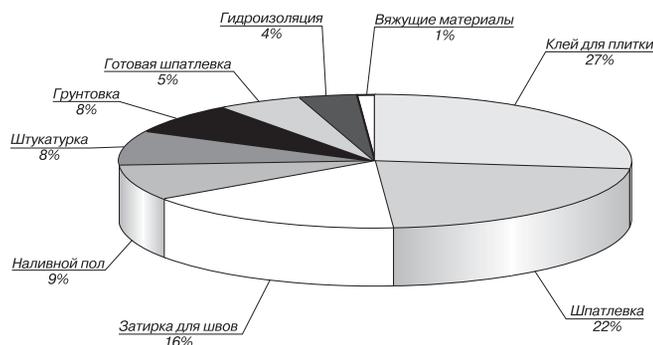


Рис. 1. Структура розничной торговли ССС по товарным группам

Таблица 1

Товарные группы ССС	Иностранные марки	Российские марки	
		московские	региональные
Вяжущие материалы	0%	71%	29%
Гидроизоляция	42%	21%	37%
Готовая шпатлевка	17%	40%	43%
Грунтовка	26%	36%	38%
Затирка для швов	44%	44%	12%
Клей для плитки	32%	60%	9%
Наливной пол	29%	65%	6%
Шпатлевка	33%	51%	16%
Штукатурка	26%	52%	22%
Итого	23%	39%	38%

группах. Ее доминирующая позиция обусловлена высоким уровнем дистрибуции в крупных товарных группах, таких как «Затирка для швов» и «Клей для плитки».

Товарные группы различаются между собой по числу представленных в них марок. В большинстве товарных групп лидера легко выделить по очевидному превосходству над остальными марками. Больше всего марок ССС представлено в группах «Клей для плитки» и «Шпатлевка» (47 и 45). Напомним, что эти товарные группы имеют наибольший удельный вес в структуре розничной торговли. Вяжущие материалы, которые встречаются в продаже реже всего, представлены наименьшим количеством марок, что говорит о сравнительно низком уровне конкуренции. Интересно, что в такой небольшой товарной группе, как готовая шпатлевка, присутствует 35 марок, то есть конкуренция здесь очень высока.

Уровни дистрибуции каждой марки, за исключением некоторых случаев, сильно различаются в магазинах и на рынках. В целом в магазинах было зафиксировано 80 марок ССС, в рыночной – 65.

Другой тип структуры рынка, выявленный в ходе исследования, – это доли продукции различных марок в общем числе наименований сухих смесей, зафиксированных в точках розничной торговли (табл. 2). За 100% принято количество всех наименований товаров, всех производителей и во всех товарных группах.

Изучение структуры рынка сухих смесей по долям продукции различных марок в розничной торговле приведено на рис. 3.

Доли марок в разных товарных группах различаются между собой. Неодинакова и структура лидерства для каждой товарной группы (табл. 3). Так, например, марка Старатели занимает максимальную долю по грунтовке и готовой шпатлевке, Глимс – по гидроизоляции и составам для устройства самовыравнивающихся покрытий пола, Vetonit – по шпатлевке.

Соотношение импортных и отечественных марок сухих смесей оказалось одинаковым для магазинной и рыночной торговли. Около 44% продукции принадлежит зарубежным производителям, 56% – российским компаниям.

Мониторинг розничной торговли дает богатую информацию о состоянии розничной торговли сухими смесями в Москве, позволяет отслеживать динамику рынка и оценивать перспективу развития данного направления.

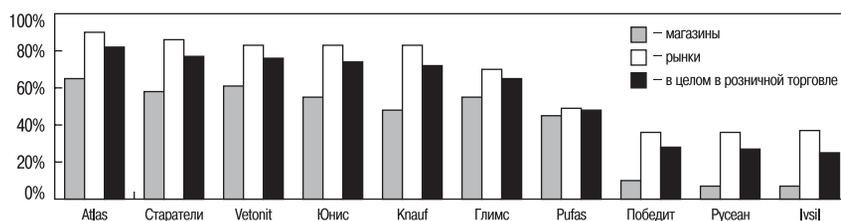


Рис. 2. Уровни представленности марок ССС в магазинах и на рынках Москвы

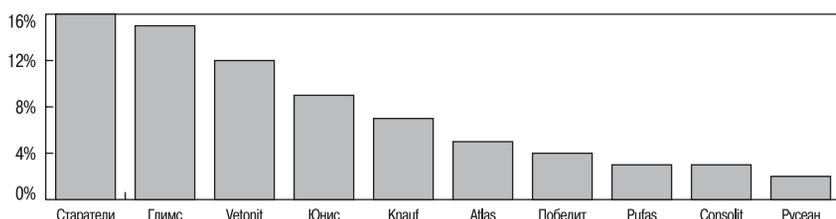


Рис. 3. Доля ССС различных марок в розничной торговой сети Москвы

Таблица 2

Товарные группы ССС	Лидирующие марки			Общее число марок в розничной торговле
	1-е место	2-е место	3-е место	
Вяжущие материалы	Контакт НЦ (9%)	Старатели (6%)	Тектор, Unis, Трим (2%)	14
Гидроизоляция	Глимс (44%)	Победит (23%)	Ceresit, Knauf, Сторомикс (3%)	24
Готовая шпатлевка	Старатели (33%)	Быт-Сервис (9%)	Акрон, Мастер (7%)	35
Грунтовка	Старатели (30%)	Глимс (18%)	Knauf (13%)	39
Затирка для швов	Atlas (40%)	Vetonit (20%)	Глимс (17%)	25
Клей для плитки	Юнис (72%)	Atlas (69%)	Старатели (52%)	47
Наливной пол	Глимс (48%)	Vetonit (41%)	Старатели (36%)	17
Шпатлевка	Vetonit (62%)	Старатели (55%)	Глимс (48%)	45
Штукатурка	Knauf (62%)	Старатели (41%)	Vetonit (35%)	23

Таблица 3

Товарная группа ССС	Лидирующие марки		
	1-е место	2-е место	3-е место
Вяжущие материалы	Контакт НЦ (24%)	Старатели (16%)	Трим (16%)
Гидроизоляция	Глимс (40%)	Победит (18%)	Сторомикс (8%)
Готовая шпатлевка	Старатели (40%)	Быт-Сервис (9%)	Акрон (5%)
Грунтовка	Старатели (22%)	Глимс (11%)	Оптимист (7%)
Затирка для швов	Sopro (32%)	Mapei (21%)	Atlas (19%)
Клей для плитки	Юнис (22%)	Atlas (13%)	Старатели (11%)
Наливной пол	Глимс (26%)	Vetonit (23%)	Победит (17%)
Шпатлевка	Vetonit (25%)	Глимс, Старатели (18%)	Pufas (9%)
Штукатурка	Knauf (23%)	Старатели (15%)	Глимс (13%)

Линейка материалов ЛАХТА®: новинки для строителей

В последнее время спектр гидроизоляционных и специальных строительных смесей и материалов, применяемых в российском строительстве, существенно расширился. При этом потребительские предпочтения устойчиво сохраняются на стороне производителей, предлагающих системы материалов, каждый из которых приспособлен к решению специальных задач. Поэтому развитие производственной программы многих производителей материалов идет по пути расширения ассортимента для решения специализированных задач. Именно по такому пути следует ЗАО «РАСТРО», расширяя ассортимент своей специализированной продукции.

Читателям журнала «Строительные материалы» уже хорошо известны составы для гидроизоляции ЛАХТА® и СЛАВЯНКА®, ЛАХТА® — это система сухих смесей на основе цемента, которая решает широкий спектр гидроизоляционных задач и включает восемь материалов. Проницающая гидроизоляция ЛАХТА® используется для обработки поверхностей подземных и наземных бетонных и железобетонных конструкций. Шовная гидроизоляция ЛАХТА® используется для обработки швов, сопряжений и трещин. Для локализации активных течей применяется водяная пробка ЛАХТА®. В систему ЛАХТА® входят также полимерцементные композиции для тонкослойной обмазочной (ЛАХТА® обмазочная) и выравнивающей штукатурной (ЛАХТА® штукатурная) гидроизоляции.

В 2004 г. компания «РАСТРО» предложила специалистам сразу четыре новинки: две модификации мастик СЛАВЯНКА® — клеевой состав и обмазочную гидроизоляцию — и две в системе специальных строительных смесей ЛАХТА® — базовый ремонтный состав и комплексную добавку для бетонов и растворов. Именно на материалах марки ЛАХТА® остановимся более подробно.

Ремонтные составы. Состав ЛАХТА® быстрый ремонт предназначен для оперативного ремонта бетонных поверхностей шоссе, мостов, ВПП аэродромов, промышленных полов и других поверхностей, постоянно эксплуатирующихся и подвергающихся большой нагрузке. Особенность этого материала заключается в быстром наборе прочности. Уже через 6 ч прочность при сжатии обработанных поверхностей составляет М100, через 24 ч — М300, через 28 ч — М600.

Если требуется восстановить прочностные характеристики разрушенной поверхности в течение короткого времени, ЛАХТА® быстрый ремонт незаменим. Но область его применения ограничена случаями экстренного ремонта поверхности, так как жизнеспособность раствора состав-

ляет всего 10 мин, это обуславливает предельно сжатые сроки проведения работ и соответственно их небольшой объем. Если ремонт требуется на большой площади, необходимо привлечение дополнительного персонала.

Более широкий круг задач решает новый материал — базовый ремонтный состав ЛАХТА®. В отличие от состава, рассмотренного выше, жизнеспособность раствора значительно больше — 40 мин.

Основные технические характеристики составов базовый ремонтный состав ЛАХТА® и ЛАХТА® быстрый ремонт приведены в таблице. Из таблицы видно, что базовый ремонтный состав ЛАХТА® имеет более высокую адгезию к бетону и меньший расход.

В отличие от ЛАХТА® быстрый ремонт новый состав хорошо укладывается на армированный бетон и на любые виды железобетонных конструкций. Высокая тиксотропность базового ремонтного состава ЛАХТА® позволяет без проблем наносить его не только на горизонтальные, но и на вертикальные поверхности. Новый материал имеет более длительный срок хранения — 6 мес и может быть использован для ремонта дефектов глубиной от 5 мм.

Все перечисленные свойства позволяют широко применять базовый ремонтный состав для восстановления дефектов мостов, дорог, пирсов и водопропускных сооружений, гидроэлектростанций, различных подземных сооружений, тоннелей, элементов промышленных и гражданских сооружений. Новый материал можно использовать при реконструкции жилых и производственных зданий, восстановлении промышленных объектов, которые долгое время не эксплуатировались.

Разработка и производство нового материала были инициированы специалистами дилерской сети компании «РАСТРО». Появление новой комплексной добавки для тяжелых и мелкозернистых бетонов и растворов ЛАХТА® также стало результатом обратной связи со специалистами строительства. Добавка представляет собой смесь минеральных наполнителей и различных химических веществ. Минеральная составляющая влияет на уплотнение структуры бетона, которая после применения добавки становится менее пористой, вследствие чего уменьшается водонепроницаемость бетона, а также происходит увеличение морозостойкости. Химические составляющие воздействуют на повышение пластичности бетонной и растворной смесей, уменьшение количества воды затворения (водопотребности) бетона и соответственно на повышение прочности. С использованием добавки ЛАХТА® можно повышать прочностные характеристики бетона не менее чем на 100%, марку водонепроницаемости — до W14, морозостойкость стандартного бетона — до F600.

Добавка вводится на стадии изготовления бетонной смеси. Промышленный выпуск продукции планируется начать в мае 2004 года.

Преимущества гидроизоляционных составов компании «РАСТРО» уже имели возможность оценить многие строительные фирмы в Москве, Санкт-Петербурге и других регионах России. Материалы ЛАХТА® применялись при ремонте гостиницы «Октябрьская», подвальных частей здания (казино «Папанин») в Санкт-Петербурге, Вологодского молочного комбината, Курской и Кольской АЭС, Интинской ТЭЦ, завода Efes Pilsener в Москве.

Характеристика материала	Базовый ремонтный состав ЛАХТА®	ЛАХТА® быстрый ремонт
Марка по прочности при сжатии через 28 сут, не менее	M500	M600
Прочность сцепления с бетоном, МПа, не менее	1,5	1,2
Марка по морозостойкости	F200	F300
Средний расход материала, кг/дм ³	1,7	2,5

По материалам ЗАО «РАСТРО»

Новые технологии приготовления и транспортировки растворов от PUTZMEISTER Mörtelmaschinen GmbH

ООО «Компания «СТРОЙИНЛОК» совместно с немецкой фирмой PUTZMEISTER Mörtelmaschinen GmbH представляет на российском рынке новейшее оборудование для механизации строительных процессов. Фирма PUTZMEISTER Mörtelmaschinen GmbH широко известна в мире как производитель современного, надежного оборудования для приготовления и транспортировки бетонов, различных видов растворов и штукатурных составов.

Ниже приведены наиболее интересные модели оборудования для российского строительства.

Универсальная модульная штукатурная станция MP25 (рис. 1) предназначена для работы с готовыми сухими смесями с величиной фракции до 6 мм. С его помощью можно проводить штукатурные работы, подавать клеевые растворы, самовыравнивающиеся составы для устройства пола.

Производительность станции до 40 л готового раствора в мин. Мощность электропривода насоса 5,5 кВт.

Стандартная установка укомплектована насосом D6 Power производительностью 25 л/мин. Давление подачи растворов 30 бар, масса оборудования 235 кг.

Универсальные шнековые растворные насосы серии S5 (рис. 2) выпускаются в различных модификациях: S5

EV; S5 EV/TM; S5 EV/CM. Оборудование предназначено для подачи и нанесения растворов крупностью фракции до 6 мм, структурированных штукатурных растворов, декоративных и текстурных покрытий на минеральной или синтетической основе. Установки могут оборудоваться многокомпонентным принудительным миксером TM100 или совмещаться с проточным миксером (непрерывного действия) SM928.

Установка оснащена двигателем мощностью 5,5 кВт, насосом модели 2 L 6 с плавно регулируемой производительностью 7–40 л/мин. Давление подачи до 25 бар. Масса комплекта 190–400 кг в зависимости от комплектации.

Для эффективной подачи раствора при устройстве цементно-песчаной стяжки на значительные расстояния с помощью сжатого воздуха предназначены насосы **Mixokret M 740 D** и **Mixokret M 500 E** (рис. 3). Производительность смешивания и подачи раствора составляет 2–4 м³/ч. Насосы способны подавать раствор на высоту более 200 м в зависимости от используемых компрессоров.

Mixokret M 740 D оборудован дизельным двигателем мощностью 33 кВт, компрессором производительностью 4,1 м³/мин. Насос данного типа может перерабатывать смеси круп-

ностью до 16 мм. Масса оборудования 1490 кг. Шасси позволяют развивать скорость до 130 км/ч при буксировке по шоссе. Возможно оснащение насосов скипом и скрапперов.

Mixokret M 500 E укомплектован электродвигателем 18,5 кВт и позволяет перерабатывать смеси с крупностью компонентов до 32 мм. Масса оборудования 980 кг. Его можно буксировать по стройке со скоростью до 8 км/ч.

Sprayboy – машина, объединяющая в себе миксер и шнековый насос (рис. 4) для приготовления и подачи растворов с максимальной фракцией до 4 мм. Раствор замешивается и подается из общего бункера. Оборудование предназначено для приготовления и нанесения штукатурных, кладочных растворов, гидроизоляционных составов, клеев, шпаклевок и др.

В машине Sprayboy используется насос D 5 short. При комплектации машины электродвигателем для напряжения 400 В и мощностью 1,4/1,8 кВт производительность составляет 6+12 л/мин; для напряжения 230 В и мощности 1,7 кВт производительность 4,5 л/мин. Давление подачи до 25 бар, масса оборудования 85 кг.

Двухпоршневой растворонасос P 13 (рис. 5) представляет эффективную штукатурную машину с механическим приводом двухпоршневого растворного насоса. Способен подавать растворы с фракцией до 8 мм на высоту до 100 м по вертикали. Основное предназначение – выполнение штукатурных работ, инъекцирование, набрызг любого жидкого раствора.

В качестве привода используются дизельный мотор мощностью 12,5 кВт или электромотор (400 В) мощностью 7,5 кВт. В комплект входит насос KA 139. Давление подачи до 40 бар и кратковременно до 60 бар. Масса дизельного варианта 1060 кг, электрического варианта 1000 кг.

Оборудование имеет высокий уровень надежности и удобно в эксплуатации. Фирма PUTZMEISTER Mörtelmaschinen GmbH имеет хорошо организованную службу сопровождения и сервисного обслуживания во многих странах мира. В России такие функции осуществляет компания «Стройинлок» – официальный представитель фирмы.

*Федоров С.А., руководитель
отдела строительных технологий
компании «Стройинлок»*



Рис. 1.



Рис. 4.



Рис. 2.



Рис. 3.

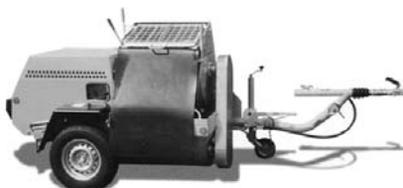


Рис. 5.

В.Н. ЗЕМЛЯНСКИЙ, канд. техн. наук, заслуженный деятель науки и техники Республики Коми (Ухтинский государственный технический университет)

Использование попутных пород бокситовых руд в конструкционном легком бетоне

Открытие в северных районах Российской Федерации огромных запасов природного газа и нефти определяет необходимость в сжатые сроки в сложных климатических условиях выполнить большие объемы строительно-монтажных работ, построить города и поселки на Крайнем Севере и в Приполярье с использованием местных строительных материалов.

Отходы промышленного производства являются надежной сырьевой базой не только для промышленности строительных материалов. Они часто содержат алюминий-, титан- и магнийсодержащие минералы, что подчеркивает их научное и практическое значение в проблеме комплексного использования данного сырья и руд цветных металлов.

Около трети балансовых запасов бокситов России сосредоточено в Южно- и Средне-Тиманском бокситорудных районах Тиманской бокситоносной провинции Республики Коми. В Средне-Тиманском районе выделяется Ворыквинская группа бокситов, представленная высоко- и среднеглиноземистыми, малосернистыми рудами латеритного и осадочного типов. В качестве вскрышных попутных пород присутствуют аллиты, сиаллиты, железистые и высокожелезистые бокситы с отношением $Al_2O_3:SiO_2 = 2-4$ (марок Б4-Б6). Аналогичные породы содержатся в бокситах Иксинского месторождения Северо-

Онежского бокситового рудника (г. Плесецк Архангельской обл.).

Разработана технология изготовления легких и облегченных бетонов класса В30–В50 и выше с использованием искусственного керамического заполнителя с прочностью при сжатии в цилиндре 8–10 МПа. Такой заполнитель представляет собой гранулы с высоко модульной поверхностной оболочкой толщиной 2–3 мм, которая играет роль компенсатора напряжений в бетоне и способствует повышению его прочности [1].

На опытном заводе института Гипроцемент была выпущена опытно-промышленная партия такого высокопрочного керамического (керамзитового) гравия с использованием порошковой технологии переработки 88 мас. % глинистого сырья месторождения Казарма (г. Котлас Архангельской обл.) и 12 мас. % попутных пород бокситовых руд (аллиты, железистые сиаллиты) СОБРа [2].

Сырьевые гранулы формовали на тарельчатом грануляторе. Обжиг полуфабриката осуществляли во вращающейся печи размером 1,2×16 м. Температура обжига в зоне вспучивания находилась в пределах 1130–1150°C. Керамический гравий имел плотную поверхностную оболочку толщиной 2–3 мм. Гравий испытывали в соответствии с требованиями ГОСТ 9758–90. Показатели физико-технических свойств приведены в табл. 1.

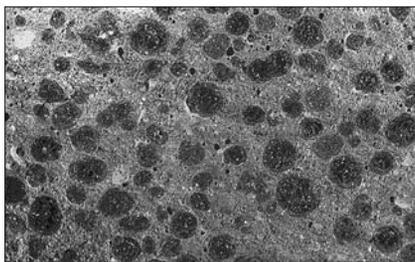
Гравий опытно-промышленной партии был использован для изготовления бетонов класса В25–В40. В качестве вяжущего применяли портландцемент марки М400 Горнозаводского завода с активностью 42,6 МПа, в качестве мелкого заполнителя – кварцевый песок Коряжемского КПП по ГОСТ 10268–80 с модулем крупности $M_{кр} = 2,1$, керамзитовый песок с модулем крупности $M_{кр} = 3,5$ и смесь дробленого керамзитового песка с кварцевым как демпфирующий компонент в бетонную смесь.

Таблица 1

Фракция гравия	Насыпная плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа	Водопоглощение, 1 ч, %	Морозостойкость 25 циклов, потеря массы, %	Коэффициент размягчения, K_p
5–10 мм	820	5,2	6	2	0,98
10–20 мм	800	6,5	6,5	5	0,9

Таблица 2

Марка бетона	Расход материалов на 1 м ³ бетона					Жесткость бетонной смеси, с	Плотность бетона в сухом состоянии, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа, в возрасте		
	портландцемент М400, кг	керамический гравий, кг	песок, кг		вода, л			1 сут после пропаривания	28 сут после пропаривания	28 сут нормального твердения
			керамзитовый	кварцевый						
350	440	500	520	–	196	30	1570	30	41,7	38,7
400	420	600	650	–	216	40	1810	33,6	41,5	48,5
500	520	840	–	500	213	30	1990	31,4	49,3	53,2
400	550	520	180	520	220	16	1920	33,6	43,7	47,9



Структура образца конструкционного легкого бетона класса В30

Подбор составов проводили в соответствии с [3]. Из приготовленных смесей были отформованы образцы-кубы размером 10×10×10 см. Их уплотнение выполняли на лабораторном вибростоле, пропаривание — в пропарочной камере по режиму 3+6+3 ч при температуре изотермического прогрева +85°С. Результаты испытаний представлены в табл. 2.

Из данных табл. 2 следует, что использование керамзитового песка приводит к уменьшению плотности бетона на 150–250 кг/м³ без существенного снижения прочности. Дробленый керамзит или вспученный песок как демпфирующие компоненты являются эффективной добавкой в легкие бетоны, способствующей росту прочности на растяжение при изгибе в 2,5–3 раза и морозостойкости [4]. На рисунке представлена структура конструкционного легкого бетона класса В30.

На Коряжемском КПП были выпущены опытно-промышленные партии плит покрытий размером 6×3 м и плит перекрытий длиной 6 м из керамзитобетона класса В25–В30. Расход материалов на приготовление 1 м³ бетона принят в соответствии с данными табл. 2. Материалы дозировали по массе и перемешивали в бетономешалке принудительного действия марки С-951. Бетонную смесь подавали на пост формирования и распределяли бетонораздатчиком в металлоформу плиты, установленную на вибростол. Затем ее уплотняли и направляли на выдержку в пропарочную камеру. Пропаривание изделий производили при температуре изотермической выдержки +85°С по режиму 3+8+3 ч. Одновременно с формированием плит были изготовлены

Класс бетона	Плотность в сухом состоянии, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа в возрасте	
		4 ч после термообработки	1 сут после термообработки
В25 (М300)	1720	20,1	25,8
В30 (М400)	1780	28,6	31,3

контрольные образцы-кубы размером 10×10×10 см. Показатели их физико-механических свойств приведены в табл. 3.

После распалубки и выдержки в течение 1 сут в цехе плиты были подвергнуты испытаниям на жесткость, трещиностойкость и прочность на растяжение при изгибе в соответствии с требованиями ГОСТ 22701.0–77. Конструктивный легкий бетон класса В25–40 по своим физико-механическим свойствам удовлетворяет требованиям СНиП 11-21–75.

В дальнейшем была выпущена опытная партия стропильных решетчатых балок 2БДР12-6АШВ-11-Н по чертежам ПИ № 1 НИИЖБ, НИИСК СибАДИ и проведены их испытания. Расход материалов для конструктивного облегченного бетона класса В30 (М400) на 1 м³ составлял: портландцемент М400 Савинского завода с активностью 39 МПа 500 кг; пористый заполнитель фракции 5–20 мм с прочностью П-250 (6,5 МПа) — 800 кг; кварцевый песок с $M_{кр} = 2,2$ и насыпной плотностью 1615 кг/м³ — 600 кг; вода — 175 л.

Характеристика бетонной смеси: В/Ц = 0,35; ОК = 2 см; плотность в сухом состоянии — 1900 кг/м³; предел прочности при сжатии образцов-кубов размером 10×10×10 см в возрасте 28 сут — 37,1 МПа.

Изготовление балок производили по рабочим чертежам серии 1.462.1-3/80. Натяжение арматуры выполняли электротермическим способом с контролем натяжения по удлинению стержней. Режим пропаривания составлял 3+3+8+2 ч при температуре изотермического прогрева 82°С. Снятие напряжений произведено при прочности бетона 35,5 МПа. Масса балки 4 т.

Испытание балки производили в соответствии с листом 2 «Контрольные нагрузки и схемы испытаний балок серии 1.462.1-3/80. Вып. 1» и ГОСТ 8829–77 «Конструкции и изделия железобетонные сборные. Методы испытаний и оценки прочности, жесткости и трещиностойкости» (рис. 3). Согласно испытаниям балки выдержали данные требования с коэффициентом безопасности >1,8 против нормативного 1,6.

Таким образом, получен бетон в возрасте 1 сут с пределом прочности при сжатии 40 МПа и с марочной прочностью 50 МПа и выше при плотности бетона 1800–2000 кг/м³ в состоянии естественной влажности.

Результаты исследований по применению попутных пород Северо-Онежского бокситового рудника в качестве корректирующей и опудривающей добавок включены в выполненный в 1986 г. СПКБ НИИКерамзит (Куйбышев) рабочий проект (а. с. № 1066967) первой очереди керамзитового завода в г. Котласе, построенного и введенного в эксплуатацию в 1990 г.

Список литературы

1. Землянский В.Н., Пивень Л.С. Высокопрочный керамический заполнитель // Строит. материалы. 1972. № 2. С. 26–27.
2. А. с. № 1188131, СССР, МКИ² С04 В14/10. Сырьевая смесь для изготовления керамзита. 30.10.85. Бюл. № 40.
3. Руководство по подбору составов конструктивных легких бетонов на пористых заполнителях. М.: Стройиздат. 1975.
4. Бабков В.В., Мохов В.Н., Давлетшин М.Б. Модифицированные бетоны повышенной ударной выносливости // Строит. материалы. 2002. № 5. С. 24–25.

информация



Уважаемые читатели, коллеги!

Редакция журнала «Строительные материалы»® приглашает вас посетить наш стенд в дни работы международного строительного форума «Интерстройэкспо-2004», который состоится 20–24 апреля в Санкт-Петербурге в ВК «Ленэкспо».

Наш стенд №7108 расположен в павильоне №4 (второй этаж).

Контактный телефон в дни работы выставки: (916) 123-98-29.

Оценка влияния примесей на свойства техногенного ангидрита

В настоящее время в России накапливаются значительные количества сульфаткальциевых отходов, являющихся побочным продуктом производства фтороводорода, фосфорной кислоты, фосфорных удобрений и др.

С целью систематизации данных о свойствах сульфаткальциевого продукта на примере фтороводородного производства рассмотрим влияние примесей на качественные характеристики техногенного ангидрита.

В твердых отходах фтороводородного производства кроме основных исходных реагентов и продук-

тов реакции – фторида кальция, серной кислоты, сульфата кальция – присутствуют также в различных количествах продукты взаимодействия материала оборудования и плавикового шпата с серной кислотой (сульфат железа) и фтороводородом (фторид и кремнефторид натрия, если нейтрализацию кислой составляющей отвала проводят с помощью натриевой щелочи). Поэтому возникает необходимость проверки влияния вышеперечисленных примесей сульфаткальциевого продукта на показатели ангидритовых растворов и прочностные

характеристики ангидритовых конструктивных материалов.

В связи с тем, что в отвале фтороводородного производства постоянно присутствует в различных количествах не прореагировавший фторид кальция (CaF_2) (согласно регламенту – до 3 мас. %, но в период запуска барабанной вращающейся печи после ремонта или после внеплановых остановок содержание CaF_2 в отвале достигает 7 мас. %), была поставлена задача оценить влияние CaF_2 на прочность гипса. С этой целью данные опыты проводили с полуводным гипсом марки х. ч., который нагревали до температуры 170°C (моделировали температурные условия отвала, выходящего с печи) и перемешивали в шаровой мельнице с определенным количеством плавикового шпата марки ФФ 95, после чего затворяли водой, перемешанной массой заполняли формочки размером $4 \times 4 \times 4$ см и через 1 сут сушки на воздухе при комнатной температуре и относительной влажности 40% проводили испытания на прочность.

Оказалось, что при росте содержания CaF_2 от 0 до 5 мас. % прочность увеличивается в 1,8 раза (от 2,74 до 5,1 МПа), при дальнейшем увеличении содержания CaF_2 наблюдается снижение прочности образцов до 3,2 МПа при 7 мас. %. Следовательно, присутствие неразложившегося CaF_2 и в гипсе, и во фторангидрите даже до 7 мас. % не снизит прочности получаемого гипса, но в ангидритовых растворах с повышенным (3 мас. % и более) содержанием CaF_2 наблюдается увеличение сроков схватывания этих растворов.

Следующим этапом исследований было определение влияния сульфата железа $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ на прочность фторангидритовых образцов. Отвал плавиковых печей содержал 22,8 мас. % серной кислоты, 1,3 мас. % фторида кальция, остальное – сульфат кальция. В размалываемый материал добавляли необходимое количество технической извести (до $\text{pH} = 7$) и различные количества $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$. После этого получали образцы-кубы, как описано выше. Через определенное время твердения на воздухе с относительной влажностью 60–65% кубы подвергались испытаниям на прочность (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что с увеличением содержания сульфата железа

Таблица 1

Содержание сульфата железа в отвале, мас. %	Время твердения образцов, сут			
	1	3	5	7
	Предел прочности образцов при сжатии, МПа			
0	3	10	12,5	12
1	3,1	10,2	12,7	13
2	2,7	5,7	8,1	9,2
3	2,3	5,5	7,7	7,9
5	2	5,3	6,9	7,2
7	1,5	5	6,7	7

Таблица 2

Содержание кремнефторида натрия в отвале, мас. %	Время твердения образцов, сут		
	1	3	7
	Предел прочности образцов, МПа		
0	2,7	3,2	3,4
1	3,5	4,1	4,4
2	2,7	3,3	3,5
3	2,2	2,9	3

Таблица 3

Температура фторангидрита на выходе из печи, $^\circ\text{C}$	Содержание ВСК во фторангидрите, мас. %	Предел прочности образцов (МПа) при времени сушки образцов 28 сут
140	14	4,1
160	15	8,2
180	17	9
200	17	8,6
220	8	3,1
240	4	1,1

Время, сут	Весовое соотношение фторангидрита к песку, вес. части									
	1:0		1:0,5		1:1		1:2		1:3	
	Предел прочности фторангидритовых образцов, МПа									
	$\sigma_{сж}$	$\sigma_{изг}$	$\sigma_{сж}$	$\sigma_{изг}$	$\sigma_{сж}$	$\sigma_{изг}$	$\sigma_{сж}$	$\sigma_{изг}$	$\sigma_{сж}$	$\sigma_{изг}$
7	1,4	0,16	1,5	0,18	1,6	0,2	1,3	0,1	1,2	0,08
14	1,6	0,17	1,6	0,18	1,7	0,22	1,4	0,12	1,3	0,1
21	1,9	0,2	1,9	0,21	2	0,23	1,8	0,13	1,6	0,12
28	2,2	0,23	2,2	0,24	2,3	0,26	2	0,15	1,8	0,13

Примечание. $\sigma_{сж}$ – предел прочности образцов при сжатии; $\sigma_{изг}$ – предел прочности образцов при изгибе.

более 1 мас. % прочность ангидритовых образцов снижается. К тому же присутствие сульфата железа изменяет окраску образцов от светлой при 1% $Fe_2(SO_4)$ до темно-бурой при 7%. Поэтому впоследствии на Сибирском химическом комбинате заменили материал вращающейся печи из обычной углеродистой стали на нержавеющую сталь и трубы, через которые подают реакционную кислоту в печь, футеровали политетрафторэтиленовым покрытием.

Было исследовано влияние добавки кремнефтористого натрия на прочность ангидритовых образцов. Фторангидрит содержал 4,8 мас. % серной кислоты, 1,6 мас. % фторида кальция и 93,6 мас. % сульфата кальция. В этом случае также проводили процесс сухой нейтрализации негашеной известью (до pH = 7) с добавлением различных количеств кремнефторида натрия. Далее из полученной смеси изготавливали образцы-кубы (4×4×4 см), как это было описано выше, и проводили испытания их на прочность. Результаты опытов показаны в табл. 2.

Согласно представлениям о механизме схватывания гипсового вяжущего вяжущим материалом во фторангидрите будет являться водорастворимый сульфат кальция [1]. Следовательно, чем больше будет содержание водорастворимого сульфата кальция во фторангидрите, тем выше марочность вяжущего, тем более прочными будут ангидритовые изделия. Поэтому необходимо знать влияние температуры на количество образования водорастворимого, или активного сульфата кальция.

Было замечено, что количество активного сульфата кальция изменяется во фторангидрите в зависимости от температуры реакционной массы в печи. Опытные партии фторангидрита содержали 1,5–12 мас. % серной кислоты, 0,5–2 мас. % фторида кальция, остальное – сульфат кальция. Содержание извести во фторангидри-

те после его сухой нейтрализации составляло 2 мас. %. Результаты опытов по влиянию температуры образования фторангидрита на содержание в нем активного сульфата кальция представлены в табл. 3.

Из вышеприведенных опытных данных видно, что твердые отходы фтороводородного производства обладают вяжущими свойствами и это качество тем выше, чем больше содержание водорастворимого сульфата кальция в отвале фтороводородной печи.

Оптимальная температура получения максимального количества водорастворимого сульфата кальция соответствует 180°C. Одновременно с определением количества водорастворимого сульфата кальция из этих же партий фторангидрита были приготовлены образцы в виде кубов, размеры и методика изготовления которых представлена ранее, и через 28 сут твердения образцы на воздухе с влажностью $\phi = 55\text{--}65\%$ были подвергнуты испытаниям на прочность при сжатии. Результаты измерений также представлены в табл. 3.

На основании полученных результатов было принято решение о применении фторангидрита в качестве вяжущего строительных отделочных, например штукатурных, растворов, для которых согласно СП 82-101-98 прочность при сжатии не превышает 2,5 МПа.

Чтобы установить влияние количества водорастворимого сульфата кальция на качество штукатурного раствора на основе фторангидрита, были проведены следующие опыты. Из фторангидрита, содержащего 3,4 мас. % серной кислоты, 1,6 мас. % фторида кальция, остальное – сульфат кальция и песок, согласно ГОСТ 8735-88 (табл. 4) готовили штукатурную смесь при различном весовом соотношении фторангидрит : песок : вода. С помощью гашеной извести рН смеси доводили до 7. По методике, приведенной ранее, из штукатурной смеси формовали балочки разме-

ром 16×4×4 см, которые через 7, 14, 21 и 28 сут твердения на воздухе с влажностью $\phi = 55\text{--}65\%$ испытывали на прочность по ГОСТ 8462-88 (табл. 4).

Проведенные опыты по определению прочности образцов на основе фторангидрита указанного химического состава с различным содержанием водорастворимого сульфата кальция с песком показали, что прочность образцов зависит от количества водорастворимого сульфата кальция и получается максимальной в тех образцах, которые были приготовлены с максимальным содержанием фторангидрита, т. е. максимальным содержанием водорастворимого сульфата кальция.

Согласно разработке треста «Оргтехстрой» г. Томска и СП 82-101-98 прочность штукатурного раствора при сжатии через 28 сут должна быть не менее 1 МПа. Данному требованию удовлетворяют все изученные составы, в которых соотношение фторангидрита к песку изменяется от 2:1 до 1:3 (табл. 5). Вначале при увеличении количества песка наблюдается увеличение прочности штукатурки, максимальная прочность достигается при массовом соотношении фторангидрит : песок = 1:1 (при этом она в 2,5 раза больше, чем требуется по СП 82-101-98). При дальнейшем увеличении количества песка прочность штукатурки снижается и достигает 1,25 МПа при соотношении фторангидрит : песок = 1:3.

Таким образом, твердые отходы фтороводородного производства обладают вяжущими свойствами, и это качество тем выше, чем больше содержание водорастворимого сульфата кальция в отвале фтороводородной печи. Оптимальная температура получения максимального количества водорастворимого сульфата кальция 180°C.

Литература

1. Воробьев Х. С. Гипсовые вяжущие изделия (Зарубежный опыт). М.: Стройиздат. 1983.

Оконная система «ФАВОРИТ» – новинка на российском рынке

Российские потребители достойной продукции мирового уровня – такой принципиальной установки придерживается компания «Thyssen Polymer/Deceuninck Group».

В настоящее время многие европейские страны со сравнительно мягким климатом переходят на оконные профильные системы, имеющие не менее четырех камер, шириной около 70 мм. В России с более холодным и суровым климатом доминирующими пока остаются трехкамерные системы шириной около 60 мм.

Компания «Thyssen Polymer/Deceuninck Group» решила изменить ситуацию и поэтому в 2004 г. выводит на рынок стран СНГ новый продукт – оконную систему «ФАВОРИТ». Окна «ФАВОРИТ» из профилей шириной 71 мм с пятью воздушными камерами разработаны компанией «Thyssen Polymer/Deceuninck Group» как доступный широкому потребителю продукт современного мирового уровня качества.

С 2004 г. компания «Thyssen Polymer», входящая в инвестиционную группу «Deceuninck Group», расширяет свое присутствие на рынке СНГ. С этой целью была разработана соответствующая концепция, включающая в себя прежде всего высококачественную продукцию, сильную команду и значительные инвестиции.

Компания «Thyssen Polymer» была основана в 1956 г. С 1975 г. приоритетным направлением работы фирмы является изготовление ПВХ-профилей для окон и дверей. В настоящее время ПВХ-профили изготавливаются на двух предприятиях – в Германии и США.

В основном продажи осуществляются за пределами Германии – во Франции, странах Центральной и Восточной Европы. Общая мощность экструзионных линий «Thyssen Polymer» составляет 86 тыс. т пластика в год. Помимо этого компания занимается производством комплектующих для экструдеров, ламинатами и др.

До июня 2003 г. компания «Thyssen Polymer» была дочерним предприятием «Thyssen Krupp AG». С июня 2003 г. компания входит в «Deceuninck Group» – международную промышленную группу с головным офисом в Бельгии. «Deceuninck Group» специализируется на проектировании, экструзии, отделке и переработке ПВХ-систем и профилей для строительной промышленности, активно работает в 32 странах и имеет 18 филиалов.

После объединения с «Thyssen Polymer» суммарный оборот «Deceuninck Group» за 2003 г. составил 548,8 млн евро, а количество работающих превысило 2,7 тыс. человек.

Продукцией компании «Thyssen Polymer/Deceuninck Group» являются системы ПВХ-профилей для:

- окон;
- входных дверей;
- раздвижных окон и дверей;
- зимних садов;
- фасадов.

Общее количество систем составляет более двух десятков, а количество комплектующих – около тысячи.

Главные особенности профильной системы «ФАВОРИТ», поставки которой начинаются в Россию в 2004 г.:

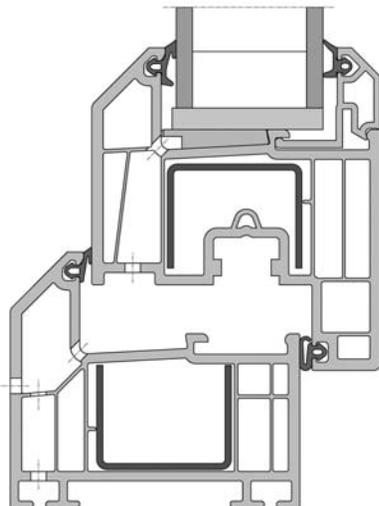
- ширина профилей 71 мм;
- пять воздушных камер, что обеспечивает самый высокий уровень тепло- и шумозащиты;
- возможность установки стеклопакетов толщиной до 47 мм;
- осевой размер установки фурнитуры 13 мм, который повышает противозломные свойства окон.

Одной из проблем пластиковых окон, особенно в холодных регионах, является образование конденсата по краям стеклопакетов, так называемый краевой эффект, причиной которого является мостик холода на алюминиевой дистанционной рамке в стеклопакете. Пятикамерная система шириной 71 мм способствует значительному снижению краевого эффекта благодаря оптимальному распределению температуры в конструкциях переплета.

Окна «ФАВОРИТ» имеют элегантный внешний вид: высокое качество экструзии обеспечивает безупречную поверхность и белизну; скошенные под 45° поверхности для отвода воды придают окнам особое изящество.

Новейшая экструзионная техника с высокой производительностью и организация производственных процессов позволили компании повысить эффективность производства и сделать окна «ФАВОРИТ» доступными широкому потребителю, как частному, так и при выполнении крупных строительных объектов.

Компания «Thyssen Polymer/Deceuninck Group» приглашает к сотрудничеству фирмы – производители ПВХ окон.



Представительство фирмы «Deceuninck N.V.» в России
123007 Москва, 4-я Магистральная ул., 11/1
Телефон: (095) 785-84-67. Факс (095) 785-84-69

www.deceuninck.com



THYSSEN POLYMER

Member of the Deceuninck Group



Десятилетие бизнеса в России компания «Сан-Гобэн Изовер» отметила строительством нового завода

16 января 2003 г. в подмосковном г. Егорьевск состоялось торжественное открытие первого российского предприятия компании «Сан-Гобэн Изовер», построенного французским концерном Saint-Gobain, – завода по производству теплоизоляционных материалов на основе стекловолокна.



От зеркальной мануфактуры до международного концерна

История концерна Saint-Gobain началась в 1665 г. во Франции, когда была основана королевская зеркальная мануфактура (Royal Mirror Glass Works). В настоящее время концерн Saint-Gobain входит в первую сотню промышленных групп мира, в его составе более тысячи компаний из 46 стран, общее количество сотрудников составляет 173 тыс. человек. В 2002 г. объем продаж концерна составил 30,27 млрд евро.

Подразделение изоляционных материалов концерна Saint-Gobain занимает первое место в мире по производству минераловатной изоляции. В состав подразделения входят 36 заводов в Европе, США, Бразилии, Аргентине и Китае. Объем продаж изоляционных материалов в 2002 г. составил 3,33 млрд евро.

Компания Saint-Gobain Isovver Oy, с 1996 г. входящая в состав международного концерна Saint-Gobain, является крупнейшим в Финляндии производителем тепло- и звукоизоляционных материалов из стекловолокна. Кроме двух заводов в Финляндии, она имеет представительства в Прибалтике, России, Белоруссии, Украине и Казахстане.

Коммерческий успех на Российском рынке

С 1993 г. представительства «Сан-Гобэн Изовер» в Москве, Санкт-Петербурге, Нижнем Новгороде, Краснодаре, Новосибирске и Екатеринбурге занимаясь сбытом через дилерскую сеть теплоизоляционных материалов торговой марки ISOVER, производимых финскими, польскими и шведскими заводами концерна Saint-Gobain.

В настоящее время доля материалов ISOVER на рынке теплоизоляции России составляет 15% (на рынке изделий из стекловолокна 40%). В 2001 г. объем продаж составил 1,5 млн м³ изделий, в 2002 г. – 1,7 млн м³, в 2003 г. – 2 млн м³.

По оценкам компании «Сан-Гобэн Изовер», в ближайшие годы рынок теплоизоляции в России будет расти примерно на 15% в год. По прогнозам специалистов «Сан-Гобэн Изовер», доля материалов на основе стекловолокна будет увеличиваться на 2% ежегодно.

Руководство компании «Сан-Гобэн Изовер» поставило задачу – обеспечить более высокие, чем рост рынка, темпы роста продаж, прежде всего за счет завоевания долей рынка каменной ваты и полимерной теплоизоляции. Выполнение поставленной задачи за счет увеличения импорта материалов уже невозможно. В сложившихся условиях необходимо промышленное присутствие на рынке. В 2001 г. устойчивая динамика продаж на фоне растущего рынка убедили руководство компании в необходимости строительства завода по производству теплоизоляционных материалов ISOVER на основе стекловолокна в России.

Первый завод ISOVER в России

Площадкой для строительства завода был выбран подмосковный город Егорьевск. Это обусловлено не только территориальной близостью к столичному рынку сбыта, подчеркнул на пресс-конференции, посвященной открытию завода, президент компании «Сан-Гобэн Изовер» Питер Даховский, но и глубоким взаимопониманием с руководством Московской обла-



сти и непосредственно главой администрации Егорьевского района М.Т. Лавровым.

Для создания нового предприятия компания «Сан-Гобэн ИзOVER Россия» перестроила заводские корпуса бывшего егорьевского сельского строительного комбината. В реализации проекта принимали участие компании из Финляндии, Франции, Швеции, Германии. Активно привлекались российские субподрядчики: АО «Стройреконструкция», ЗАО «Теплоагрегат», ЗАО «Трест Коксохиммонтаж», ЗАО «Воскресенское предприятие Трест №7», ЗАО «Стромизмеритель».

На новом заводе теплоизоляционные материалы производятся по фирменной технологии TEL с использованием современных экологических способов производства, в том числе электроплавки. Для производства используется в основном отечественное сырье (кварцевый песок, доломит, кальцинированная сода, мочевины), связующее и химические добавки, в значительной степени определяющие качество готовой продукции, импортируются из Финляндии.

Следует отметить, что в Финляндии более 50% сырья составляет стеклобой. Этим решаются экологическая и экономическая задачи (снижается нагрузка на окружающую среду и снижается себестоимость производства). В России, к сожалению, пока не налажена технология сбора и сортировки стеклобоя.

Инвестиции в строительство первой линии завода мощностью 1,5 млн м³ теплоизоляционных материалов в год составили около 35 млн евро. Производство началось в октябре 2003 г. Создано 118 рабочих мест. Около 90% сотрудников предприятия егорьевцы, их средний возраст 30 лет. Руководство «Сан-Гобэн ИзOVER» стремится закрепить сотрудников на предприятии, вкладывает средства в обучение, организует стажировки на зарубежных предприятиях.

Обоснованные амбиции

Руководство концерна Saint-Gobain планирует дальнейшие капиталовложения в сферу производства в России. Об этом заявил на пресс-конференции, посвященной открытию завода, председатель совета директоров группы компаний «Сан-Гобэн ИзOVER Россия» Пекка Рантамаяки. В настоящее время проектируется вторая и третья очереди завода, которые позволят к 2007 г. увеличить объем производства до 4,5 млн м³.

За десять лет работы на российском рынке компания «Сан-Гобэн ИзOVER» выстроила обширную дистрибуторскую сеть, через которую реализуется до 95% продукции. Компания проводит обучение персонала своих партнеров, предоставляет рекламную и техническую поддержку.

Функциональность в сочетании с высоким качеством являются основными конкурентными преимуществами материалов ISOVER. Эту позицию компания намерена прочно закрепить за собой в течение ближайших пяти лет. В плане маркетинговых мероприятий особое внимание уделено продвижению продукции для применения в конструкциях вентилируемых фасадов, штукатурных фасадов, плоских кровель. Для этого уже в конце 2004 г. на заводе в г. Егорьевск планируется начать производство жестких плит из стекловолна.

Редакция старейшего отраслевого научно-технического и производственного журнала «Строительные материалы»® поздравляет работников нового завода, всех сотрудников «Сан-Гобэн ИзOVER Россия» и зарубежных партнеров компании с запуском нового производства и желает успехов по развитию, бизнеса в России.

Е.И. Юмашева

ISOVER

ГАЛЕРЕЯ ВОЛОКОН



МОСБИЛД/БАТИМАТ 2004

Компания "Сан-Гобэн ИзOVER"

приглашает Вас на 10-ю международную строительную выставку МОСБИЛД/БАТИМАТ 2004. Выставка пройдет с 6 по 9 апреля 2004 г. в "Экспоцентре" на Красной Пресне в Москве.

Стенд ISOVER расположен: павильон 2, зал 3, место E503.

www.isover.ru

123022, Москва,
2-я Звенигородская ул., 13, корп. 15
Тел.: (095) 775-1510 (многокан.)
Факс: 775-1511

198103, Санкт-Петербург,
Лермонтовский пр-т, 44
Тел.: (812) 327-5660
Факс: 251-7165

620026, Екатеринбург,
ул. Куйбышева, 44 (ЦМТ), оф. 315
Тел./факс: (3432) 59-61-59

Производство:
140300, Московская обл., Егорьевск,
Промзона ССК, ул. Смычка, 60



СТРОЙСИБ 2004

10–13 февраля в Новосибирске прошла 18-я международная выставка архитектуры и строительства «Стройсиб-2004», организованная Сибирской Ярмаркой при поддержке Госстроя России, Российской академии архитектуры и строительных наук, Администрации Сибирского федерального округа, межрегиональной ассоциации «Сибирское соглашение» и др.

Для специалистов строительства Сибири, Дальнего Востока, Урала, многих регионов Европейской части России выставка «Стройсиб» стала незыблемым атрибутом начала строительного сезона. Уже давно выставка занимает лидирующие позиции среди аналогичных мероприятий за Уралом как по числу участников, так и по числу посетителей. Но если с наплывом посетителей Сибирская Ярмарка справлялась до сих пор успешно, то лист ожидания потенциальных фирм-участниц всегда был полон.

В этом году организатор мероприятия – Сибирская Ярмарка – смогла значительно увеличить количество участников за счет ввода в строй дополнительных площадей. «Стройсиб-2004» занял более 10 тыс. м² в двух корпусах и на открытых выставочных площадках. Участниками выставки стали более 600 компаний из 50 городов России и 10 стран мира – Великобритании, Германии, Италии, Испании, Турции, Финляндии и др.

Выставка «Стройсиб» давно зарекомендовала себя как ежегодное информационное мероприятие, где специалисты Сибири могут ознакомиться с новинками отрасли: технологиями строительства жилых, общественных и производственных зданий, экологически чистыми строительными и отделочными материалами, инженерными системами и др.

Широкая гамма кровельных и гидроизоляционных материалов была представлена на стендах ведущих отечественных и зарубежных производителей: от традиционных рубероидных до наплавляемых битумно-полимерных материалов («ТехноНИКОЛЬ», «Омсккровля» и др.).

Традиционно многочисленны на выставке компании по производству металлических кровельных материалов,

многие из которых также производят фасадные отделочные материалы. Материалы из оцинкованной стали с полимерным покрытием для внешней отделки зданий представило НПП «Камилан». Компания выпускает гофролист для малоуклонной крыши, металлочерепицу для скатной, сайдинг, панели и металлокассеты для стен, панели для внутренней отделки потолков в помещениях и доборные элементы для крыши (коньки, сливы и др.). ООО «ТехноФорум» (Новосибирск) в 2003 г. освоило технологию окрашивания оцинкованной стали полимерными материалами и запустило производство металлических фасадных кассет с полимерным покрытием.

Российские производители асбестоцементных изделий в условиях жесткой конкуренции продолжают совершенствовать качество своей продукции. На Искитимском шиферном заводе теперь выпускают декоративные панели для отделки фасадов с покрытием из минеральной крошки и специальной краски, что позволяет повысить конкурентоспособность этих строительных материалов.

Особый интерес вызывает проблема реконструкции ветхого жилья и получения дополнительных площадей за счет возведения мансард и малоэтажных зданий. Такую технологию предложило ПО «ИНСИ» (Новосибирск), известное как производитель окрашенных профилированных металлических материалов для кровли не только в Сибири. Основное преимущество представленной системы реконструкции – малая масса строительных конструкций за счет использования профилированных металлических материалов и эффективной теплоизоляции.

Неизменно большой интерес посетителей вызывают теплоизоляционные материалы. Красноярский завод



Стенд ООО «Стилвуд» производителя конструкций: клееный профилированный стеновой брус, конструкционные балки, силовые полы и балки опалубки



Торговая группа «ЛенСбыт» корпорации «Хорс» предлагала широкий спектр уплотняющих и теплоизоляционных материалов, изготовленных из льна



Группа компаний «Профиль У» – производитель оконно-дверной продукции на выставке «Стройсиб-2004» впервые представила элемент окна с нелинейной поверхностью

минераловатных изделий «Минвата» представил новинку своего производства – минераловатные плиты повышенной жесткости на карбамидном связующем (фасадные) ППЖ-200.

Техническая характеристика ППЖ-200

Плотность, кг/м ³	175-176
Влажность, %	0,6
Массовая доля органических веществ, %	5,8
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,048–0,049
для условий эксплуатации А/Б	0,053/0,056
Водопоглощение, %	21,9

По-прежнему самым популярным и долговечным стеновым материалом остается кирпич. ЗАО «Карьероуправление» (Томск), которое кроме традиционной продукции предприятия представило технологические новинки – керны для формования пустот в кирпиче и футеровку рамки для калибровки из износостойкой корундовой керамики. Разработчиком материалов является кафедра технологии силикатов Томского политехнического университета. Использование корундовой керамики для изготовления кернов позволяет повысить срок их службы в 10–15 раз по сравнению с закаленной сталью. Футеровка калибровочной рамки из износостойкой корундовой керамикой позволяет не только в 10–15 раз повысить срок безремонтной службы, но и исключить слесарно-фрезерные работы при изготовлении рамки и проводить ее восстановление вклеиванием заменяемых деталей футеровки. Эти технологические новинки в настоящее время внедряются на кирпичных заводах гг. Томска, Ленинск-Кузнецка и др., обеспечивая повышение эффективности производства и качество продукции.

Отделочные материалы традиционно составляют большую часть любой экспозиции. «Стройсиб» уже давно стал центром притяжения для многих зарубежных и отечественных фирм в области лакокраски, сухих строительных смесей.

Компания «Эркет» (Новосибирск) представила плитку с декоративным покрытием из мраморной крошки. Материал производится на немецком оборудовании с использованием цемента и крошки Плетневского мраморного месторождения. Плитка производится по технологии полусухого прессования и имеет высокие прочностные характеристики.

Представительной была экспозиция предприятий – производителей сухих строительных смесей. Кроме российских производителей интерес к региону проявили также и фирмы из Казахстана.

Традиционно во время работы выставки прошли конференции, семинары и круглые столы по актуальным проблемам строительства и производства строительных материалов.

В дни выставки состоялся международный конгресс «Ресурс- и энергосбережение в реконструкции и в новом строительстве». На пленарном заседании выступили заместитель руководителя департамента строительства и жилищно-коммунального хозяйства Новосибирской области А.С. Францев, первый заместитель мэра по вопросам жизнеобеспечения Новосибирска В.А. Анисимов, главный архитектор Новосибирска В.П. Арбатский.

На координационном совете по архитектуре и строительству межрегиональной ассоциации «Сибирское соглашение» обсуждались вопросы о стратегии развития строительного комплекса и промышленности строительных материалов в регионах Сибири, о комплексной программе кредитования строительства жилья.

Во время работы выставки состоялась научно-практическая конференция «История и современность: архитектура и градостроительство – региональный



Новые приложения к журналу «Строительные материалы» привлекли внимание специалистов

аспект». Участники обсудили вопросы архитектурно-градостроительного наследия Сибирского региона, научно-практические, юридические и организационно-технические аспекты совершенствования нормативной базы охраны, реставрации и технической модернизации историко-культурного наследия.

В рамках проекта «Энергосбережение России XXI века» прошло заседание конференции «Экономические и строительные аспекты повышения энергоэффективности зданий». Участники обсудили проблемы теплопотерь зданий в Сибирском регионе и вопросы проведения государственной политики в области энергосбережения в России в целом и в регионе в частности.

Ассоциация строителей и инвесторов Новосибирска и Новосибирской области организовала круглый стол «Вентилируемые фасады», который собрал многих заинтересованных специалистов. Навесные вентилируемые фасады – достаточно новая технологическая система, получившая широкое распространение как при постройке новых домов, так и при реконструкции старых.

Большое число участников собрал семинар по сухим строительным смесям, на котором обсуждались технологические вопросы производства этой группы материалов.

Выставка «Стройсиб-2004» завершилась подведением итогов конкурса «Золотая Медаль Сибирской Ярмарки». Впервые в этом году был учрежден Гран-При, который был присужден ОАО «Большевик» (Новосибирск) за постоянное совершенствование технологии, расширенные номенклатуры и лидирующее положение на сибирском рынке. Обладателями Большой Золотой Медали в номинации «Архитектура и строительство» стал научно-производственный центр по сохранению историко-культурного наследия Новосибирской области, в номинации «Строительные конструкции и системы» – ООО «Город мастеров» (Новосибирск) за широкий ассортимент и производство современных изделий и конструкций на уровне мировых стандартов, в номинации «Инженерное обустройство зданий» – ЗАО «СБМ-ГРУПП» (Москва) за создание новой технологии и оборудования биологической очистки сточных вод. Также были вручены 22 Малые Золотые Медали Сибирской Ярмарки, дипломы и благодарственные письма.

Рекордное количество участников и большой интерес специалистов преопределили новый сценарий проведения следующей выставки – «Стройсиб-2005», которую организаторы решили разделить на два этапа:

- с 8 по 11 февраля 2005 г. – «Стройсиб: проектирование, строительство, реконструкция, окна и двери, sibстройстекло, кровля, фасады, sibизоляция, строительные материалы»;
- с 22 по 25 февраля 2005 г. – «Стройсиб: sibтепловент, sibсантех, sibкерама, напольные покрытия, отделочные материалы, инженерные системы, интеллектуальное здание».



«ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ» — СТАБИЛЬНОСТЬ, НАДЕЖНОСТЬ, УСПЕХ

Кризис 1998 г. выявил все перекосы развития промышленности строительных материалов и стройиндустрии того времени. Первые успехи отечественной промышленности, развитие российских технологий производства строительных материалов, разработка новых современных материалов и конструкций вызвали необходимость демонстрации успехов, достигнутых в этой отрасли. Так начиналась выставка «Отечественные строительные материалы».

В 2004 г. пятый раз на выставке «Отечественные строительные материалы» собрались производители строительных материалов и конструкций, строители, представители строительной науки и др. За эти годы выпуск отечественной строительной продукции вырос почти в 4 раза, что отразилось в экспозиции. Теперь у строителей есть российские материалы, качество многих из которых соответствует мировому уровню, но они более дешевые, чем импортные.

В выставке приняло участие более 400 компаний из 38 регионов России. Значительную часть экспозиции занимали предприятия Москвы и Московской области. Основной задачей строительного комплекса региона в настоящее время является снижение себестоимости 1 м² жилья массовой застройки при одновременном повышении его качества.

Для решения этой задачи предприятия совершенствуют свои материалы, конструкции и изделия. Впервые на выставке были продемонстрированы усовершенствованные санитарно-технические кабины (СТК) для жилья массовых серий. Кабины **ОАО «Калибровский завод»** (Москва) для домов серии П46 являются аналогом разобщенной кабины типа УК-1 и отличаются увеличенной шириной туалетного помещения и дверного блока в ванной. Кроме того, в туалетной комнате установлен дополнительный умывальник, а в ванной комнате для ванны и умывальника предусмотрены отдельные смесители. В системе

подводки воды вмонтирован импульсный счетчик и выводы для подключения стиральной машины.

Усовершенствовали свою продукцию на **ПО «Даниловский строительный завод»** (Москва). Здесь в туалетной комнате также дополнительно установлен умывальник, а в подводке воды к полотенцесушителю предусмотрена запорная арматура для возможности отключения в случае замены или ремонта. В соответствии с современными требованиями пожарной безопасности жилья в шахте сантехкабины УК-1Ф установлен пожарный шланг длиной 15 м. В разводке водоснабжения также можно установить счетчик в просторечных условиях.

По заказу комплекса архитектуры, строительства, развития и реконструкции Москвы в рамках программы импортозамещения предприятием «**Монтажлегконструкция**» разработаны и производятся приточные вентиляционные шумозащитные устройства (УВШ). Новинкой сезона стало УВШ-3, разработанное совместно с ДОК-1 (Москва). Устройство предназначено

для отдельных деревянных окон со стеклом во внешней и стеклопакетом во внутренней створках.

В отличие от других подобных устройств УВШ-3 располагается в верхней части рамы и не уменьшает светопропускную способность окна. Приведенное сопротивление теплопередаче 0,63 м²·°С/Вт, объем вентиляции при перепаде давления между помещением и улицей 10 Па — 75 м³/ч, звукоизоляция окон в режиме вентиляции — 27 дБА.

Новые разработки представил **Механический завод №13**. На выставке были продемонстрированы замок повышенной пожаростойкости ЗВУ-13П и пожарный бытовой кран для установки в сантехнических помещениях квартир.

Второй раз участвует в выставке «Отечественные строительные материалы» компания «**Южуралсантехмонтаж**» из Челябинска. За минувший год модельный ряд конвекторов «Тропик» еще расширился. Представленные в прошлом году конвекторы отличались отсутствием углов в кожухе. На этой выставке впервые были представлены новые



Сантехкабина ОАО «Калибровский завод» типа УК-1 отличается современной комплектацией. Здесь предусмотрены счетчики воды, выводы для стиральной машины, а в туалетной даже маленький умывальник



Новое решение вентиляционного шумозащитного устройства (УВШ-3) для раздельного окна (стекло-стеклопакет) не уменьшает светопропускающую площадь конструкции

конвекторы КСК-В20 с медной трубкой и стальным оребрением.

Практически все направления современного строительства нашли свое отражение на стендах фирм-производителей. Одна из наиболее актуальных тем в строительстве — повышение качества бетона, защита бетонных конструкций. Материалы для этих целей представили многие фирмы.

Противоморозную добавку «Морозко» предлагает компания «Перспектива ЛКМ» из г. Чехова Московской области. Добавка применяется для набора прочности при отрицательной температуре (до -20°C) и увеличения подвижности и жизнеспособности цементных растворов и бетонов.

Защитное универсальное покрытие «Силор Макс» производится **ПО «ТОС»** в г. Долгопрудном Московской обл. Состав предназначен для восстановления и защиты бетонных и железобетонных конструкций, ячеистого бетона, керамических, гипсовых и асбестоцементных поверхностей. При этом повышается прочность, огнестойкость, химическая стойкость материала.

На каждой выставке «Отечественные строительные материалы» появляются новые игроки в команде производителей сухих строительных смесей. Причем новые компании выходят на выставку, имея в своем ассортименте не только клеевые составы, но и специализированные материалы. **ООО «Мастерок»** из г. Воскресенска Московской области специализируется на производстве шпаклевочных смесей. В составе смесей используется маршалит, что обеспечивает высокие прочностные

свойства, термо- и атмосферостойкость.

Более известные представители этого направления — «Старатели», «Фарвест», «Юнис», «IVSIL» занимали одни из центральных мест в экспозиции и привлекали посетителей демонстрацией процессов приготовления и нанесения растворов.

Среди производителей специальных **ССС компания «Растро»** (Санкт-Петербург) представила на выставке свои новые разработки — составы группы материалов «Лакта»® и «Славянка»®.

В разделе отделочных материалов **компания «Алмада»** (Москва) впервые представила стеновые панели «ПласТэк». Панели производятся с использованием гипсокартонных листов «Гипрок», которые облицованы высокопрочным бумажно-слоистым пластиком толщиной 0,6–1,2 мм. Пластик придает высокую стойкость к истиранию, царапанию, воздействию влаги и др. Панели можно использовать как готовую отделку помещений, в том числе медицинских и детских. Монтаж панелей производится по таким же профилям, как и обычные гипсокартонные листы. Для оформления стыков применяют декоративные профили, окрашенные порошковыми красками.

В рамках выставки «Отечественные строительные материалы» состоялась конференция «Новые прогрессивные материалы, конструкции, технологии и оборудование — основа ресурсосбережения в строительном и жилищно-коммунальном комплексе», организованная ФГУП ЦБНТИ Госстроя РФ. В работе

конференции приняли участие специалисты Госстроя РФ, представители администраций регионов, отвечающие за вопросы строительства и ЖКХ, ведущие ученые НИИ и проектных институтов и др.

Большое внимание в работе конференции было уделено вопросам теплоизоляции зданий и энергосбережению. С момента введения в действия изменения №3 СНиП 3-И-79* особое значение приобретают теплоизоляционные материалы и технологии, позволяющие снизить теплопотери зданий.

Этой теме были посвящены выступления представителей практически всех фирм. Применение базальтопластиковой арматуры и дюбелей в трехслойных стеновых конструкциях позволяет избежать образования мостиков холода, что снижает теплопотери здания. Такие материалы производит компания «Гален» из г. Чебоксары. После проведенных испытаний НИИЖБ рекомендовал использовать базальтопластиковую арматуру в качестве гибких связей для стеновых конструкций.

На конференции были представлены: теплоизоляционные материалы марки «URSA»; системы вентилируемых фасадов «Бреви-тор»; возможности использования материалов серии «Поликров» для кровли и гидроизоляции; безотходная технология ремонта мягкой кровли «ВИР».

По традиции в рамках выставки проходили конференции, семинары и презентации различных фирм. В этом году впервые состоялся круглый стол под условным названием «День банкира», тема которого — банковские инвестиции в производство строительных материалов и разработку технологий. В числе наиболее перспективных и выгодных для инвесторов направлений производства были определены энергосберегающие технологии, производство окон и дверей, химических добавок для ЛКМ и ССС, сборно-монолитное домостроение, лесная и деревообрабатывающая промышленность. В заседании круглого стола приняли участие представители Сбербанка, СДМ-банка, Абсолют-банка, коммерческого банка «Электроника», которые рассказали о принципах кредитной политики, построения взаимоотношений с предприятиями — производителями строительных материалов и др.

По итогам выставки «Отечественные строительные материалы» оргкомитет наградил экспонентов дипломами за успехи в профессиональной деятельности.



Борьба за внимание посетителей на стендах производителей ССС обычно начинается с увеличения площади стендов, продолжается — возведением смесительных башен и др. Что будет в следующий раз?

С.Ю. Горегляд

В.В. ГУЛУНОВ, директор, П.А. КОНОВОДОВ, ведущий инженер,
А.В. МОТОВИЛОВ, главный метролог, Г.Б. ГЕРШКОВИЧ, зам. директора,
ООО «СКБ Стройприбор» (Челябинск)

Новые приборы для теплофизических измерений в строительстве и теплоэнергетике

Новое строительство, реконструкция и капитальный ремонт зданий в Российской Федерации осуществляются в соответствии с повышенными требованиями к теплозащите ограждающих конструкций [1].

В рамках государственной программы по энергосбережению перед строителями, энергетиками, службами коммунального хозяйства стоит задача экономии энергоресурсов в процессе производства теплоносителя, его транспортировки и потребления.

В последние годы наряду с ростом объемов применения новых конструкционных материалов и эффективных утеплителей с $\lambda = 0,027-0,035$ Вт/(м·К) отмечается широкое внедрение систем учета расхода тепла. Однако точный учет теплоносителя — это лишь одна сторона теплосбережения. Другая сторона — это тепловая защита зданий, эффективность которой определяется сопротивлением теплопередаче и соответственно плотностью тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции.

Определение сопротивления теплопередаче позволяет количественно оценить теплотехнические характеристики ограждающих конструкций зданий и сооружений и их соответствие нормативным требованиям, установить реальные потери тепла через наружные ограждающие конструкции, проверить расчетные и конструктивные решения.

Эффективность применяемых конструкционных и теплоизоляционных материалов определяется их термическим сопротивлением, зависящим от теплопроводности, в связи с чем определение коэффициента теплопроводности в процессе разработки, производства и сертификации материалов является актуальной задачей.

Для решения проблемы теплофизических измерений в строительстве СКБ Стройприбор (Лицензия Госстандарта РФ на изготовление средств измерений №0000110-ИР) разработан комплекс микропроцессорных приборов для определения теплофизических характеристик материалов и ограждающих конструкций зданий:

- измерители теплопроводности и термического сопротивления материалов методом стационарного теплового режима ИТП-МГ4 «250» и ИТП-МГ4 «100»;

- измеритель теплопроводности методом теплового зонда ИТП-МГ4 «Зонд»;
- измерители плотности теплового потока и сопротивления теплопередаче ИТП-МГ4 «Поток» и ИТП-МГ4.03 «Поток».

Также разработаны приборы для определения температурно-влажностных режимов и микроклимата, необходимые при проведении обследования эксплуатируемых зданий и сооружений:

- гигрометры-термометры ТГЦ-МГ4 и ТГЦ-МГ4.01;
- анемометры-термометры ИСП-МГ4 и ИСП-МГ4.01;
- термометры цифровые ТЦЗ-МГ4 и ТЦЗ-МГ4.01;
- измерители влажности материалов Влагомер МГ-4Д, МГ-4Б, МГ-4У.

Измерители теплопроводности ИТП-МГ4 «250» и ИТП-МГ4 «100» (рис. 1) разработаны на базе выпускавшегося с 1997 г. прибора ИТП-МГ4 и реализованы по методу стационарного теплового режима [2], обеспечивающему наибольшую достоверность и точность измерений.

Приборы ИТП-МГ4 «250» и ИТП-МГ4 «100» предназначены для испытания материалов в образцах размером 250×250×5–50 мм и 100×100×3–25 мм соответственно и обеспечивают определение коэффициента теплопроводности и термического сопротивления испытываемого материала в диапазоне 0,02–1,5 Вт/(м·К) и 0,01–1,5 м²·К/Вт с погрешностью не более ±5%. Метрологические характеристики приборов обеспечиваются шестью эталонными мерами теплопроводности, аттестованными Госстандартом РФ.

Область применения прибора ИТП-МГ4 «100» в соответствии с рекомендациями НИИСФ — испытание материалов в заводских и строительных лабораториях. Приборы состоят из тепловой установки и электронного блока. Ввод исходных данных (толщины образца и температуры холодильника и нагревателя) осуществляется с клавиатуры электронного блока в диалоговом режиме. Регулирование температур холодильника и нагревателя и их термостатирование в процессе испытаний осуществляется в автоматическом режиме при средней температуре образца от 12 до 42°C.



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3



Рис. 4



Рис. 5



Рис. 6



Рис. 7

Продолжительность испытаний зависит от времени установления стационарного теплового потока и составляет для приборов ИТП-МГ4 «250» и ИТП-МГ4 «100» 120 и 90 мин соответственно.

По окончании испытаний вычислительное устройство прибора производит расчет термического сопротивления и коэффициента теплопроводности образца по известным формулам.

Получаемая информация автоматически архивируется и маркируется датой и временем испытания. Объем архивируемой информации — до 99 результатов испытаний.

Приборы оснащены устройством для измерения толщины испытываемого образца, функцией передачи данных на ПК и часами реального времени, могут комплектоваться тепловым зондом для проведения ускоренных испытаний материалов в образцах и изделиях с погрешностью до $\pm 7\%$. Питание приборов осуществляется от сети 220 В/50 Гц.

Измеритель теплопроводности ИТП-МГ4 «Зонд» (рис. 2) реализован по методу теплового зонда [3]. Прибор предназначен для оперативного контроля теплопроводности материалов на образцах или в массиве в процессе их производства и применения, а также при обследовании зданий и сооружений в диапазоне 0,03–1 Вт/(м·К) с погрешностью $\pm 7\%$. Время одного измерения не превышает 7–10 мин.

Получаемая информация автоматически архивируется и маркируется датой и временем измерения. Объем архивируемой информации — до 99 значений. Питание прибора осуществляется от элемента типа «Корунд» (6F22), в процессе измерений — от сетевого адаптера. Масса прибора 0,32 кг.

Измерители плотности тепловых потоков ИТП-МГ4 «Поток», ИТП-МГ4.03 «Поток» (рис. 3) предназначены для измерения тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции зданий и сооружений [4], через облицовку и теплоизоляцию энергообъектов в диапазоне 2–1000 Вт/м² с погрешностью не более $\pm 5\%$.

Приборы позволяют определять сопротивление теплопередаче и термическое сопротивление ограждающих конструкций [4, 5], а также измерять температуру воздуха внутри и снаружи помещения в диапазоне –30 – +100°C, с погрешностью не более $\pm 0,2^\circ\text{C}$.

Приборы комплектуются преобразователями теплового потока различных типов и двумя платиновыми датчиками температуры, оснащены функцией передачи данных на ПК и часами реального времени.

Прибор ИТП-МГ4 «Поток» одноканальный, регистрирующий, оснащен функцией запоминания до 99 результатов измерений.

Прибор ИТП-МГ4.03 «Поток» трехканальный обеспечивает выполнение измерений одновременно по трем измерительным каналам в *оперативном* режиме, а также в

режиме *наблюдения* (самописец) с автоматической регистрацией тепловых потоков и сопротивления теплопередаче через интервалы времени, установленные пользователем. Длительность наблюдения до 15 сут.

Получаемая в процессе измерений информация автоматически архивируется и маркируется датой и временем измерения. Объем архивируемой информации — до 2 тыс. значений.

Питание приборов осуществляется от элемента типа «Корунд» (6F22), а в режиме наблюдения продолжительностью более 30 ч — от сетевого адаптера. Масса приборов не более 0,7 кг.

Термогигрометры цифровые ТГЦ-МГ4, ТГЦ-МГ4.01 (рис. 4) предназначены для измерения относительной влажности и температуры неагрессивных газовых сред производственных и жилых помещений, в сушильных и климатических камерах, вентиляционных системах в диапазоне 0–99% и –20 – +85°C, абсолютная погрешность измерений: влажности $\pm 4\%$, температуры $\pm 0,2^\circ\text{C}$.

Приборы выполнены в виде электронного блока и выносного зонда с преобразователями влажности и температуры.

Прибор ТГЦ-МГ4 оснащен функциями оперативных измерений влажности и температуры и запоминания до 200 результатов измерений.

Прибор ТГЦ-МГ4.01 обеспечивает выполнение измерений в *оперативном* режиме и режиме *наблюдения* (самописец) с автоматической регистрацией влажности и температуры через интервалы времени, установленные пользователем. Длительность наблюдения до 5 сут. Интервал измерений 10–120 мин. Объем архивируемой информации до 200 результатов измерений. Прибор оснащен функцией передачи данных на ПК и часами реального времени. Масса прибора 0,38 кг.

Анемометры-термометры ИСП-МГ4 и ИСП-МГ4.01 (рис. 5) предназначены для измерения средней скорости направленных воздушных потоков и их температуры в вентиляционных системах (воздуховодах, каналах, коробах) промышленных и гражданских зданий, а также для измерения средней скорости ветра и температуры окружающего воздуха в диапазоне 0,3–30 м/с и –20 – 100°C, абсолютная погрешность измерений $\pm(0,15–1,5)$ м/с и $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Масса прибора 0,4 кг.

Приборы имеют режим измерений с вычислением расхода воздуха в вентиляционных системах.

Прибор ИСП-МГ4.01 обеспечивает выполнение измерений в режиме *наблюдения* (самописец) с автоматической регистрацией результатов через интервалы времени, установленные пользователем. Длительность наблюдения — до 24 ч.

Получаемая информация архивируется и маркируется датой и временем измерения. Объем памяти результатов — 99 значений.

Термометры цифровые зондовые ТЦЗ-МГ4 и ТЦЗ-МГ4.01 (рис. 6) предназначены для измерения температуры различных сред методом погружения термопреобразователей в контролируемую среду и для контактных измерений температуры поверхностей в диапазоне $-30 - 250^{\circ}\text{C}$ с погрешностью $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$.

Термометры могут применяться для контроля технологических процессов в строительстве, в том числе дорожном, стройиндустрии, сельском хозяйстве, деревообрабатывающей, пищевой и других отраслях промышленности.

Приборы обеспечивают выполнение измерений в **оперативном** режиме с занесением результатов в энергонезависимую память.

Термометр **ТЦЗ-МГ4.01** регистрирующий. Выпускается в одно- и двухканальном исполнении, имеет режим **наблюдения** за объектом контроля (самописец), обеспечивающий проведение измерений одновременно по двум измерительным каналам с автоматической регистрацией температур через интервалы времени, установленные пользователем при длительности наблюдения до 15 сут.

Получаемая информация автоматически архивируется и маркируется датой и временем измерения. Объем памяти 1 тыс. значений. Масса прибора 0,38 кг.

Влагомер МГ-4 (рис. 7) предназначен для оперативного контроля влажности древесины и строительных материалов, в том числе в изделиях и конструкциях в диапазоне 1–99%, с абсолютной погрешностью до $\pm 2\%$.

Приборы имеют три режима измерений: единичный замер, серия замеров с усреднением и режим непрерыв-

ного измерения. **Влагомер МГ-4Д** имеет зависимости на 8 видов древесины, **Влагомер МГ-4Б** имеет 13 зависимостей на бетоны и 8 зависимостей на древесину. **Влагомер МГ-4У** – универсальная версия с обобщенным меню, включающим древесину, бетон и сыпучие материалы. Масса приборов не более 0,5 кг.

ООО «СКБ Стройприбор» более 14 лет плодотворно работает в сфере разработки и производства приборов для неразрушающего контроля.

Приборы сертифицированы, удобны и надежны в эксплуатации, имеют автономное питание, широкий температурный диапазон применения, малые габариты и массу, связь с ПК для передачи данных из памяти приборов для дальнейшей компьютерной обработки, экспорта данных в Excel.

Список литературы

1. СНиП II-3–79* Строительная теплотехника.
2. ГОСТ 7076–99. Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме.
3. ГОСТ 30256–94. Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности цилиндрическим зондом.
4. ГОСТ 25380–82. Здания и сооружения. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции.
5. ГОСТ 26254–84. Здания и сооружения. Метод определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций.

СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО

СКБ СТРОЙПРИБОР

Россия, 454084 Челябинск, а/я 8538

Тел./факс: (3512) 90-16-13, 90-16-85

E-mail: stroypribor@chel.surnet.ru

Состояние жилищно-коммунального комплекса – фактор качества жизни населения



По инициативе Госстроя России в Санкт-Петербурге в рамках международного строительного форума «Интерстройэкспо-2004» состоится IV международный конгресс по строительству IBC «Состояние жилищно-коммунального комплекса – фактор качества жизни населения России». Конгресс пройдет 20–21 апреля в конгресс-холле ВК «Ленэкспо».

Основные задачи конгресса – обмен опытом в области модернизации и технического перевооружения инженерных систем жизнеобеспечения, внедрение перспективных технологий в российскую промышленность, содействие разработке и реформированию жилищно-коммунального хозяйства России. В работе конгресса примут участие руководители и ведущие специалисты отрасли и др.

Темы, вынесенные на обсуждение участниками конгресса, затронут вопросы роли энергосбережения в реформе ЖКХ, концепций реконструкции жилых зданий, опыта применения современных строительных материалов и технологий и др. Специалисты обменяются мнениями, продемонстрируют достижения в этой области, познакомятся с наработками зарубежных коллег.

В работе конгресса запланировано посещение объектов с модернизированными тепло- и энергосистемами зданий, реконструированных зданий старого фонда в Санкт-Петербурге.

Заявки на участие в конгрессе принимаются:

Телефон: (812) 321-28-28, 321-28-23, e-mail: expocity@mail.wplus.net

Отражающая тепло-, паро-, гидроизоляция Алукрафт®

Пароизоляционные материалы являются необходимым элементом современных строительных конструкций. Пароизоляция в сочетании с грамотно устроенной вентиляцией не позволяет водяному пару из жилых помещений проникать в теплоизолирующие элементы стен и кровли, способные впитывать воду, что обеспечивает нормальные режимы работы утепляющих слоев.

Очень высокими пароизоляционными характеристиками обладает алюминиевая фольга. Но использование просто фольги в качестве пароизоляции нецелесообразно, так как это довольно дорогой материал, имеющий невысокие прочностные характеристики.

Оптимальным вариантом пароизоляционного материала является многослойный материал — ламинированная алюминиевая фольга (7–12 мкм) с подложкой из прочного материала. В российском строительстве до недавнего времени использовались подобные материалы только импортного производства. Они представляли собой крафт-бумагу,

на которую полиэтиленовым расплавом приклеена алюминиевая фольга.

Отечественный аналог выпускается под торговой маркой Алукрафт®. Это трехслойный материал, в состав которого входят алюминиевая фольга, полиэтилен, крафт-бумага, обладающий высокими пароизоляционными и прочностными свойствами, что позволяет использовать его в любых строительных конструкциях.

Алукрафт® устанавливается в конструкции стены (под вагонку или панели), прикрепляя его с помощью степлера и алюминиевого скотча. При этом слой алюминиевой фольги должен быть обращен в сторону паровывода (помещения). Для сохранения отражающей способности фольги оставляют зазор 2–3 см между поверхностью фольги и внутренним стеновым покрытием.

При строительстве бань и саун Алукрафт® является оптимальным пароизоляционным покрытием для стен. Использование материала значительно сокращает потери пара и тепла из парильного помещения и предотвращает появление сырости в

стенных конструкциях, при периодическом изменении температуры и влажности внутри помещения. Материал Алукрафт® выдерживает эксплуатацию при температуре более 100°C и позволяет экономить тепло за счет хорошей отражающей теплоизоляции.

Техническая характеристика Алукрафт®

Масса 1 м ² , г	118
Толщина, мм	0,12
Прочность при растяжении, кН/м	9,5
Относительное удлинение, %	3,5
Отражающая способность, %, не менее	95
Температура применения, °С, не менее	100
Паропроницаемость за 24 ч, г/м ²	0,17
Группа горючести	Г1
Размер материала в рулоне, м	1,2×25



ТАРПАУЛИН® – современный укрывной материал для строительства

Современные технологии строительства в жестких климатических условиях не могут обходиться без вспомогательного материала для обустройства временных укрытий — палаток, тентов, навесов и др. На стройке часто возникает необходимость защиты строительных лесов, оконных проемов, недостроенной крыши; создания тепляков для последующего прогрева бетона; покрытия фасадов зданий и крыши во время реконструкции и др. Традиционно для этих целей используются полиэтиленовые пленки или армированные полиэтиленовые пленки, но такой выбор не всегда оптимален.

Материал ТАРПАУЛИН® представляет собой полиэтиленовую ткань, с двух сторон ламинированную светостабилизированной пленкой. Из него производят готовые к употреблению тенты — прямоугольные полотнища, края которых подвернуты, армированы прочным полимерным шнуром и заварены. По краям тентов с интервалом в 1 м смонтированы

алюминиевые люверсы, которые позволяют с помощью шнура или клиньев осуществлять крепления полотна.

Типоразмерный ряд изделий представлен достаточно широко: 2×3, 3×4, 3×5, 3×6, 4×5, 4×6, 4×8, 5×6, 6×8, 6×10, 8×10, 8×12, 10×12 м. Тенты выпускаются различной плотности (наиболее востребованы 120 и 180 г/м²) и широкой цветовой гаммы: голубой, синий, зеленый, оранжевый и оливковый.

Тенты ТАРПАУЛИН® можно устанавливать на каркасы, а также использовать для свободного укрытия объектов. Наличие крепежной кромки, оборудованной люверсами, позволяет быстро закреплять тент на объекте. Если возникает необходимость в полотнищах нестандартных размеров или конфигураций, тенты легко соединяются между собой с помощью бутилкаучуковых лент или специальных пластиковых зажимов.

Тенты подходят для укрытия грузов, транспортируемых в самосвалах, железнодорожных вагонах и на водном транспорте, а также пригодны

для устройства навесов для автомобиля, укрытый от солнца и дождя или в качестве подстилки под дно туристических палаток.

Отслуживший тент можно использовать как контейнер для мусора. На расстеленный на земле тент складывается строительный мусор, а шнур, пропущенный через люверсы, затягивается в аккуратный баул, готовый к утилизации.

В тех случаях, когда требование прозрачности не определяющий фактор, ТАРПАУЛИН® является оптимальным материалом для защиты строящихся объектов и других целей.



Россия, 195112, Санкт-Петербург, а/я 214, Красногвардейская пл., 3
Телефон/факс: (812) 224-94-03, 224-84-98, 224-34-24, 224-39-61
e-mail: sales@plastex.ru

www.plastex.ru