



Я Ч Е И С Т Ы Й
Б Е Т О Н

7-я МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
БРЕСТ, МАЛОРИТА, 22-24 МАЯ 2012 г.

ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ

Организаторы конференции



ИНСТИТУТ
БелНИИС



Информационные партнеры

СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ

БУДІВЕЛЬНИЙ
ЖУРНАЛ



СТРОИТЕЛЬНАЯ
ТАБЛИЦА

Строительный
РЫНОК

masa

Milestone to your success.

Мы умеем сочетать...

Газобетон + Сталь = Армированные элементы

«Маса» – Ваш партнер для успешного производства строительных материалов



Masa GmbH
Werk Porta Westfalica
Osterkamp 2, 32457 Porta Westfalica, Germany
Email: info@masa-group.com
www.masa-group.com
Ваш контакт в Москве: info@masa.ru

Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь

Союз строителей Республики Беларусь

Научно-исследовательское и проектно-производственное республиканское унитарное предприятие «Институт НИИСМ»

Научно-исследовательское республиканское унитарное предприятие по строительству «Институт БелНИИС»

РУП «Редакция журнала «Архитектура и строительство»



ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ

**Материалы
7-й Международной
научно-практической конференции,
Брест, Малорита, 22-24 мая 2012 года**

УДК 666.973.6(082)
ББК 38.33 Я43
О-62

Редакционная коллегия:

кандидат технических наук Н.П. Сажнев (ответственный редактор),
кандидат технических наук Н.М. Голубев,
П.П. Ткачик

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология бетона и строительные материалы» Белорусского национального технического университета Э.И. Батяновский;

кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующая лабораторией строительных материалов специального назначения Государственного предприятия «Украинский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт строительных материалов и изделий» С.Д. Лаповская

Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения: материалы 7-й
О-62 Международной научно-практической конференции, Брест, Малорита, 22-24 мая 2012 г. /
редкол. Н.П. Сажнев (отв. ред.) [и др.]. — Мн.: Стринко, 2012. — 120 с.: ил.
ISBN 978-985-6476-53-5

Сборник содержит доклады ученых и специалистов Республики Беларусь, зарубежных гостей из стран СНГ и Европейского экономического сообщества, прозвучавшие на 7-й Международной научно-практической конференции «Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения», прошедшей 22-24 мая 2012 г. в гг. Брест, Малорита.

Включает результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, посвященных проблемам выбора оборудования для производства ячеистобетонных изделий, выбору технологии выпуска ячеистого бетона. Изложены требования к сырьевым материалам, особенностям резки массива-сырца и режимам автоклавирования. Особое внимание уделено оборудованию, предназначенному для производства несущих армированных изделий и конструкций.

Предназначен для научных работников, проектировщиков, технологов, преподавателей высших и средних учебных заведений, аспирантов и практиков строительного дела.

УДК 666.973.6(082)
ББК 38.33 Я43

ISBN 978-985-6476-53-5

© РУП «Редакция журнала «Архитектура и строительство», 2012
© Оформление НП ООО «Стринко», 2012



Содержание*

РАЗДЕЛ 1. «ПРОИЗВОДСТВО ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ»

Сажнев Н.П.

Опыт производства и применения ячеистобетонных изделий автоклавного твердения в Республике Беларусь

5

М. Кларе, А. Иванов

Опыт производства автоклавного газобетона в странах СНГ

17

Левченко В.Н., Гринфельд Г.И.

Производство автоклавного газобетона в России.
История, современность, перспективы

25

Сиротин О.В.

Актуальные проблемы и перспективы массового применения автоклавного газобетона в строительстве Украины

29

Сахаров Г.П.

Развитие производства и повышение конструктивных свойств автоклавного ячеистого бетона и изделий на его основе

32

Захарченко П.В., Рудченко Д.Г.

Сравнительный анализ характерных особенностей технологических линий автоклавного газобетона в Украине

36

Лаповская С.Д.

Влияние изменчивости параметров сырьевых материалов на качество автоклавного ячеистого бетона

38

Волошина Т.Н.

Сравнение значений усадки ячеистого бетона разной плотности в процессе достижения эксплуатационной влажности

43

Рудченко Д.Г.

Совершенствование технологии производства автоклавного газобетона с повышенным коэффициентом конструктивного качества

49

Прохоров С.Б.

Алюминиевые газообразователи с несвязанной структурой для ячеистых бетонов автоклавного твердения

55

* Содержание сборника составлено в порядке поступления информационных материалов в оргкомитет конференции

Змановский С.В., Никитин П.Н. Производство современных гидрофильных алюминиевых пудр и паст для газобетона	58
Данишевский В.Н. Саркисянц В.С. Антиадгезионная смазка «Бетол-01» в технологии производства изделий из ячеистого бетона	64
Рабкевич Ю.П., Левков К.Л. Способы утилизации вторичных энергетических ресурсов на предприятиях по производству ячеистого бетона	66
Перевертов В.А. Инновации для отраслей добычи сырья и производства строительных материалов	69
Большаков В.И., Мартыненко В.А. Объемы производства газобетонных изделий в Украине возрастают	71
В.М. ван Богелен Ключевая технология применения и производства армированного поризованного бетона автоклавного отверждения (ПБАО)	75
Высочкин А.В. Новая технологическая линия для производства блоков автоклавного ячеистого бетона	83
РАЗДЕЛ 2. «ПРИМЕНЕНИЕ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ»	
Сидоров А.Л. Роль ограждающих конструкций в формировании микроклимата зданий	85
Данилевский Л.Н. Опыт строительства энергоэффективных зданий в Республике Беларусь	89
Рыхленок Ю.А., Сапоненка О.В. Особенности расчета и проектирования поэтажно опертых стен, выполненных кладкой из ячеистобетонных блоков	94
Крутилин А.Б. Результаты расчетов влажностного режима наружных стен из ячеистобетонных блоков	100
Гарнашевич Г.С., Подлузский Е.Я., Сажнев Н.П., Носуля А.П. Ячеистый бетон автоклавного твердения: теплопроводность и влажность	109
Чупилко А.В. Компания «Теплок» и опыт применения газобетона высокого качества	114



Производство ячеистобетонных изделий

ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Сажнев Н.П., канд. тех. наук, ст. н. с., советник генерального директора ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» (г. Минск, Республика Беларусь)

Двадцать лет назад, в 1992 г. в Минске была проведена Международная конференция «Дальнейшее развитие производства и применения в строительстве изделий из ячеистого бетона». Организаторы конференции — Министерство промышленности строительных материалов Республики Беларусь и Межреспубликанская ассоциация «Силикат», которая объединяла научно-исследовательские, проектно-конструкторские организации, машиностроительные заводы и предприятия по производству технологического оборудования, средств автоматизации и строительных материалов государств Беларусь, Россия и Украина. Информационная поддержка — редакция Журнала «Строительные материалы» [1, 2].

В конференции приняли участие специалисты из ближнего (страны СНГ) и дальнего зарубежья (фирмы «Хебель», «Итонг», «Дорстенер» и «Сипорекс»), которые были ознакомлены с отечественными достижениями в области производства и применения ячеистого бетона. В частности с производством ячеистого бетона по ударной технологии и новыми технологическими линиями «Силбетблок», «Бобруйск 1, 2» и «Конкрес» [1].

В 1991 г. в Республике Беларусь выпуск ячеистобетонных изделий составил 1,7 млн м³ в год, в том числе 0,34 млн м³ армированных панелей для жилых, промышленных и общественных зданий. Например, в СССР было выпущено 5,7 млн м³ ячеистобетонных изделий, в т.ч. армированных 1,6 млн м³. В ряде городов СССР (Санкт-Петербург, Екатеринбург, Гродно, Таллинн и др.) были построены адми-

нистративные здания различного назначения и целые микрорайоны жилых домов из армированных ячеистобетонных панелей, в т.ч. здания высотой до 25 этажей. Панели размером на одну и две комнаты полной заводской готовности с различными вариантами отделки защитно-декоративных покрытий, в т.ч. и вентилируемые фасады, были использованы, например, при строительстве гостиницы «Олимпия» в г. Таллинн (Эстония).

Однако после распада СССР производство ячеистого бетона резко сократилось, а производство армированных изделий практически было приостановлено.

В Республике Беларусь жилые дома серии 88 были запроектированы по конструкционной системе блочного типа, в которой наружные стены выполнены из ячеистобетонных панелей ленточной разрезки первоначально 240 мм,

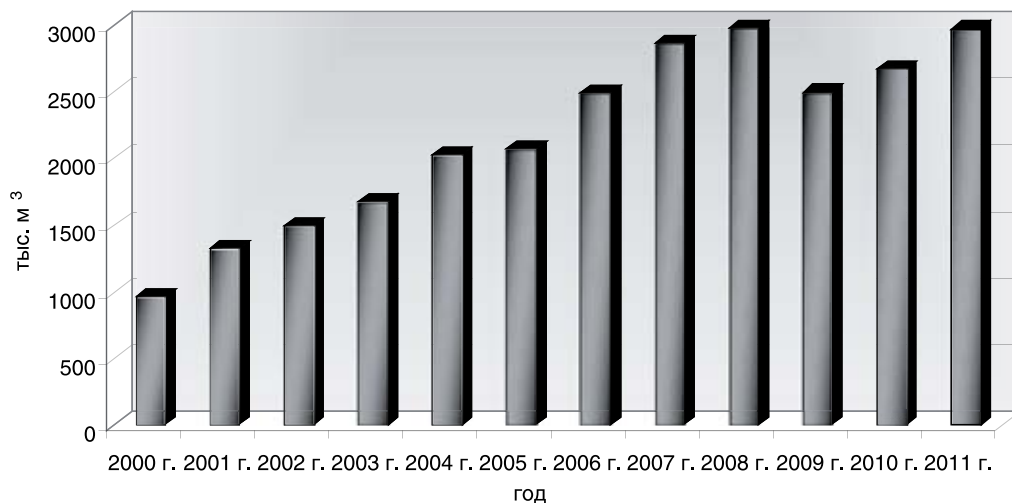


Рис. 1. Динамика роста объемов производства ячеистого бетона в Республике Беларусь

а затем 300 мм, плотностью 700 кг/м^3 , простенки и торцевые стены блочные. Сопротивление теплопередаче (R) составляло $1,3 \text{ м}^2 \cdot \text{°K/Вт}$. Общественные здания каркасно-панельной серии 1.020-1/83 были запроектированы с применением ячеистобетонных панелей ленточной разрезки плотностью 600 кг/м^3 . Армированные изделия изготавливались в индивидуальных формах.

Впервые на постсоветском пространстве были введены высокие, на тот период времени, нормы по тепловой защите зданий [3]. Постановлением Государственного комитета Республики Беларусь по архитектуре и строительству № 5 от 7 апреля 1992 г. было принято нормативное сопротивление теплопередачи для наружных стен не менее $2,0\text{-}2,5 \text{ м}^2 \cdot \text{K/Вт}$ и рекомендуемое значение $3,5\text{-}5 \text{ м}^2 \cdot \text{°K/Вт}$.

Однако с введением новых требований по сопротивлению теплопередаче необходимо было увеличить толщину панелей и высоту бортов форм практически в два раза. Это потребовало бы замены всего парка форм, что оказалось на тот момент нецелесообразным по техническим и экономическим соображениям. Поэтому из-за отсутствия в тот период времени промышленного производства армированных изделий по резательной технологии, не зависящей от парка форм, вынуждены были перейти на массовое производство и применение мелких ячеистобетонных блоков.

Огромным толчком в повышении качества, количества и расширения номенклатуры ячеистобетонных изделий, явилась организация в ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» (ранее ОАО «Забудова») в 1997 г. производства ячеистобетонных изделий по

резательной технологии немецкой фирмы «Хебель» (в настоящее время корпорация «Кселла»). Завод строительных конструкций выпускает неармированные изделия (блоки) и практически всю номенклатуру армированных изделий (плиты перекрытия и покрытия, панели наружных и внутренних стен, перемычки брусковые и арочные, лестничные ступени).

В 2009 г. в Республике Беларусь для строительства, реконструкции и модернизации жилых и общественных зданий введено нормативное сопротивление теплопередаче для наружных стен $R = 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, а для совмещенных покрытий чердачных перекрытий и перекрытий под проездами $R = 6,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$. При толщине наружной стены здания 400-500 мм и средней плотности ячеистого бетона $400\text{-}500 \text{ кг/м}^3$ обеспечивается $R = 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

В настоящее время подотрасль производства ячеистого бетона одна из самых динамически развивающихся (рис. 1).

Несмотря на незначительный спад в 2009-2010 гг. объемов производства, в 2011 г. годовой объем выпуска ячеистобетонных изделий достиг уровня 2008 г. Республика Беларусь является мировым лидером по производству ячеистого бетона, на 1000 жителей ежегодно приходится $290\text{-}310 \text{ м}^3$ изделий из ячеистого бетона — первое место в Европе. Второе место занимает Словакия — 200 м^3 , третье Чехия и Польша — $120\text{-}130 \text{ м}^3$ на 1000 жителей.

По объемам производства Республика Беларусь занимает третье место в Европе после России и Польши. Основной объем производства составляют блоки второй категории — около 80 %. Резкое увеличение выпуска блоков второй категории (кладка на клею)

обеспечено, в первую очередь, проведенной модернизацией действующих предприятий (ОАО «Сморгоньсиликатобетон», ЗАО «Могилевский комбинат силикатных изделий», ОАО «Гродненский комбинат строительных материалов», ОАО «Любанский завод стеновых блоков», ОАО «Оршастройматериалы», ОАО «Гомельстройматериалы»), а также строительством новых заводов и цехов (ОАО «Березовский комбинат силикатных изделий», ООО «Газосиликат», ОАО «Минский комбинат силикатных изделий» и ОАО «Красносельскстройматериалы»).

Практически на всех заводах используется ударная технология — около 85 % от общего объема выпуска ячеистого бетона в республике.

В результате обширных экспериментальных исследований, а также 30-летнего опыта промышленного производства, в первую очередь в Республике Беларусь, установлено, что ударная технология по сравнению с литьевой позволяет:

- уменьшить расход сырьевых материалов: цемента на 20-30 %, извести на 10-15 %, газообразователя на 5-10 %;
- уменьшить более чем в два раза количество литьевых форм;
- уменьшить более чем в два раза количество постов созревания, а следовательно, размеров камер созревания и габаритов капитального сооружения цеха;
- уменьшить энергозатраты на 10-20 % при помолу кремнеземистого компонента и автоклавной обработки благодаря применению материалов с более низкой тонкостью помола и смеси с пониженным содержанием воды;
- повысить на 25-40 % прочностные показатели при аналогичных сырьевых материалах;
- исключить необходимость применения гипса;
- использовать исходные сырьевые материалы с более низкими качественными показателями;
- снизить отпускную влажность бетона до 25 %;
- исключить «всплывание» арматурных каркасов при изготовлении армированных изделий и обеспечить их проектное положение в изделиях;
- увеличить сцепление бетона с арматурой за счет более плотного обволакивания стержней бетонной массой.

Модернизация действующих производств и строительство новых заводов и цехов по производству ячеистобетонных изделий осуществляется с учетом накопленного отечественного опыта в Республике Беларусь (ударная технология, применение известково-

песчаного вяжущего и др.) и передовых зарубежных фирм («Маза-Хенке», «Верхан», ЗАО «Тяжмехпресс» и др.).

В ходе модернизации действующих производств была проведена частичная реконструкция помольных, дозировочных и автоклавных отделений. В помольных отделениях сохранена технология производства известково-песчаного вяжущего, обеспечивающая необходимую кинетику гидратации быстрогасящейся извести и интенсификацию ее помола, а также высокую однородность ячеистобетонной смеси.

Практически на всех «старых» заводах ячеистого бетона осуществляется также производство силикатного кирпича (г.г. Гродно, Сморгонь, Минск, Могилев, Гомель). Концепция организации производства силикатных материалов: первая очередь — силикатный кирпич и камни, а вторая — ячеистый бетон, широко использовалась в СССР и рубежом. При наличии рядом с силикатным заводом месторождения карбонатных пород (известняк и мел) организовывалось производство кальциевой извести. Примером могут служить ОАО «Гродненский КСМ», заводы в городах Набережные Челны, Липецк, Барнаул (в России).

Касательно производства силикатного кирпича следует отметить, что практически все предприятия провели или проводят модернизацию производства, установив, в первую очередь, современные высокоэффективные гидравлические прессы.

В 2011 г. шесть действующих предприятий (ОАО «Гомельстройматериалы», ОАО «Гродненский КСМ», ОАО «Минский КСИ», ОАО «Любанский КСМ», ОАО «Сморгоньсиликатобетон») выпустили 45,5 млн. штук условного кирпича. На новом производстве СЗАО «КварцМелПром», где реализована классическая концепция производства силикатных материалов и рациональное комплексное использование природных сырьевых ресурсов, в 2011 г. освоено производство изделий нового поколения из силикатной массы (кирпич и силикатобетонные блоки) и вводится в промышленную эксплуатацию завод по производству ячеистого бетона годовой мощностью 420 тыс. м³, в т.ч. до 42 тыс. м³ армированных изделий [4]. Это третье предприятие в республике, производящее армированные и неармированные изделия из ячеистого бетона.

В Республике Беларусь за пятидесятилетний путь поступательного развития производства ячеистого бетона накоплен огромный опыт в области теории и практики производства и применения этого уникального строительного материала [5, 6]. В строительном

комплексе Республики Беларусь автоклавный ячеистый бетон прочно занимает одно из ведущих мест как универсальный материал, позволяющий решать обширный класс инженерных задач и обеспечивающий современное качество и конкурентоспособность строительной продукции. Блоки из ячеистого бетона широко применяются в строительстве жилых домов различной этажности с несущими стенами, а также в строительстве каркасных зданий с ненесущими поэтажно опертыми стенами.

Ячеистый бетон находит применение не только в жилищном строительстве, но и при сооружении уникальных объектов, например Национальной библиотеки Республики Беларусь. При устройстве наружных стен использовали ячеистобетонные блоки (5500 м³) и армированные изделия (500 м³) плотностью 400 кг/м³.

В связи с увеличивающимися объемами жилищного строительства в Республике Беларусь принята переориентация на индустриальное домостроение за счет увеличения объемов крупнопанельного жилищного строительства, в том числе с использованием изделий из ячеистого бетона.

На предприятиях ДСК и КПД осуществляется модернизация технологического оборудования и наращивания мощностей по выпуску освоенных ранее конструктивно-технологических схем жилых зданий, а также реконструкция предприятий, предполагая освоение новых каркасно-технологических систем производства плит перекрытий, колон, ригелей и облегченных конструкций наружных стен [7].

На действующих предприятиях, производящих ячеистый бетон, проведена крупная реконструкция, а также построен ряд новых заводов ячеистого бетона. Это обеспечило значительное увеличение объемов производства и резкое повышение качества готовой продукции. Предприятия выпускают ячеистобетонные изделия, отвечающие высоким требованиям Европейских стандартов (EN), а по некоторым показателям и превосходящие их. Например, влажность по массе ячеистобетонных изделий, изготавливаемых по отечественной ударной технологии, не превышает 25 %.

В Республике Беларусь разработан полный комплект нормативно-технической документации, гармонизированной с европейскими нормами, регламентирующий современные правила их изготовления и применения: ТКП-5.03-137-2009 [8], СТБ 1570-2005 [9], СТБ 1117-98 [10], СТБ EN 771-4 [11], СТБ 1332-2002 [12], СТБ 1330-2002 [13], СТБ 1724-2007 [14],

СТБ 1034-96 [15], СТБ 1189-2010 [16], СТБ 1185-99 [17].

Для проектирования конструкций зданий с применением ячеистобетонных изделий действует ТКП EN 1992-1-1-2009 [18], СТБ EN 12602-2009 [19], а также серии узлов и деталей Серия Б2.000-3.07 [20], Серия Б2.030-13.10 [21], и рекомендации по проектированию [22].

В связи с увеличением объемов строительства и наращиванием крупнопанельного домостроения начались работы по изготовлению наружных ограждающих крупнопанельных ячеистобетонных панелей и применению их в новых каркасах строительно-конструктивных системах зданий.

Был проанализирован зарубежный и отечественный опыт. В 80-90 гг. прошлого столетия в Польше, Чехии, Словакии, Германии и Эстонии было развито производство и применение составных (укрупненных) ячеистобетонных панелей при строительстве зданий различного назначения.

В СССР лидерами в разработке крупно-размерных сборных ячеистобетонных стеновых панелей были институты «НИПИсиликатобетон» (г. Таллинн) и НИИЖБ (г. Москва), которыми были разработаны рекомендации по проектированию и применению этих изделий [23, 24]. Институтом «НИПИсиликатобетон» для укрупнительной сборки панелей были разработаны технологический процесс и механизированная конвейерная линия, предназначенная для сборки панелей полной заводской готовности [25].

В Беларуси, например, в 1976 г. в г. Гродно был построен 9-этажный жилой дом, в котором использованы внутренние стеновые панели и плиты перекрытия из железобетона, а наружные панели выполнены из ячеистого бетона размером на одну и две комнаты. Эти панели собирались на Гродненском КСМ из более мелких штучных панелей на клею и тяжах, а затем в готовом виде поставлялись на стройку для монтажа. Дом уже 36 лет находится в прекрасном состоянии. Следует отметить, что в тот период строились 5-, 9-, а затем и 13-этажные жилые дома с несущими внутренними стенами из кирпича или из плотного силикатного бетона, а наружными — из ячеистобетонных панелей [26].

В отношении ячеистобетонных панельных стен еще один важный опыт был получен в г. Гродно. В морозные дни зимы 2009 г. была проведена тепловизионная съемка ряда панельных домов и домов из ячеистого бетона, где наружные стены выполнены из панелей и мелких ячеистобетонных блоков. Для эксперимента были взяты старые и новые до-

ма. Интересный результат был получен на 12-этажном доме, построенном 25 лет назад, с наружной стеной из ячеистобетонных панелей толщиной 30 см и плотностью бетона 700 кг/м³. При 12-градусном морозе на наружной поверхности панелей температура была минус 10-10,5 °С. Это столько же, как в последних (новых) современных домах [26].

Для успешного выполнения Государственной программы быстрорастущего жилищного строительства жизнь вынуждает искать пути резкого повышения производительности труда строителей. Это особенно важно также для энергоэффективных домов, которые должны строиться повсеместно в Беларуси. В этих домах теплозащита повышается фактически в два раза, наружную стену зданий нужно иметь уже с сопротивлением теплопередачи не $R = 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, а $R \geq 4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

При нехватке кадров строителей и в условиях жесткой экономии энергоресурсов необходимо решить следующие первоочередные задачи:

- резко снизить трудоемкость строительства жилья, увеличить теплозащиту зданий; при этом возможны следующие пути: замена наружных стен из мелких ячеистобетонных блоков на крупноразмерные стеновые панели;
- уменьшить трудоемкость строительства перегородок путем выпуска на заводах армированных панелей высотой на комнату;
- внедрить сборные плиты перекрытия и покрытия из ячеистого бетона с омоноличеным поясом (анкером);
- обеспечить широкое внедрение сборного или сборно-монолитного каркаса в строительство жилья.

Осознавая свою причастность к жизни страны, ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» и ОАО «Сморгоньсиликатобетон» активно включились в реализацию государственной программы строительства жилья. На предприятиях развернулись работы по освоению производства сборного железобетонного каркаса и армированных ячеистобетонных изделий, в том числе крупноразмерных ячеистобетонных панелей [27].

Исходные элементы для крупноразмерных ячеистобетонных панелей (максимальные размеры 6000 × 600 × 400 × 500 мм) изготавливают по литевой технологии на технологических линиях фирмы «Кселла» («Хебель») на заводе ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» [28] и фирмы «Маза-Хенке» по ударной технологии на заводе ОАО «Сморгоньсиликатобетон» [29, 30]. В первом случае мас-

сив разрезается вертикально на изделия заданных разделов, а во втором — горизонтально и вертикально.

Годовой объем производства ячеистого бетона в 2011 г. составил: ОАО «Сморгоньсиликатобетон» 252,5 тыс. м³ и ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» 343,4 тыс. м³. Максимальный объем производства был достигнут в 2008 г. предприятиями соответственно 414,4 и 419,4 тыс. м³ ячеистого бетона. Не останавливаясь на способах разрезки ячеистобетонных массивов, следует отметить, что оба способа имеют положительные и отрицательные моменты. Однако в обоих случаях обеспечивается высокая геометрическая точность изделий, позволяющая вести их монтаж на клею.

Эффективность нового процесса производства армированных изделий из ячеистого бетона должна быть заложена уже на стадии разработки номенклатуры изделий. При этом должны учитываться технологические возможности производства, и в первую очередь схема разрезки ячеистобетонного массива. Необходимо стремиться к максимальной унификации изделий и их арматурных каркасов, а номенклатура изделий должна обеспечивать максимальное использование массива. Или иначе — следует минимизировать количество отходов сырца при разрезке массива на изделия заданных размеров.

Кроме того, следует особое внимание уделять качеству резаной поверхности ячеистобетонных изделий. При разрезке сырца ячеистобетонного массива на изделия заданных размеров, на лицевой (резаной) поверхности образуется деформированный слой, физические свойства которого зависят от пластичности сырца, диаметра режущей струны, скорости и режима резки (подвижная пилящая или неподвижная струна) и ряда других параметров. От физических свойств лицевой поверхности изделия, предназначенной для нанесения защитно-декоративного покрытия, зависят степень смачиваемости поверхности и глубина проникновения покрытий в тело бетона, что влечет за собой изменение некоторых технических свойств защитно-декоративных покрытий. Образующиеся на лицевой поверхности шероховатость и так называемый зуб, по-разному влияют на свойства защитно-декоративных покрытий.

Прочность сцепления покрытия с ячеистым бетоном слабо зависит от качества поверхности. Однако существенно увеличивается водопроницаемость и уменьшается морозостойкость покрытий с увеличением высоты «зуба» и шероховатости. Наиболее высокое

качество резаной поверхности ячеистобетонных изделий обеспечивается при разрезке массива пилящими струнами. С учетом выше изложенного, а также достижения максимальной производительности резательного комплекса при производстве армированных и неармированных изделий ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» производит работы по установке нового резательного комплекса системы «Дюрокс» с пилящими струнами [5]. ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» при производстве ячеистобетонных блоков и армированных изделий с использованием одного резательного комплекса достигло максимальной производительности 419,4 тыс. м³ в год.

В СССР в институтах НИПИсиликатобетон, ВНИИСТРОМ, НИИЖБ и др. было проведено огромное количество исследований по нанесению и изучению долговечности защитно-декоративных покрытий на армированные ячеистобетонные изделия, и с учетом технического уровня резательных машин было рекомендовано, что лицевые поверхности ячеистобетонных изделий, полученные при резке способом продавливания (неподвижные струны), перед нанесением защитно-декоративных покрытий должны быть отфрезерованы.

Исходные элементы панелей изготавливаются из ячеистого бетона плотностью 400-500 кг/м³ и классом по прочности соответственно В1,5 и В2,5. При плотности бетона 400 кг/м³ и толщине панели 400 мм и плотности 500 кг/м³ и толщине 500 мм обеспечивается нормативное сопротивление теплопередаче, равное 3,2 м²·°С/Вт.

После автоклавной обработки из исходных элементов на стендах собираются (монтируются) крупноразмерные изделия. Исходные элементы соединяются между собой на клей, который наносят на сопрягаемые поверхности, и жестко скрепляются металлическими тяжами, на которые затем навинчивают инвентарные петли для подъема и транспортировки укрупненных панелей. С помощью этих инвентарных петель производится монтаж панелей на стройке. После монтажа петли возвращают на завод для дальнейшего использования в производстве.

В зависимости от габаритов и веса составной панели назначаются диаметры тяжей и каналов под тяжи, а также усилия по их натяжению. В процессе изготовления составной панели металлические тяжи натягиваются на бетон через металлические шайбы. При этом в приопорной зоне составной панели, где располагаются тяжи, создается напряженно-деформационное состояние, обусловленное



Рис. 2. Стеновая панель на комнату полной заводской готовности

наличием предварительного напряжения, т.е. до воздействия внешних нагрузок в готовой составной панели тяжи растянуты до 0,8 R_c (R_c — предварительное натяжения), бетон обжат. Потери предварительного напряжения частично компенсируются повторным натяжением тяжей тарированным динамометрическим ключом [31].

В настоящее время разрабатывается новый вариант сборки панелей не требующий применения металлических тяжей. Сборка на клею ведется из армированных длиной до 6000 мм и неармированных крупноразмерных длиной до 1500 мм исходных элементов. Первый этап транспортных испытаний показал достаточную жесткость сборных панелей.

На собранные панели в заводских условиях наносится наружная и внутренняя отделка вставляются оконные и дверные блоки (рис. 2) или же эти операции выполняются на стройке после завершения монтажа панелей.

В зависимости от конструктивной системы зданий выбираются габариты крупноразмерных ячеистобетонных панелей. Например, для торцевых фасадов жилых и промышленных зданий могут быть панели высотой до 3000 мм и длиной 6000 мм, т.е. сборка из пяти исходных элементов высотой 600 мм и длиной 6000 мм (рис. 3).

Кроме того, ведутся экспериментальные работы по изготовлению панелей на две комнаты (рис. 4).

Касательно отделки наружных стен из ячеистого бетона следует отметить возможность крепления к нему несущих систем навесных вентилируемых фасадов. Обладая относительно небольшой механической прочностью, ячеистый бетон стеновых панелей за счет их сплошной структуры обладает вполне



Рис. 3. Наружные стеновые панели для промышленных и сельскохозяйственных зданий в разнообразном цветовом и фактурном исполнении

достаточной анкерующей способностью, позволяющей удерживать не только комплексные и химические анкера, но и механические распорные анкера, воспринимающие циклические знакопеременные сдвиговые и выдерживающие усилия. При этом благодаря теплотехническим характеристикам ячеистого бетона (низкий коэффициент теплопроводности) теплопроводные включения в виде анкеров создают незначительное влияние на теплотехническую однородность наружного ограждения [32].

Производители крепежных изделий предлагают специально предназначенные для ячеистого бетона различные анкера, нагеля и дюбели с достаточно высокой несущей способностью.

Немецкие специалисты [33] рекомендуют крупноразмерные стеновые элементы из ячеистого бетона не покрывать минеральными штукатурками, а обрабатывать их поверхность дисперсионными лакокрасочными покрытиями, которые защищают поверхность от влаги и за-



Рис. 4. Экспериментальная стеновая панель

грязнений. Реже их покрывают специальными видами штукатурок на основе органических вяжущих. Эти тонкослойные штукатурки называют грунтовками. В отношении таких свойств, как водопоглощение и паропроницаемость, они специально адаптированы к ячеистым бетонам. Структура грунтовок похожа на структуру штукатурок на основе органических вяжущих веществ, однако доля вяжущих в них обычно выше, поэтому они проявляют способность к перекрытию трещин, так что зазоры на больших элементах или на стыках плит из ячеистого бетона, несмотря на незначительную толщину слоя грунтовок (примерно 1-2 мм), перекрываются без трещин.

Следует отметить, что если стена выполнена из ячеистобетонных блоков, то толщина защитно-декоративного покрытия (штукатурки) в зависимости от вида и назначения последнего составляет 10-15 мм. Из предыдущего отечественного опыта заводской отделки ячеистобетонных панелей известно, что толщина защитно-декоративного покрытия, как правило, не превышает 2-3 мм.

В последние годы в Республике Беларусь в связи с массовым применением в строительном комплексе ячеистобетонных блоков был разработан ряд нормативно-технической документации по их применению [20, 21, 22]. Однако принятые в проектной документации технические решения не в полной мере учитывают специфические физико-технические свойства автоклавного ячеистого бетона, которые порой не обеспечивают сопротивляемость несущих и ограждающих конструкций жилых домов неблагоприятным внешним воздействиям, обусловленным эксплуатационными, технологическими и климатическими факторами. Кроме того, наблюдаются нарушения технологии строительства и правил эксплуатации и содержания зданий.

По вопросу защитно-декоративных покрытий для ячеистого бетона вышли ряд работ и опубликованы основные требования к покрытиям [5, 6, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39], особенно следует отметить мирового лидера по производству и применению ячеистого бетона фирму «Кселла», имеющую 70-летний опыт [41, 42]. Однако в нормативно-технической документации они практически не учтены.

Накоплен практический опыт по причинам, вызывающим разрушение защитно-декоративных покрытий. Поэтому ряд требований стандартов в части применения ячеистого бетона (СТБ 1307-2002, ТКП 45-5.09-105-2009 и ТКП 45-2.04-43-2006) следует уточнить и дополнить.

В ГП Институт НИИСМ совместно с ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» по заданию Главного управления научно-технической и инновационной политики Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь выполняется в течение трех лет научно-исследовательская работа «Провести комплекс исследований по изучению теплофизических и эксплуатационных свойств системы: защитно-декоративное покрытие — ячеистый бетон в условиях эксплуатации, разработать покрытие повышенной паропроницаемости и Изменения в ТКП 45-2.04-43-2006. Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования» [40]. Но это только часть огромной творческой работы по обеспечению эксплуатационной надежности и долговечности зданий с несущими и ограждающими конструкциями из ячеистого бетона автоклавного твердения.

На прошедшей в сентябре 2011 г. в Польше (г. Быдгощ) «5-й Международной конференции по автоклавным ячеистым бетонам», организованной «Европейской ассоциацией производителей автоклавного ячеистого бетона» (EAACA), «Польской ассоциацией производителей ячеистого бетона» (SBPB), Институтом керамики и строительных материалов (CEBET) и «Технологическим институтом в Быдгоще» (ИТР) при мощной финансовой поддержке объединения «SOLBET Spolka z.o.o.» были подведены итоги мирового развития производства и применения ячеистобетонных изделий автоклавного твердения. В «EAACA» входит 18 стран Европы, и в 2010 г. ими произведено около 16 млн. м³ изделий из ячеистого бетона.

Ассоциация представляет интересы производителей автоклавного ячеистого бетона и их национальных ассоциаций в Институтах Евросоюза, в частности в Еврокомиссии, Европарламенте и в профессиональных организациях.

«SBPB» объединяет компании, производящие тяжелый бетон и ячеистый, а также сопровождает исследования и разработки материалов и технологического оборудования для их производства.

Объединение «SOLBET Spolka Z.O.O» показало новый завод ячеистого бетона, оборудование изготовлено в Польше. К слову сказать, в шестидесятые годы прошлого столетия в СССР резко увеличилось производство ячеистого бетона, когда в 1956-1960 гг. были введены в промышленную эксплуатацию десять крупных заводов ячеистого бетона на польском оборудовании производительностью до 200 тыс. м³ в год [5].

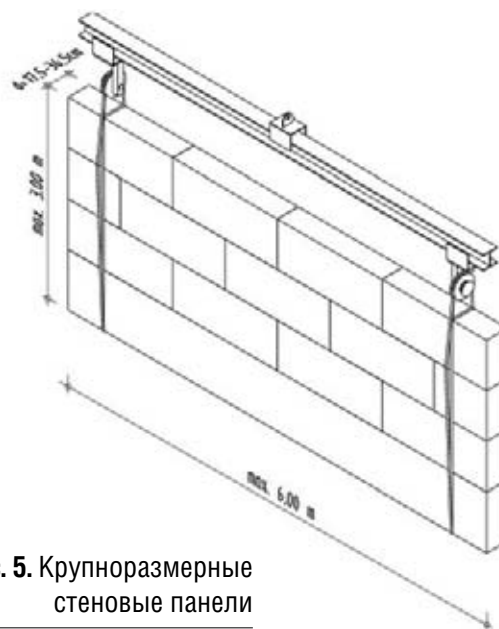


Рис. 5. Крупноразмерные стеновые панели

В области развития производства ячеистобетонных изделий взят курс на снижение плотности бетона и производство в заводских условиях сборных крупноразмерных стеновых панелей для индивидуального строительства. Например, плотность конструктивно-теплоизоляционного ячеистого бетона снижена до 300 кг/м³, фирма «Кселла» построила завод по производству ячеистого (пено) бетона плотностью 105-120 кг/м³ и плотностью на сжатие 350 кПа «Мультипор-Итонг» [43], а коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,045$ Вт/м °К. Класс огнестойкости А1 по европейскому стандарту ETA — 05/0093. Изделия имеют следующие габаритные размеры:

- длина — 600 мм;
- ширина — 390 мм;
- толщина — 50-200 мм.

Мультипор используется в конструкциях двухслойных стен зданий, где несущая часть стены толщиной 300 мм выполнена из ячеистого бетона плотностью 500-600 кг/м³, а наружная — из Мультипора в зависимости от требуемой величины сопротивления теплопередачи [44].

Крупноразмерные блочные стеновые панели, разработанные фирмой «Кселла», имеют габариты: длина до 6000 мм (± 5 мм), высота до 3000 мм (± 3 мм) и толщина 175-365 мм ($\pm 1,5$ мм). Для придания жесткости панели и в целях безопасности при транспортировке и монтаже нижний пояс панели имеет конструктивное армирование [45]. Плотность бетона 400-600 кг/м³ и класс В2,5. В отличие от традиционной сборки панели на металлических тросах, рассмотренной выше, в указанной технологии сборка осуществляется затяжкой с по-

мощью металлической ленты. За один подъем крана перемещают и монтируют до 15,75 м² поверхности стены. За сутки монтируется 42 м² наружной стены здания.

Высокая технико-экономическая эффективность применения ячеистобетонных изделий была доказана исследованиями НИИ экономики строительства Госстроя СССР, НИПИ силикатобетон, ЦНИИЭПжилища и др. [5]. Например, по заданию Госстроя России институт ЦНИИЭПжилища совместно с НИИ строительной физики провели исследования по определению экономически целесообразного значения сопротивления теплопередаче наружных стен разной конструкции, в том числе трехслойных панелей с гибкими связями, слоистых и утепленных снаружи кирпичных стен из ячеистого бетона [6].

Исследованиями было установлено, что для ячеистобетонных наружных стен экономически целесообразное сопротивление теплопередаче по сравнению с другими конструкциями наружных стен является минимальным.

Ячеистобетонные стены имеют наименьший период окупаемости, а нормируемые приведенные сопротивления теплопередаче для них могут быть установлены на 22-30 % ниже регламентированных СНиП II-3-79* для соответствующих регионов. Еще больший эффект будет при применении в стенах ячеистого бетона плотностью 400-500 кг/м³.

Трехслойные панели с гибкими связями имеют наихудшие показатели экономически целесообразного R по критерию приведенных затрат, превышая нормируемое значение на 17-30 %. Слоистые кирпичные кладки также имеют превышение экономически целесообразного R над нормируемым в диапазоне 6,5–21 %. У кирпичной стены, утепленной снаружи, нормируемые и экономически целесообразные сопротивления теплопередаче практически совпадают, т.е. нормируемые требования для этой конструкции стены являются оптимальными.

Таким образом, однослойные ячеистобетонные стены по критерию приведенных затрат обладают существенными преимуществами в сравнении с наиболее распространенными конструкциями наружных стен.

По сравнению с трехслойными панелями однослойные ячеистобетонные панели имеют ряд преимуществ, среди которых в первую очередь следует отметить меньший вес, например, один квадратный метр стены из ячеистого бетона плотностью 400-500 кг/м³ весит 200 кг, что практически в два раза меньше стен из трехслойных панелей или кирпича. Кроме того, панели из ячеистого бетона долговечные, по-

жаробезопасные, огнестойкие и могут применяться в зданиях различного назначения.

Многочисленные экспериментальные исследования огнестойкости конструкций из ячеистого бетона, проведенные за рубежом в Шведском техническом университете и Финском исследовательском центре, а также некоторые исследования, выполненные в Республике Беларусь и Российской Федерации, показали, что ячеистый бетон обладает высокой огнестойкостью [6]. Особенно широкие перспективы применения ячеистобетонных панелей в современных каркасных зданиях, в том числе за счет увеличения полезной площади внутреннего пространства «съедаемой» поэтажно опертыми стенами.

Выполненные институтом НИПТИС, институтом «Гродногражданпроект», ООО «Бестинжиниринг» проектные решения фасадов жилых домов с применением крупноразмерных ячеистобетонных изделий для различных стен каркасных зданий показали, что при опирании стен на ригель каркаса резко увеличивается номенклатура стеновых изделий, особенно коротких по длине. При прочих равных условиях толщина изделий зависит от плотности ячеистого бетона, а ширина (высота) является постоянной, равной высоте формируемого массива. При опирании стеновых панелей на столы колонн каркаса здания резко уменьшается номенклатура изделий (практически 6-8 элементов), а также увеличивается полезная площадь здания.

Для развития производства и применения крупноразмерных ячеистобетонных стеновых панелей и другой номенклатуры изделий в Республике Беларусь, как уже отмечалось, имеется необходимая нормативная база, а также наработаны технические решения эффективных несущих ограждающих конструкций, базирующихся на результатах отечественных исследований прошлого и начала текущего столетия. Учитывая специфику технологии производства и применения изделий, проектные и научно-исследовательские институты совместно с производителями ячеистого бетона выполняют работы по созданию современных строительно-конструктивных систем зданий. Кроме того, параллельно ведется подбор подъемно-транспортных механизмов и устройств (манипуляторы, захваты, траверсы и др.) для проведения строительно-монтажных работ при возведении каркасных зданий с комплексным применением армированных ячеистобетонных изделий.

Институтом «Гродногражданпроект» разработаны проекты каркасных домов с приме-



Рис. 6. Опирающие панели
на полку ригеля каркаса дома

нением внутренних несущих кирпичных стен и панельными ячеистобетонными наружными стенами [27].

Важно решить также проблему комплектации ячеистобетонными и железобетонными изделиями из одного предприятия по типу домостроительного комбината. ОАО «Сморгоньсиликатобетон» и ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» успешно осваивают как производство ячеистобетонных изделий, так и железобетонного каркаса. Причем каркас должен быть проще, без излишних нагромождений. Например, конструктивно-строительная система зданий АРКОС, «СМК РЕКОН» и др., позволяющая строить как социальное массовое, так и жилье повышенной комфортности в одних и тех же конструкциях, т.к. обеспечивает гибкие объемно-планировочные и энергоэффективные решения, как и в случае применения монолитного каркаса.

В настоящее время Государственным предприятием «Институт жилища — НИПТИС им. Атаева С.С.» разработаны новые конструктивные системы для жилых зданий на основе сборных железобетонных и стальных каркасов. Возведение жилых зданий с использованием каркасов позволяет реализовать принцип гибкой планировки, значительно сократить материалоёмкость строительства.

Расчеты показывают, что наибольший эффект от применения каркасов при строительстве жилых зданий может быть достигнут при полносборном строительстве. В проектах первых каркасных жилых домов наружные стены и перегородки были предусмотрены из мелкоштучных материалов, однако при возведении уже второго дома был проведен успешный эксперимент по укрупнению элементов наружных стен.

Для обеспечения полносборного строительства каркасных жилых зданий ГП «Институт

НИПТИС им. Атаева С.С.», РУП «Институт БелНИИС, ОАО «Бестинжиниринг» совместно с ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» и ОАО «Сморгоньсиликатобетон» разработаны наружные стеновые панели и перегородки плиты перекрытия и покрытия из ячеистого бетона.

Опирающие панели выполняются на полки ригелей, располагаемых вдоль наружных стен зданий (рис. 6). Наружные стеновые панели разработаны толщиной 500 мм, что обеспечивает значение сопротивления теплопередаче в соответствии с действующими нормами. Панели проектируются размером «на комнату» (см. рис. 2). С внутренней стороны панелей предусмотрены специальные штрабы в местах расположения элементов каркасов. Конструкция панелей позволяет полностью исключить необходимость дополнительного наружного утепления стен. Также разработан вариант панелей из ячеистого бетона с разрезкой, обеспечивающей их расположение вокруг проемов. Панели данного типа меньшего размера, более удобны при монтаже, однако значительно увеличивается их номенклатура.

Кроме того, разработаны перегородки из ячеистого бетона модульного типа. Перегородки толщиной 100 мм, шириной 600 мм изготавливаются нескольких типоразмеров по высоте и могут устанавливаться под плитами перекрытий или под ригелями.

Для дальнейшего расширения применения ячеистобетонных конструкций при строительстве жилых зданий, улучшения комфортности проживания в них в ближайшее время планируется начать разработку каркасных зданий с ячеистобетонными перекрытиями и покрытиями. Для этих целей будут использованы несущие железобетонные и стальные элементы с безсварными соединениями, а также специальные решения для обеспечения связности и устойчивости элементов каркасов, увеличения несущей способности ячеистобетонных перекрытий.

ГП «Институт жилища — НИПТИС им. Атаева С.С.» совместно с ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» приступил к разработке и внедрению производства сборных ячеистобетонных конструкций для строительства энергоэффективных зданий малого жилищного строительства. Для проектирования и строительства будут предложены полносборные жилые здания каркасного типа со стенами и перекрытиями из ячеистобетонных конструкций, что по нашему мнению обеспечит новый этап применения этого уникального современного строительного материала.

В заключение следует отметить, что совместная, постоянная, творческая работа производителей ячеистого бетона, научно-исследовательских и проектных институтов и строительных организаций позволит избежать возможных ошибок, оперативно решать возникающие технические и организацион-

ные вопросы, а также сократить сроки для достижения поставленной цели — эффективное производство и комплексное применение армированных ячеистобетонных изделий — залог строительства энергоэффективного жилья с высоким потребительским качеством.

Список использованных источников

1. Журнал «Строительные материалы». — 1992. — № 10 (454). — С. 30.
2. Журнал «Строительные материалы». — 1992. — № 9 (453). — С. 32.
3. Гарнашевич Г.С., Подлuzский Е.Я., Сажнев Н.П. Исследование теплофизических свойств ячеистого бетона. // Строительные материалы. — М., 1992. — № 9. — С. 24-26.
4. Сажнев Н.Н., Андриевский В.В. Новые технологии — новые возможности, в настоящем сборнике.
5. Сажнев Н.П., Сажнев Н.Н., Сажнева Н.Н., Голубев Н.М. Производство ячеистобетонных изделий. Теория и практика. Мн.: Стринко, 2010. — 458 с.
6. Галкин С.Л., Сажнев Н.П., Соколовский Л.В., Сажнев Н.Н. Применение ячеистобетонных изделий. Теория и практика. — Мн.: Стринко, 2006. — 446 с.
7. Пилипенко В.М. Анализ и перспектива развития индустриального домостроения на уровне европейских стандартов / Сб. докладов «Индустриальное домостроение. Новые технологии, направления, приоритеты и принципы развития. Переход на европейские стандарты». — Мн., 2009. — С. 7-11.
8. ТКП-5.03-137-2009 «Изделия из ячеистого бетона. Правила изготовления».
9. СТБ 1570-2005 «Бетоны ячеистые. Технические условия».
10. СТБ 1117-98 «Блоки из ячеистых бетонов стеновые. Технические условия»
11. СТБ EN 771-4 «Требования к строительным блокам. Строительные блоки из автоклавного ячеистого бетона».
12. СТБ 1332-2002 «Блоки лотковые и перемычки из ячеистого бетона. Технические условия».
13. СТБ 1330-2002 «Степени лестничные из автоклавного ячеистого бетона. Технические условия».
14. СТБ 1724-2007 «Утеплитель дробленый из ячеистого бетона. Технические условия».
15. СТБ 1034-96 «Плиты теплоизоляционные из ячеистых бетонов».
16. СТБ 1189-2010 «Плиты перекрытий и покрытий, панели для внутренних стен и перегородок. Технические условия».
17. СТБ 1185-99 «Панели стеновые наружные бетонные и железобетонные для зданий и сооружений. Общие технические условия».
18. ТКП EN 1992-1-1-2009 (02250) Еврокод 2 «Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий».
19. СТБ EN 12602-2009 «Сборные армированные элементы из ячеистого бетона»
20. Серия Б2.000-3.07 «Узлы и детали сопряжений конструктивных элементов зданий с комплексным применением ячеистого бетона. Выпуск 0. Материалы для проектирования». РУП «Институт БелНИИС». Мн., 2007.
21. Серия Б2.030-13.10 «Узлы и детали поэтажно опертых стен жилых и общественных зданий из эффективных мелкоштучных стеновых зданий из эффективных мелкоштучных стеновых материалов. Выпуск 1. Рабочие чертежи». РУП «Институт БелНИИС». Мн., 2007.
22. «Рекомендации по проектированию поэтажно опертых стен и перегородок из эффективных мелкоштучных стеновых материалов». РУП «Институт БелНИИС». Минск, 2011. — С. 50.
23. «Рекомендации по проектированию и применению ячеистобетонных конструкций, изготавливаемых по резательной технологии методом вертикального реза массива высотой 600 мм», Таллинн — Москва, 1986.
24. «Рекомендации по проектированию и устройству анкерных и нагельных креплений в стеновых соединениях конструкций из ячеистого бетона», НИИЖБ, М., 1970.
25. Скоряк Л.А., Паплавскис Я.М. Опыт применения и освоения на заводах крупно-размерных ячеистобетонных панелей для жилых и общественных зданий. / CELOSTATNA KONFERENCIA SO ZAHRANICNOU ŮCASTOU, «VIII KONFERENCIA O POROBETONE», Bratislava, 1990. — С. 78.
26. Кацынель Р.Б. «Особенности применения крупнопанельных ячеистобетонных конструкций в современном строительстве». Материалы 6-й Международной научно-практической конференции «Опыт производ-

ства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения». — Мн., 2010. — с. 101-105.

27. Сажнев Н.П., Беланович С.Б., Федосов Н.Н. и др. «Опыт комплексной реконструкции предприятий крупнопанельного домостроения с применением энергоэффективных технологий» // Строительные материалы, 2011. — № 3. — С. 12-18.

28. Беланович С.Б., Бухта Д.П., Сажнев Н.П. «Домостроительному комплексу «Забудова» 20 лет» // Строительные материалы, 2010. — № 11. — С. 67-72.

29. Сажнев Н.П., Сажнев Н.Н. «Производство армированных ячеистобетонных изделий по ударной технологии»: Сб. научных трудов «Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве». — Севастополь, 2007. — Вып. 3. — С. 138-143.

30. Федосов Н.Н., Вербицкая «Опыт производства ячеистого бетона на ОАО «Сморгоньсиликатобетон»: Сб. научных трудов «Строительство, материаловедение, машиностроение». — Днепрпетровск, 2009. — Вып. 4. — С. 195-198.

31. Лаанамаяэ Т.Э., Скоряк Л.А. Ячеистобетонные составные панели для стен общественных зданий применительно к номенклатуре Ахтменского КСМ / Сб. трудов НИПИ-силикатобетон, Таллинн, 1987. — С. 145-149.

32. Галкин С.Л. Комплексное применение крупноразмерных ячеистобетонных изделий в жилищно-гражданском строительстве. Материалы 6-й Международной научно-практической конференции «Опыт производства и применения ячеистого бетона на автоклавного твердения». — Мн., 2010. — С. 105-109.

33. Росс Хартмут, Шталь Фредема Н.Н. Практическое руководство. Штукатурка. Материалы, техника производства работ, предотвращение дефектов, С-П., 2006. — С. 125-129.

34. Сажнев Н.П. Сухие строительные смеси. Некоторые аспекты применения и долговечности защитно-декоративных покрытий для ячеистого бетона // Белорусский строительный рынок, Мн.: Стринко, 2008. — № 5.

35. Урецкая Е.А., Плотникова Е.М., Приходько И.О., Конюшин И.О. Критерии выбора материалов для отделки изделий из ячеистого бетона // Белорусский строительный рынок, Мн.: Стринко, 2004. — № 9-10 (198-199). — С. 37-38.

36. Урецкая Е.А., Плотникова Е.М., Конюшик И.О. Особенности технологии отделки конструкций из ячеистого бетона // Архитектура и строительство, 2002. — № 4. — С. 46-48.

37. Урецкая Е.А., Сажнева Н.Н. Легкие штукатурные составы для отделки ячеистого бетона плотностью 350-400 кг/м³. / Материалы 6-й Международной научно-практической конференции «Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения». Мн.: Стринко, 2010. — С. 121-125.

38. Сажнева Н.Н., Сажнев Н.П., Урецкая Е.А. Защитные системы для отделки ячеистого бетона пониженной плотности // Строительные материалы, 2009. — № 1. — С. 17-19.

39. Мартин Гоманн Поробетон руководство, Белград, 2010. — С. 121-128.

40. Гарнашевич Г.С., Подлужский Е.Я., Сажнев Н.П. Ячеистый бетон автоклавного твердения: теплопроводность и влажность. В настоящем сборнике.

41. Справочник фирмы «Хебель» по жилищному строительству НПООО. Мн.: Стринко, 1996. — С. 37-49.

42. Справочник по производству и применению материалов УТО NG. НПООО. Мн.: Стринко, 1997. — С. 74-81.

43. Volkman Köhler. Gregor A. Scheffler «High insulated non load bearing exterior walls». 5th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete», Bydgoszcz, Poland, September, 14-17, 2011, s. 247-250.

44. Oliver Kreft, Berit Stroube, Torshen Schoch «Internal thermal insulation with light weight», Bydgoszcz, Poland, September, 14-17, 2011, s. 251-256.

45. Franz Loderer «Prefabricated wall elements». Bydgoszcz, Poland, September, 14-17, 2011, s. 471.

ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА В СТРАНАХ СНГ



Дипл. инж. **Матиас Кларе**, коммерческий директор фирмы «Маза ГмБХ»;
Дипл. инж. **Андрей Иванов**, Глава представительства фирмы «Маза ГмБХ» в СНГ и странах Балтии

Многие производители газобетона в период экономического кризиса делают ставку на расширение номенклатуры выпускаемой продукции и оптимизацию производственных процессов. Ниже мы приводим два возможных варианта расширения имеющихся линий «Варио-Блок» фирмы «Маза ГмБХ».

Пример 1

Помимо спроса на обычные газобетонные блоки, которые представлены на многих строительных рынках, постоянно растет спрос на крупноформатные газобетонные изделия. Благодаря расширению линии «Варио-Блок», наши клиенты могут максимально просто и эффективно освоить производство крупноформатных изделий и представить их на рынке.

Для наших клиентов, которые недавно вступили на рынок газобетонных изделий, инвестировав средства в данную отрасль строительных материалов, идея последующего расширения производства газобетонных блоков с возможностью производства крупноформатных газобетонных элементов с самого начала была актуальной. К данной группе строительных элементов относятся фигурные элементы, перемычки, стеновые панели, плиты перекрытия и покрытия, а также панели для внутренних стен, кратные высоте этажа. Преимущества этой дополнительной продукции для производителей заключаются в более высокой продажной цене единицы армированных элементов по сравнению с обычными газобетонными блоками. Преимущество для строителей заключается в экономически эффективном производстве работ. Благодаря более быстрому ходу общестроительных работ и более высокой производительности строительных работ, выражаемой в м²/час, сокращаются расходы на строительство здания в целом.

Концепция завода по производству газобетонных изделий

Многие клиенты принимают решения о строительстве завода по производству газобетонных изделий в несколько очередей

(этапов), что позволяет сократить сумму основных инвестиций на начальном этапе проекта. Последующие очереди подразумевают увеличение производительности и/или расширение производственной программы. Фирма «Маза» придает особое значение соблюдению требований к экологичности и экономической эффективности производства еще на стадии проектирования завода, что является залогом успеха будущего предприятия.

Необходимым сырьем для производства блоков из автоклавного газобетона на линии «Варио-Блок» являются кварцевый песок, известь, цемент, алюминий, вода и, в случае необходимости, гипс, а также добавки. Одной из предпосылок при проектировании производственной линии является соответствие качества готовых газобетонных изделий действующим европейским нормам, таким как DIN EN 771-4.

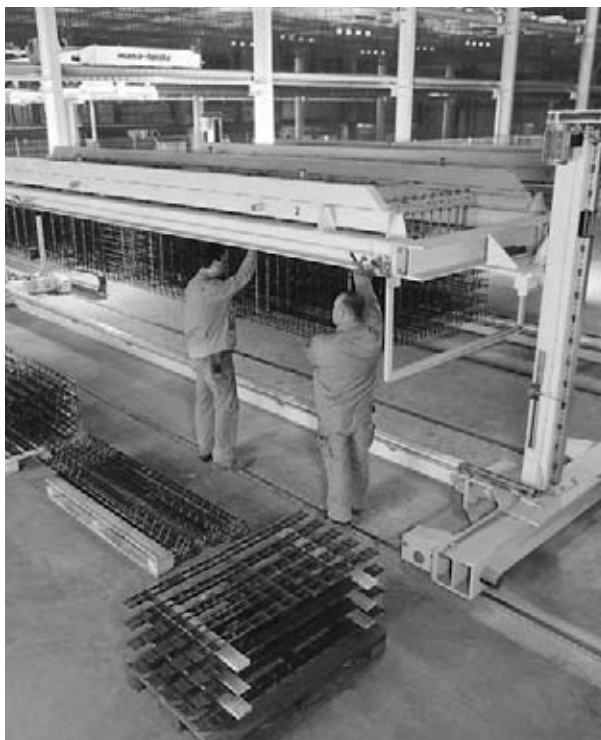
Вяжущее — известь, цемент и гипс, хранится в силосах за пределами цеха, рядом или над смесительной башней. В частности, в странах СНГ на заводах с оборудованием фирмы «Маза» наряду с «литьевой» технологией, распространенной в странах Восточной Европы, широко применяется «ударная» технология. Около 8 лет назад фирма «Маза» совместно с технологами из Республики Беларусь разработала ударный стол, успешно применяемый на многих заводах с «ударной» технологией.

Расширение для производства армированных изделий

Расширение линии «Варио-Блок» начинается с зоны подготовки стальных арматурных каркасов. Для выполнения местных требо-



Рис. 1. Схема интеграции установки для производства армированных изделий в линию «Варио-Блок»



ваний по статическим нагрузкам зданий в газобетонные изделия помещаются арматурные каркасы. Стальные арматурные каркасы могут быть как изготовлены непосредственно на заводе по производству газобетонных изделий, так и закуплены в собранном виде, что представляется более выгодным с экономической точки зрения. Поскольку газобетон является строительным материалом с открытыми порами, одним из этапов подготовки является нанесение антикоррозионного средства на арматурный каркас.

Благодаря рамам с замками и направляющим с фиксаторами достигается точное позиционирование армокаркасов в каждой форме.

Рис. 2. Подготовка рам армирования со стальными каркасами осуществляется вручную в специальной зоне цеха. Точная фиксация стальных каркасов на удерживающих направляющих необходима для дальнейшего оптимального протекания технологического процесса



Рис. 3. Подготовленные рамы со стальными арматурными каркасами погружаются в газобетонную массу сразу после заполнения формы. Точное позиционирование арматурных каркасов особенно важно для качества конечного продукта



Рис. 4. Заполненные формы в зоне созревания: более низкая высота цеха в зоне созревания позволила улучшить тепловой баланс и понизить расход энергии для зоны созревания, а также сократить расходы при строительстве. Данная концепция установки предполагает использование тепла от конденсата для отопления зоны созревания в холодное время года. Если производятся армированные изделия, рамы остаются на формах, обеспечивая надежное позиционирование арматурных каркасов

Для экономически эффективного расширения общего газобетонного производства зоной армирования необходимо, чтобы доля производимых армированных изделий соответствовала как минимум объему одной загрузки автоклава. Сразу после заполнения формы в зоне смесительной установки подготовленные рамы при помощи крана загрузки/разгрузки опускаются на форму, армокаркасы устанавливаются в еще жидкую газобетонную массу. Элементы-фиксаторы на раме и форме обеспечивают центрирование и точное позиционирование стальных каркасов.

Перед подачей массива к линии резки, рама с направляющими поднимается с формы при помощи крана загрузки/разгрузки. Стальной армокаркас остается в газобетонном массиве, набравшем необходимую прочность для резки.

Регулируемая установка резки на линии «Варио-Блок» позволяет производить различные армированные изделия. При автоклавировании должны быть предусмотрены циклы запаривания, которые являются оптимальными для армированных изделий. В отличие от цикла запаривания при производстве газобе-

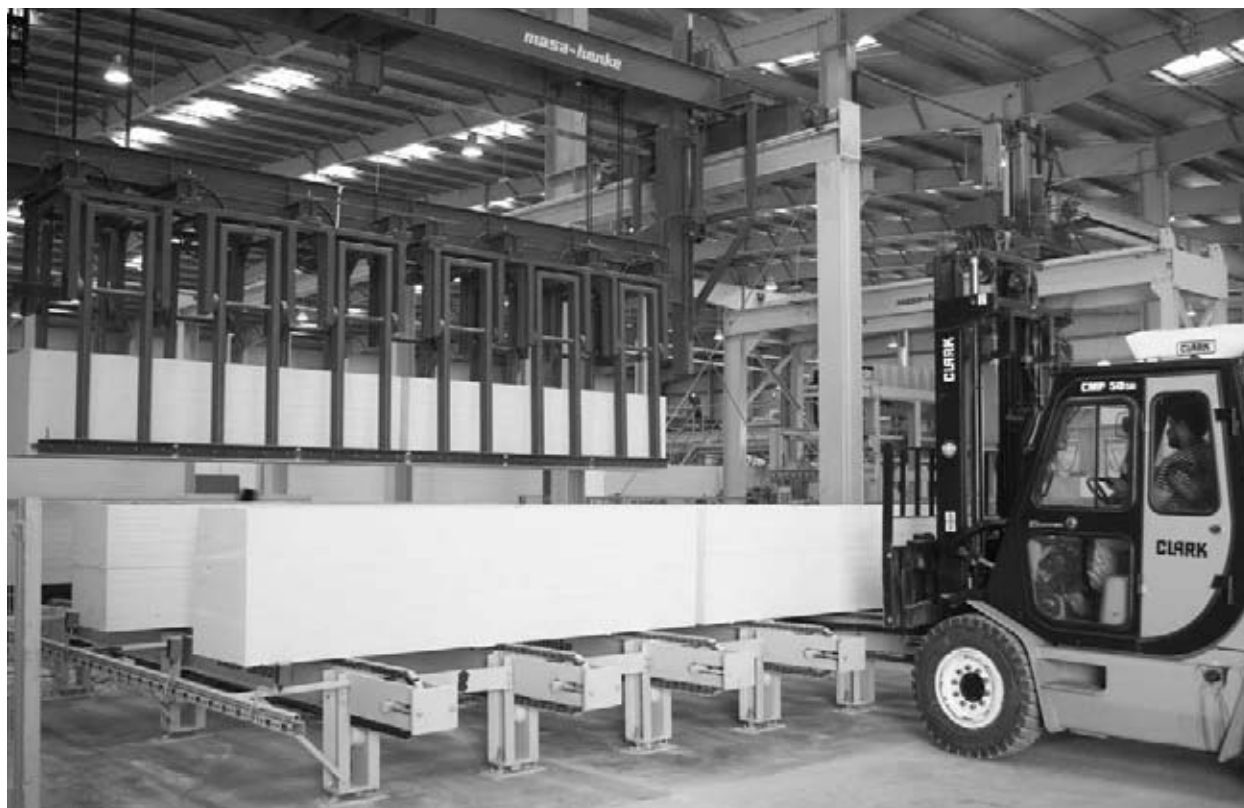


Рис. 5. При помощи устройства перестановки блоков, установленного на линии «Варио-Блок», армированные изделия подаются в отдельную зону упаковки

тонных блоков должны быть сокращены скорость набора и скорость уменьшения давления. Продолжительность всего процесса запаривания соответственно увеличивается на ок. 2-4 часа. Благодаря простой системе ввода параметров в автоклавном управлении фирмы «Маза» готовые изделия отличаются высоким качеством.

В зоне упаковки для армированных изделий предусмотрена отдельная линия упаковки. Упаковка осуществляется с учетом видов изделий и местных требований.

Дополнительное оснащение завода, производящего газобетонные блоки, зоной армирования предоставляет отличную возможность расширения производственной программы, которое не требует значительных финансовых затрат. Поскольку возможность данного расширения заложена в первоначальную планировку завода, монтаж большей части оборудования зоны армирования выполняется без остановки текущего производства, что позволяет сэкономить время и деньги при осуществлении проекта.

Пример 2

Увеличение экономической эффективности производственного процесса подразумевает оптимизацию расхода сырьевых материалов. Опыт эффективного использования сырьевых материалов уже имеется на многих заводах, работающих на оборудовании фирмы «Маза».

Концепция установок «Варио-Блок» фирмы «Маза» предусматривает возможность безотходного производства. Помимо обратной подачи конденсата из зоны запаривания к мельнице для песка и использования тепловой энергии конденсата на различных этапах про-

изводства (например, в зоне созревания, зоне предавтоклавной выдержки, для отопления служебных помещений), концепция включает в себя обратную подачу отбракованных газобетонных изделий в производственный процесс.

Эффективное использование сырьевых материалов является важным критерием уже на стадии оценки рентабельности газобетонного проекта. Концепция фирмы «Маза» предусматривает специальную установку переработки/измельчения для обратной подачи образующихся газобетонных отходов в технологический процесс. Производительность установки позволяет перерабатывать не толь-



Рис. 6. В основной технологической схеме, разработанной фирмой «Маза» для обратной подачи сырья, представлена специальная установка переработки/ измельчения материала

ко подрезной слой, но и отбракованные газобетонные изделия, которые получили повреждения в ходе отгрузки. Таким образом, осуществляется возврат газобетонных отходов обратно в технологический процесс. Данный этап является заключительным в схеме эффективного использования сырьевых материалов в производстве. Описанная концепция

в течение долгого времени успешно применяется на различных действующих заводах.

Как правило, при текущем производстве продукции возможен возврат в технологический процесс через смесительную установку до 10 % (от массы сухого заполнителя) измельченного газобетонного материала. Так, на различных заводах в производстве изделий из автоклавного

Рис. 7. Зафиксированные данные по расходу измельченных газобетонных отходов в течение 1 месяца производства. Количество материала, подаваемого обратно в технологический процесс, зависит от вида производимых изделий



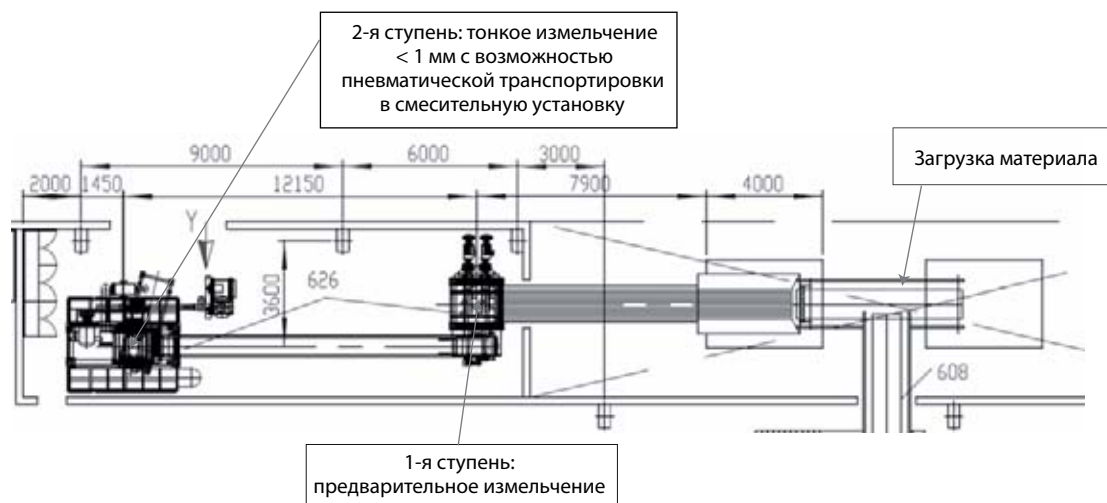


Рис. 8. На обзорном чертеже представлена подготовка материала для дробления. Подача осуществляется напрямую из технологического процесса или отдельно, при помощи колесного погрузчика

газобетона плотностью 500 кг/м^3 используются ок. 5 % (от массы сухого заполнителя) измельченных газобетонных отходов. Благодаря оптимальному расходу сырьевых материалов возможно соответствующее уменьшение расхода песка и вяжущего. Экономическим преимуществом подобной схемы расхода сырья является быстрое сокращение производственных затрат.

Комментарий производителя, эксплуатирующего установку, относительно концепции использования сырьевых материалов: «Обратная подача измельченных газобетонных отходов в производство отлично функционирует. Установка подготовки измельченных газобетонных отходов дает нам возможность возвращать в технологический процесс не только подрезной слой, но и газобетонные изделия, поврежденные при отгрузке. Очевидным преимуществом является и экономически выгодное уменьшение расхода сырьевых материалов».



Рис. 9. Дробилка со второй степенью измельчения материала и подача в промежуточный силос

Дальнейшим шагом по оптимизации газобетонного производства является обратная подача конденсата, образующегося во время запаривания, в технологический процесс. Конденсат необходимо охладить перед применением. При помощи специальных теплообменных устройств энергия, получаемая из конденсата, используется для обогрева различных зон производства. Возможно сокращение расходов, например, на подготовку теплой технической воды для отопительных систем. Конденсат, охлажденный таким способом, снова подается в зону помола песка. Максимальное количество конденсата, которое возможно использовать, рассчитывается индивидуально. Далее, из-за щелочности конденсата, необходимо кон-



Рис. 10. При помощи двух отдельных дозирующих устройств (устройство измерения расхода вещества и регулировочный клапан) осуществляется точная дозировка (контроль пропорции) свежей воды и конденсата

тролировать процесс выдержки и созревания массивов.

Силикатный кирпич: дополнительный продукт к газобетону

Фирма «Маза ГмБХ» (бренд «Маза-Дорстенер») — Ваш компетентный партнер при изготовлении силикатных изделий. Многолетний опыт и присутствие на рынке гарантируют надежность и высокое качество оборудования.

Многие из наших клиентов размещают дополнительное производство силикатных изделий на одной площадке с газобетонным производством. Таким образом, производитель может предложить свою «строительную систе-

му», основанную на комбинации преимуществ обоих продуктов.

Разработка новых компонентов оборудования и дальнейшее развитие имеющихся технологий в тесном сотрудничестве с нашими постоянными клиентами ориентированы на возможность производства силикатных изделий, отвечающих самым актуальным требованиям рынка строительных материалов.

Технология прессования

Формование силикатных изделий в ходе технологического процесса осуществляется при помощи прессы. Известково-песчаная смесь поступает в формовочный ящик и уплотняется при помощи одного или двух штампов с регулируемой силой давления до желаемого размера изделий. Для достижения требуе-

Рис.11. Современный гидравлический пресс с двухсторонним уплотнением, тип HDP 800



мого результата важны степень уплотнения известково-песчаной смеси, интенсивность нарастания давления и его конечная величина. При применении мелкофракционных сырьевых материалов важно также и время выдержки при заданном давлении.

Фирма «Маза ГмбХ» располагает обширной линейкой гидравлических прессов с электронным управлением с односторонним или двухсторонним уплотнением, ориентированной на требования сырьевых материалов. Оптимальное регулирование процесса прессования благодаря возможности корректировки параметров уплотнения обеспечивает высокое качество производимых изделий.

Фирма «Маза» предлагает линейку прессов HDP 600 U, HDP 800 U, HDP 800, HDP 1200 Jumbo, которые обеспечивают экономически выгодное производство изделий различных размеров: от мелкоформатного силикатного кирпича до крупноформатных элементов (длина 1000 мм x высота 650 мм x толщина до 365 мм).

Прессы оснащены свободно программируемыми автоматами-укладчиками изделий, при помощи которых осуществляется перемещение изделий на запарочные тележки.

Прессы и установки фирмы «Маза» обеспечивают возможность производства изделий с геометрически точными размерами и из других материалов, например, с применением летучей золы.

От проектирования до ввода в эксплуатацию

При проектировании нового или модернизации существующего завода закладывается концепция будущего предприятия. В частности, модернизируются существующие старые заводы с целью соответствия актуальным задачам и требованиям местного рынка строительных материалов.

Оборудование, производимое фирмой «Маза ГмбХ»:

- оборудование для производства газобетонных изделий;
- оборудование для производства силикатного кирпича;
- камнеформовочные установки;
- бордюрные прессы;
- карусельные прессы.

Точное определение цели проекта и выбор фирмы «Маза» в качестве партнера для его реализации. Эти два фактора обуславливают экономическую рентабельность и успешность наших клиентов во многих странах мира даже в те дни, когда мировая экономика переживает сложный период.

Международные проекты фирмы «Маза»

Фирма «Маза ГмбХ» создает и реализует оборудование для производства строительных материалов по всему миру.

Фирма «Маза» является Вашим надежным партнером при реализации инвестиционных проектов и предлагает весь спектр услуг от консультации по возможностям модернизации и экономической оптимизации имеющегося оборудования до комплектной поставки новых заводов «под ключ».

Большое количество рекомендаций со всего мира от производителей газобетона, силикатного кирпича, мелкоштучных бетонных изделий и декоративных плит мощения свидетельствуют о том, что фирма «Маза» неукоснительно выполняет принятые ею обязательства.

«Маза ГмбХ»

Werk Porta Westfalica
Osterkamp 2
32457 Porta Westfalica
Deutschland

Tel.: +49 (0) 5731 680-0
Fax: +49 (0) 5731-680-183

info@masa-group.com
www.masa-group.com

Маза-Москва

123557, РФ, г. Москва,
Средний Тишинский пер., 28,
офис 220

Тел.: +7 (495) 232 51 27
Факс: +7 (495) 232 51 28

info@masa.ru
www.masa-group.com

ПРОИЗВОДСТВО АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА В РОССИИ. ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОСТЬ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Левченко В.Н., президент, Гринфельд Г.И., исполнительный директор Национальной Ассоциации производителей автоклавного газобетона России

I. История производства ячеистых бетонов в СССР

Производство ячеистых бетонов в СССР стало активно развиваться в 1930-е гг. В силу структурных особенностей становления советской экономики преимущество тогда отдавалось пенному способу поризации и естественному твердению бетона.

Производство автоклавных ячеистых бетонов, уже с газовой поризацией, в промышленных масштабах развернулось в 1950-е годы. К 1960-м годам производство автоклавных ячеистых бетонов стало самостоятельным растущим научным направлением, во многом опережающим европейские наработки в этой области. В 1960–70-е гг. разрабатывались и внедрялись технологии воздействия на растущий массив (вибрационная, затем ударная), позволяющие менее критично относиться к качеству сырья. Велись исследования зависимостей свойств бетонов от характеристик сырьевых компонентов, технологических режимов изготовления, составлялись корреляционные зависимости прочности от плотности, морозостойкости от плотности, состава и технологии производства.

К концу 1980-х гг. производство армированных изделий и мелких блоков в СССР составляло около 6 млн м³ в год. В 1989 г. средняя плотность бетона панелей наружных стен составляла 687 кг/м³, средняя плотность бетона мелких блоков — 643 кг/м³. В то же время в УралНИИИстромпроекте и в ЛенЗНИИЭПе были выполнены работы, позволившие начать опытно-промышленное производство армированных панелей из вариотропного газобетона со средней плотностью 350 кг/м³.

К этому времени в СССР из ячеистых бетонов было построено более 200 млн м² общей площади жилья, более 40 млн м² промышленных зданий, более 5 млн м² животноводческих комплексов и более 20 млн м² культурно-бытовых и общественных зданий [1].

При этом, несмотря на высокий уровень отечественных научных разработок, ориентиром для советской промышленности служили западноевропейские достижения (в т.ч. сни-

жение плотности панелей и блоков вплоть до 300 кг/м³), основанные, в первую очередь, на стабильном сырье и оборудовании, обеспечивающем высокую однородность материала.

II. Программа развития производства автоклавного газобетона

В 1987 г., с принятием очередной жилищной программы СССР, основным средством ее реализации стала научно-производственно-техническая программа «Система эффективного строительства жилых и общественных зданий из ячеистых бетонов», утвержденная постановлением Госстроя № 157 от 09.08.87 г. и сформированная из 6 подпрограмм:

- организация массового производства комплектных изделий для жилищного и общественного строительства из ячеистых бетонов на базе новейших технологий;
- организация изготовления комплектного оборудования для заводов нового поколения по производству ячеистых бетонов мощностью 150-200 тыс. м³ в год;
- развитие мощностей по производству извести для полного удовлетворения потребности выпуска ячеистых бетонов;
- система эффективных проектных решений жилых домов и объектов социальной сферы, образующих градостроительные комплексы из ячеистых бетонов;
- разработка комплексных проектно-технологических решений зданий и их элементов из ячеистого бетона;
- экспериментальное и головное проектирование и строительство градостроительных комплексов из ячеистых бетонов.

Принятая программа предполагала строительство около 250 новых заводов автоклавного ячеистого бетона с доведением его общего выпуска к 1995 году до 40-45 млн м³ в год.

Планы предусматривали не только механическое наращивание объемов выпуска автоклавных бетонов. Важной задачей было объявлено снижение средней плотности выпускаемой в стране продукции: «При снижении объемной

массы ячеистого бетона можно минимизировать толщину стен и снизить расход материала на 1 м² общей площади, что эквивалентно росту производства материала. Так, снижением плотности с 600 кг/м³ до 300 кг/м³ толщину стены можно уменьшить вдвое, а расход материалов — в 4 раза», «Таким образом, 7-кратное увеличение производства ячеистых бетонов в нашей стране следует сопровождать двукратным снижением их объемной массы...» [1].

III. Новейшая история автоклавного газобетона в России

Действительность, однако, в силу особенностей советской экономики и динамики мировых цен на энергоносители не дала реализоваться столь амбициозным планам. Плановый рост производства автоклавных армированных изделий и мелких блоков с 6 до 40 млн м³ обернулся падением до уровня 3,5 млн м³ (из них в России около 2 млн м³).

Советские инвестиционные программы обладали некоторой инерцией. Так, закупленное в конце 80-х с правом копирования оборудование фирмы Ytong было смонтировано в Самаре уже в постсоветское время, и ОАО «Коттедж» начал выпуск блоков из автоклавного бетона в 1995 г. Оборудование было скопировано в Набережных Челнах и им (в упрощенном исполнении) был оснащен набережно-челнинский «Завод ячеистых бетонов».

Практически параллельно с монтажом закупленного Ytong в рамках программы вывода советских войск из Германии на пространстве бывшего СССР было построено несколько заводов по выпуску изделий из автоклавного газобетона на оборудовании фирмы Hebel (завод в Липецке, 211 КЖБИ МО РФ в г. Сертолово

под Санкт-Петербургом, комбинат «Забудова» в п. Чисть в Беларуси). В то же время был запущен завод «Сибит» на оборудовании Ytong.

Заводы на импортном оборудовании, запущенные в 1994-97 гг., обеспечили появление на российском строительном рынке более 0,5 млн м³ газобетонных блоков с высокой точностью геометрических размеров, позволяющей вести кладку на тонкослойных клеевых растворах. Продукция этих заводов, ставшая действительно «газобетоном нового поколения», существенно повлияла на конструктивные решения жилых и офисных зданий с монолитным каркасом, старт коммерческого строительства которых пришелся как раз на конец девяностых.

До конца 1998 г. инвестиционный климат в России не способствовал притоку сравнительно крупных частных капиталов в производство строительных материалов. Такая ситуация породила появление и бурное развитие маленьких местных производителей неавтоклавного ячеистого бетона. Во многих регионах России понятие «пеноблок» прочно вошло в обиход и стало синонимом понятия «ячеистый бетон», что тактически было вполне обоснованно по причине практически полного отсутствия стеновых камней из автоклавного ячеистого бетона.

Изменения инвестиционного климата после 1998 г. и последовавший рост спроса и цен на жилье, а также общий рост объемов строительства привели к постепенному увеличению объемов инвестиций в промышленность строительных материалов, что повлекло за собой расширение производства автоклавного газобетона (табл. 1 и рис. 1).

Рис. 1. Ввод новых мощностей по производству АЯБ в России, тыс. куб. м

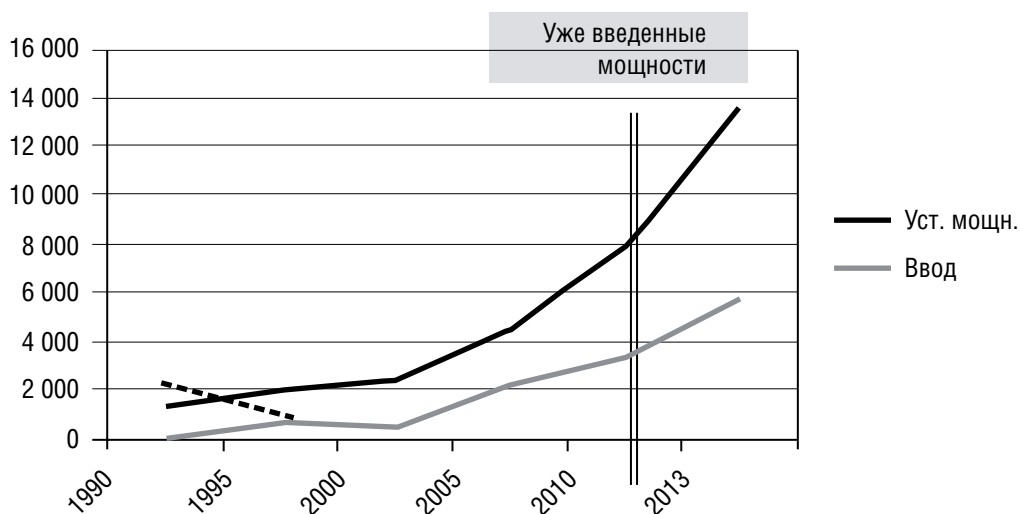


Таблица 1. Установленные мощности заводов АЯБ в России

Год	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2013*
Установленные мощности, тыс. м ³ в год	1291	1928	2348	4508	7850	10050	13575
Прирост за период, тыс. м ³	0	637	420	2160	3342		5725

* данные на 2013 г. приведены по объявленным планам и заключенным контрактам на поставку оборудования

IV. Нормативные требования к АЯБ и их нормативные эксплуатационные характеристики

Если к концу 80-х кладка на клею (тонкослойном растворе — thin layer mortar, TLM) представлялась чем-то перспективным, прописывалась в проектах, но в реальной жизни практически отсутствовала, то к концу 90-х на строительных объектах Москвы, Петербурга, Новосибирска и ряда других городов кладка газобетонных блоков на клей стала принимать характер нормы.

В это время возвращается в повестку дня вопрос о нормативных характеристиках конструкций из ячеистых бетонов. Появляется ряд публикаций о фактическом значении равновесной влажности ячеистых бетонов в конструкциях наружных ограждений на уровне 4-6 % [2], этот же вопрос по инициативе НИИЖБа обсуждается в Госстрое, где принимается компромиссное решение о возможности выдачи разъяснительных писем о расчетных значениях влажности и коэффициентов теплопроводности, предоставляемых по запросам конкретных заводов. В 2001 г. появляется научно-технический отчет «Определение теплотехнических характеристик ячеистого бетона», выполненный НИИСФ РААСН по заказу центра «Поликварт».

Тогда же на основании отдельных испытаний НИИЖБа включаются в разряд конструкционно-теплоизоляционных бетоны марок по средней плотности D350 и D400, хотя разъяснительные письма выдаются с указанием конкретных производителей. Работа по уточнению расчетных характеристик автоклавных ячеистых бетонов носит в начале 2000-х гг. характер отдельных НИР по заказу и при финансировании конкретных заводов или их торговых представителей. В силу такого характера финансирования научно-исследовательская работа служит инструментом получения конкурентных преимуществ и не ведет к формированию изменений в общей нормативной базе. Именно возможность получать финансирование за механическое повторение уже проделанных испытаний и исследований исключает головные институты, ответственные за нормирование расчетных ха-

рактеристик материалов, из числа заинтересованных в обновлении нормативов.

Такое положение дел сохраняется с 1998 по 2005 г. Однако продолжающийся ввод в строй новых заводов приводит к качественному изменению ситуации. «Теплит», «ЭКО», «Аэрок», «Сибит» и ряд ранее запущенных заводов инициируют включение в план работы ТК465 «Строительство» программы по пересмотру ГОСТ 25485-89 и 21520-89 в части автоклавных ячеистых бетонов. Головной организацией, ответственной за координацию работ по пересмотру, становится разработчик пересматриваемых стандартов НИИЖБ им. Гвоздева [3].

Полтора года работы над стандартами привели к выходу в свет ГОСТ 31359-2007 «Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия» и ГОСТ 31360-2007 «Изделия стеновые неармированные из бетонов ячеистых автоклавного твердения. Технические условия», которые были приняты на заседании Межгосударственной научно-технической комиссии по стандартизации, техническому нормированию и стандартизации в строительстве (протокол № 32 от 21 ноября 2007 г.) и введены в действие на территории России в качестве национальных стандартов приказами №№ 109-ст и 110-ст от 21 мая 2008 г. Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.

В принятых стандартах были устранены ограничения, введенные по принципу «от достигнутого», упорядочены разграничения бетонов по видам, табличные требования заменены параметрическими рядами, произведена унификация требований к материалам и определен исчерпывающий перечень показателей качества бетонов и изделий из них [4]. С момента опубликования этих стандартов производство и применение автоклавного газобетона в России было окончательно узаконено.

V. Национальная Ассоциация производителей автоклавного газобетона

Консолидация усилий специалистов нескольких предприятий поспособствовала логическому развитию простой кооперации

в создание некоммерческого партнерства «Национальная Ассоциация производителей автоклавного газобетона», которое в настоящий момент объединяет четырнадцать производственных структур с суммарной производительностью более 4,5 млн м³ в год, что составляет более 40 % от общего объема установленных мощностей по производству АЯБ в России [5].

Работа Ассоциации НАОГ, начатая в нормотворческом русле, во многом сохраняет свою направленность на оптимизацию нормативного поля для более рационального применения автоклавного газобетона. В 2009 г. было принято решение о создании норматива, облегчающего проектирование конструкций с применением АЯБ. Но попытки заказать разработку такого документа, поручив всю работу единственному генеральному подрядчику, не привели к желаемому результату. В первую очередь, это произошло по причине окончательного разрушения отделов нормирования в бывших отраслевых НИИ и созданных на их базе самостоятельных структурах. Поэтому окончание работы над нормативом по применению газобетона, которое планировалось на осень 2010 г., теперь ожидается к концу нынешнего. Функции генподрядчика и координатора работ по разработке единого документа взял на себя Научно-технический совет Ассоциации, а разработка отдельных разделов норматива поручается различным учреждениям высшей школы, в которые на фоне упадка отраслевых научных учреждений переместился пульс научной жизни страны.

Помимо нормотворчества Ассоциация ведет просветительскую деятельность и способствует обмену опытом между предприятиями в вопросах производства, стратегии взаимодействия с поставщиками и практики применения готовой продукции. Отдельным пунктом следует обозначить взаимодействие с федеральными и региональными органами,

отвечающими за техническую политику государства в области нормирования, строительства и энергетики.

VI. Сегодняшний день и перспективы

В настоящий момент в России действуют почти 60 заводов по производству автоклавного газобетона; строится и готовится к запуску 14 заводов; суммарная установленная мощность всех предприятий составляет более 10 млн м³ в год. Суммарная, с учетом заявленной к пуску, мощность к 2013 г. может составить до 14 млн м³.

В настоящий момент уже около 90 % газобетона в России производится на современном оборудовании, позволяющем обеспечивать высокую точность геометрических размеров и добиваться высокой прочности при низких значениях средней плотности.

Перспективы производства автоклавного газобетона в России тесно связаны с общими тенденциями экономического развития нашей страны и с направлением развития структуры ЖКХ и тарифной политики в области энергетики. Доля применения газобетона в строительстве в последнее десятилетие неуклонно росла, поскольку он является объективно самым дешевым стеновым материалом.

Но удельное применение газобетона сильно различается по регионам. Так, в Санкт-Петербурге расходуется около 0,2 м³ газобетона на 1 м² вводимого жилья, а, скажем, в отдельных областях центрального Нечерноземья — менее 0,05 м³. Причиной тому — строительные традиции, неравномерное распределение производственных мощностей и незаконченность работы по актуализации нормативной базы, регулирующей применение автоклавного газобетона.

Таким образом, потенциал для роста потребления газобетона в России достаточно велик.

Список использованных источников

1. Малоэтажные дома из ячеистых бетонов. Каталог/Госкомархитектуры. ЛенЗНИИЭП. Л., 1989.

2. Семченков А.С., Ухова Т.А., Сахаров Г.П. О корректировке равновесной влажности и теплопроводности ячеистого бетона // *Строительные материалы*. 2006. — № 6. — С. 7–12.

3. Ухова Т.А., Паплавский Я.М., Гринфельд Г.И., Вишневецкий А.А. Разработка межгосударственных стандартов взамен ГОСТ 21520-89 и ГОСТ 25485-89 в части ячеистых бе-

тонов автоклавного твердения // *Строительные материалы*. 2007. — № 4. — С. 2-4.

4. Гринфельд Г. Нормативные ограничения, накладываемые на продукцию из ячеистых бетонов, в свете закона «О техническом регулировании» // *Популярное бетоноведение*. 2007. — №2 (16). — С. 19–20.

5. Национальная Ассоциация производителей автоклавного газобетона. Официальный сайт. [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: <http://www.gazobeton.org/node/3>. (Дата обращения: 11.2011).

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ МАССОВОГО ПРИМЕНЕНИЯ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ УКРАИНЫ

Сиротин О.В., исполнительный директор Всеукраинской ассоциации автоклавного газобетона (ВААГ) (г. Киев, Украина)

За последние несколько лет в Украине наметились кардинальные перемены в области применения стеновых материалов как в малоэтажном, так и многоэтажном строительстве. Прочный, но тяжелый и холодный рядовой кирпич во многих проектах стал замещаться крупноформатными высокоточными блоками из конструкционно-теплоизоляционного ячеистого бетона автоклавного твердения объемным весом D300-D500.

Во-первых — это заслуга новых предприятий, построенных на частных инвестициях, оснащенных современным оборудованием, позволяющих выпускать широкую линейку продукцию, не уступающую мировым аналогам. Это такие предприятия, как ООО «Аэрок» г. Киев, ООО «ЮДК» г. Днепропетровск, ООО «Ориентир-Будэлемент» г. Бровары и «ЗСМ №1» г. Новая Каховка. Для объединения общих усилий в дальнейшей популяризации своей продукции они создали в 2010 г. Всеукраинскую ассоциацию производителей автоклавного газобетона (ВААГ). Всего же в Украине 12 действующих и 2 законсервированных предприятия различной мощности по производству автоклавного газобетона. Из них 4 — новые предприятия с зарубежным оборудованием, 2 — новые предприятия с отечественным оборудованием, 3 — модернизированные зарубежным современным оборудованием, остальные оснащены советским оборудованием.

Во-вторых — это высокие и стабильные потребительские свойства изделий из автоклавного газобетона, стеновые конструкции из которого удовлетворяют современным требованиям прочности, долговечности, теплоизоляции, надежности, морозостойкости, огнестойкости, экологичности, шумоизоляции и т.д.

Газобетон представляет собой минеральный материал, полученный путем автоклавной обработки поризованного сырца-массива, состоящего из кварцевого песка, цемента, извести, гипса, затворенных водой. Минеральная структура предопределяет его долговечность 100-150 лет при условии правильного строительства и эксплуатации зданий.

Газобетонные блоки, которые выпускают предприятия ВААГ, имеют точные геометрические размеры с отклонением $\pm 1-2$ мм, систему «паз-гребень», монтажные захваты, низкий объемный вес 300-500 кг/м³, прочность 2,5-4 Мпа,

достаточную для возведения несущих стен до 5 этажей включительно, морозостойкость 25-100 циклов, огнестойкость REI 150 и выше в зависимости от толщины конструкции.

Широкий ассортимент типоразмеров стеновых и перегородочных блоков, U-блоков, брусковых армированных перемычек позволяет комплексно решать практически любую компоновочную схему здания по наружных и внутренним стенам, в т. ч. и перегородкам. Именно этот фактор стал предопределяющим при выборе стеновых материалов среди потенциальных покупателей от частного застройщика до крупных строительных компаний и склонил чашу весов в пользу газобетона. Современный газобетон — это высококачественный товар, который, по сути, стал продавать сам себя.

В-третьих, на сегодняшний день в Украине стеновые блоки из газобетона низкой плотностью — единственный каменный материал, позволяющий возводить однослойные ограждающие конструкции с требуемыми нормами по термическому сопротивлению теплопередаче для всех температурных районов Украины. Теплопроводность кладки из газобетонных блоков на клею с толщиной шва 2-3 мм в 6-7 раз ниже теплопроводности кирпичной кладки на растворе. Крупный формат высокоточных блоков позволяет снизить трудоемкость процесса кладки в 2-2,5 раза в сравнении с кирпичной. При этом получается практически ровная плоскость поверхности стены. При минимальных затратах по наружной и внутренней отделках стоимость квадратного метра такой конструкции получается дешевле, а сроки возведения значительно меньше в сравнении с альтернативными многослойными вариантами.

Преимуществом зданий с однослойными стенами из газобетона является и то, что не обязательно сразу вкладывать деньги в их наружную отделку. Достаточно сделать вну-

треннюю отделку и эксплуатировать жилище, получив при этом комфортное проживание с точки зрения санитарно-гигиенических норм. Таким образом застройщик может растянуть во времени капитальные инвестиции при строительстве, что недопустимо при утеплении стен синтетическими материалами. Это очень актуально в условиях невысокой покупательной способности населения.

В-четвертых, благодаря усилиям ВААГ и грамотной маркетинговой политике каждого отдельного предприятия начали заполняться пробелы как действующей строительной нормативной базы Украины, так и осведомленности населения, проектировщиков, инженерно-технического состава строительных компаний в вопросах применения газобетона.

Логическим итогом действия этих факторов стал почти 30-процентный рост продаж в 2011 г. в сравнении с предыдущим 2010 г. (табл. 1 и 2).

Таблица 1.

Итоги продаж газобетона 2009-2011 гг. и прогноз на текущий год	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г. (прогноз)
Тыс. куб. м	800	1300	1800	2200
USD млн	40	78	138	170

Таблица 2. Структура рынка по предприятиям-изготовителям, тыс. куб. м

Предприятие	2010 г.	2011 г.
Аэрок	400	500
Ориентир-Будэлемент	180	300
ЮДК	240	300
ЗСМ №1	300	350
Другие	180	350

Национальные производители автоклавного газобетона — члены ВААГ — смогли не только нарастить объемы производства, но и выйти на вполне рентабельные нормы своих продаж. Это позволило аккумулировать необходимые средства для наращивания объемов производства в сезоне 2012 г., что вполне разумно на фоне оптимистических ожиданий увеличения спроса на продукцию.

Предпосылки роста объемов применения газобетона в Украине есть и они достаточно серьезные.

Во-первых, основной потенциал для увеличения сбыта — частные застройщики, которые планируют строить дома из силикатного, керамического кирпича, керамзитобетонных блоков,

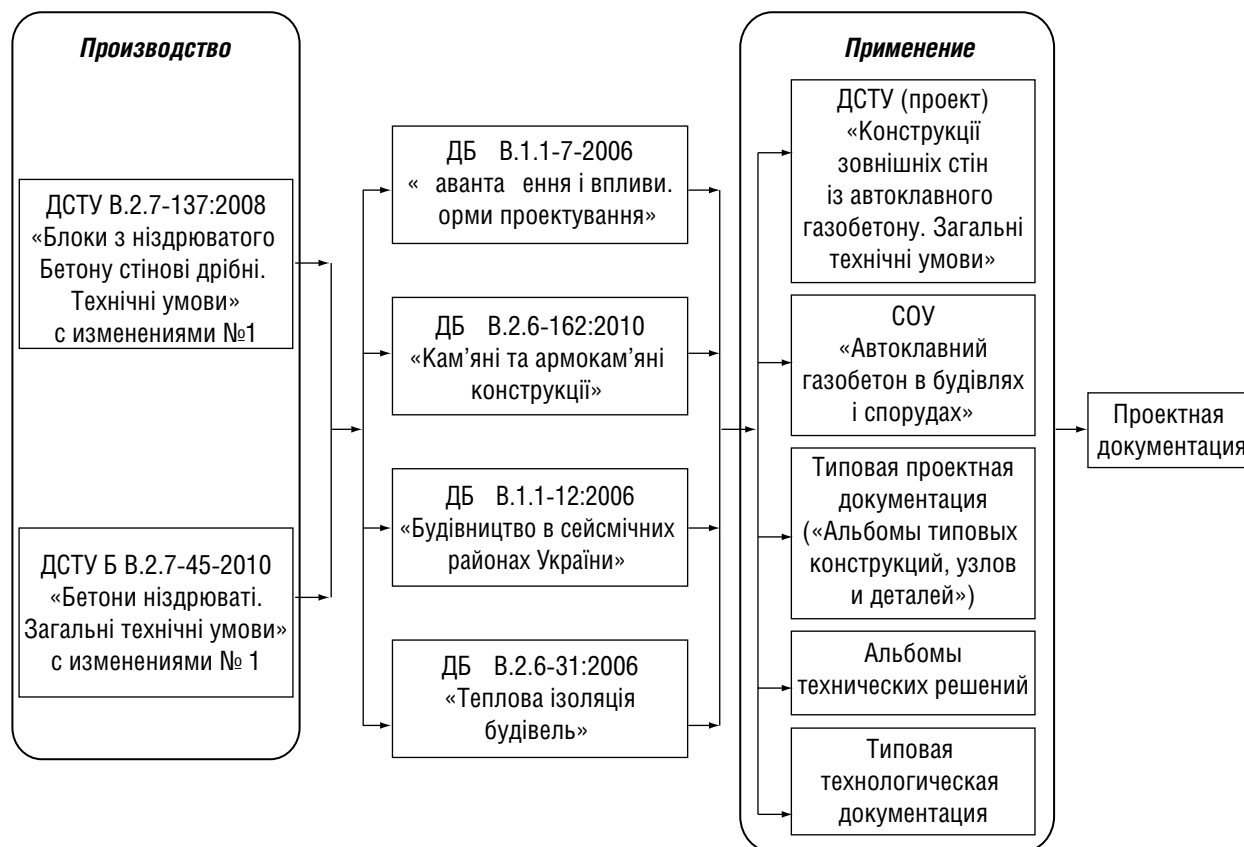
шлакоблоков, пиленного известняка (ракушняка) и т.д. Правильно расставленные акценты в маркетинговой политике производителей позволят в существенной мере заместить эти материалы на конструкционно-теплоизоляционный газобетон. На сегодняшний день в Украине уже построены сотни коттеджей с использованием однослойных стен из газоблоков на клеевом составе. Отработаны практически все решения комплексного применения всего ассортимента изделий в наружных и внутренних стенах. Материал очень пластичен в обработке и позволяет воплощать в жизнь практически все архитектурные замыслы проектировщика. Зарубежный и отечественный опыт применения систематизирован в Пособиях по проектированию стен, которые разработаны как отдельными предприятиями, так и самой Ассоциацией производителей.

Во-вторых, изношенность коммунального фонда, низкая теплоизоляция зданий, построенных в советские времена, большое количество желающих улучшить свои жилищные условия проживания, концентрированность основной части трудоспособного населения в крупных промышленных городах с дефицитом свободной для застройки земли — все это будет способствовать увеличению объемов многоэтажного строительства. И здесь тоже есть немалый потенциал применения автоклавного газобетона как основного стенового материала при заполнении каркасных домов. Накопленный за последние несколько лет опыт применения высокоточных блоков в качестве однослойных и многослойных наружных стен каркасных зданий позволил наработать ряд технических решений и конструктивных узлов, повышающих долговечность и надежность эксплуатации фасадов таких зданий.

В-третьих, в последнее время активизировалось строительство в агропромышленном комплексе Украины. А ведь изначально в СССР ячеистый бетон был позиционирован как местный строительный материал сельскохозяйственного назначения. Поэтому технологии применения газобетона нового поколения пришлось как нельзя кстати при строительстве современных свинокомплексов, птицефабрик, коровников и обслуживающей инфраструктуры. Как пример, строительство новой птицефабрики ТМ «Наша рыба» в г. Ладыжин Винницкой обл.

В-четвертых, стеновые блоки из автоклавного газобетона незаменимы при строительстве огнезащитных конструкций в зданиях с повышенными требованиями к огнестойкости — аэропорты, ТРЦ, кинотеатры, логистические центры, складские помещения и т.д. Все 3 новых терминала аэропортов городах Харьков, Борисполь и Львов построены с применением автоклавного газобетона в качестве ограждающих конструк-

Нормативная, расчетно-методическая и технологическая документация для производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения в строительстве Украины



ций. Благодаря низкому объемному весу газобетонные стены более предпочтительны с точки зрения надежности в сравнении с тяжелым кирпичем в сейсмоопасных районах страны.

В-пятых, применение стеновых блоков из газобетона низкой плотности очень перспективно в строительстве энергопассивных домов, которые набирают популярность не только в Европе, но и в Украине. Например, стена из газобетона D300 толщиной 500 мм обеспечивает приведенное сопротивление теплопередаче $R \geq 5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Общепринятая толщина стены в 400 мм из газобетона D400-500 нуждается лишь в разумной толщине эффективного утеплителя 120-150 мм против 250-300 мм в случае кирпичной кладки, чтобы обеспечить стандарты теплоизоляции стен энергопассивных домов.

Основным фактором, сдерживающим применение автоклавного газобетона в строительстве Украины, является отсутствие либо устаревшая нормативная, расчетно-методическая и технологическая документация по применению автоклавного ячеистого бетона.

Как следствие этого, многие проектные и строительные организации до сих пор не рискуют применять газобетон, особенно в много-

этажном строительстве, отдавая предпочтение традиционным стеновым материалам. В связи с этим ВААГ по результатам различных совещаний, «круглых столов» с отечественными специалистами заказала базовым институтам Минрегионстроя Украины внесение изменений в существующие стандарты, а также разработку новых нормативных документов.

Были разработаны (генподрядчик — НИИСМИ) и одобрены Министерством изменения в DSTU B V.2.7-45:2010 и DSTU B V.2.7-137:2008. Они позволяют стимулировать производителей к выпуску продукции со стабильными характеристиками по прочности, открыть «дорогу» в применении конструкционно-теплоизоляционного газобетона с плотностью D300 и имеющего $\lambda_{\text{б}} \leq 0,1 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ в качестве несущих и самонесущих стен.

Заказан DSTU «Конструкції зовнішніх стін із автоклавного газобетону. Загальні технічні умови» (генподрядчик — НИИСК, субподрядчик — НИИСП), который формулирует требования к наружным стенам из газобетона, их наружной и внутренней отделке и содержит методики теплотехнического и прочностного расчетов с учетом типа кладки (клей или раствор). В раз-

вите этого ДСТУ ВААГ заказала разработку СОУ «Автоклавный газобетон в будівлях і спорудах» (генподрядчик — НИИСП), который максимально облегчит для проектировщиков задачу расчета стен, в т.ч. и с применением САПР.

В дополнение к этому при участии ВААГ разработаны Альбомы-пособия по проектированию стен из автоклавного газобетона в многоэтажном (генподрядчик — НИИСП) и малоэтажном строительстве (генподрядчик — Укрграждансельстрой). Они содержат чертежи технических решений отдельных узлов и конструкций в однослойном и многослойном исполнении стен из газобетона с различными вариантами облицовки.

По нашему мнению, такой пакет нормативной документации сделает газобетон автоклавного твердения привлекательным в плане потенциального использования на этапе проектирования зданий и сооружений, позволит избежать ошибок при проектировании и строительстве.

К проблемам применения современного газобетона можно отнести мифы и стереотипы, которые сложились на строительном рынке, в т.ч. и по вине некачественной продукции, выпущенной на устаревшем оборудовании, а также подмены понятий «газобетон» и «пенобетон» ввиду некоторой схожести этих материалов.

Это разные, особенно с учетом временного фактора, материалы по своим физико-механическим характеристикам. По данной проблематике ведется планомерная и целенаправленная разъяснительная работа техническими специалистами компаний-производителей в виде консультаций, презентаций, семинаров для всех категорий покупателей.

Одним из мифов является распространенное мнение о якобы низкой экологичности газобетона. Как показывают испытания продукции по радиологии, эффективная удельная активность природных радионуклидов в разных образцах различных производителей может колебаться в диапазоне 20-60 Бк/кг при максимальной норме для 1 класса использования 370 Бк/кг. В порах газобетона содержится обыкновенный воздух, а не ядовитый газ, как это иногда принято считать на бытовательском уровне. В готовом материале присутствуют в незначительном количестве лишь оксиды алюминия, но они химически стойки и безвредны для человеческого организма. Высокую экологичность газобетона подтверждает и факт выдачи сертификата международного образца об экологической безопасности продукции компании ООО «Аэрок».

Из глобальных рисков вероятности уменьшения спроса в среднесрочной перспективе — демографический кризис в стране, низкий экономический уровень развития и, как следствие, низкая платежеспособность населения, отсутствие приемлемой для граждан ипотечной политики коммерческих банков, недостаточное стимулирование строительной отрасли со стороны государства.

В целом, независимые эксперты и производители позитивно оценивают перспективы применения автоклавного газобетона в строительной отрасли Украины как очень высокие. В ближайшем будущем ему нет достойной альтернативы, которая смогла бы изменить ситуацию и тренд на рынке.

РАЗВИТИЕ ПРОИЗВОДСТВА И ПОВЫШЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ СВОЙСТВ АВТОКЛАВНОГО ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА И ИЗДЕЛИЙ НА ЕГО ОСНОВЕ

Сахаров Г.П., доктор технических наук, профессор МГСУ (г. Москва, Российская Федерация)

Большое внимание, уделяемое ячеистым бетонам, обуславливается высокой технико-экономической эффективностью их производства и применения в разных видах строительства, особенно жилищном, призванном обеспечить граждан России доступным и комфортным жильем. По степени его обеспеченности Россия в 1,5-2 и более раз отстает от среднеевропейского уровня (35-40 м²/чел), не говоря о лидерах по этому показателю: Норвегия (74), США (65), Германия, Великобритания (44-45) м²/чел. Чтобы выйти на европейский уровень, имеющийся жилой фонд (3177 млн м²), как считает Минрегионразвития РФ, необходимо увеличить в 1,6-2 раза. Ежегодный ввод жилья при этом должен составлять не менее 1 м² на душу населения, при котором европейский уровень обеспеченности жильем может быть достигнут в России к 2025 г.

Таблица 1. Приведенные объемы выпуска ячеистого бетона по годам, млн м³

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
8.4	9.6	10.6	11.4	12.3	13.4	14.9	16.4	18.1	20.4	22.3
60*	60.5*	61*	61.5*	62*	62.5*	63*	63.5*	64*	64.5*	65*

* проценты от общего объема выпуска стеновых материалов

Значительное место в решении этой жилищной программы отводится ячеистому бетону, так же, как и в 1987 г. в СССР, когда предполагалось построить 250 заводов нового поколения мощностью 150-200 тыс. м³ в год с доведением общего объема их выпуска к 1995 г. до 40-45 млн м³ в год. Намечалось одновременно снизить среднюю плотность ячеистого бетона, что позволяло увеличить производительность существующих заводов. Программа эта оказалась невыполненной [2], так же, как и программа «Жилище» на 2002-2010 гг. из-за кризисных 2008-2009 гг.

Основные задачи и условия реализации нынешней программы жилищного строительства изложены в ФЦ программе «Жилище» на 2011-2015 гг., утвержденной постановлением Правительства РФ от 17.12.2010 г. №1050; «Стратегии развития промышленности строительных материалов и индустриального домостроения на период до 2020 года», одобренной Правительством РФ и утвержденной приказом Минрегионразвития РФ от 30.05.2011 г. № 262, а также «Долгосрочной стратегии массового строительства жилья для всех категорий граждан РФ на период до 2025 года», разработанной тем же министерством по поручению президента РФ от 28.04.2007 г., № Пр.-713.

Приоритетным направлением программы «Жилище» и указанных Стратегий признано развитие массового строительства жилья эконом-класса малоэтажной застройки, льготной ипотеки и продвижение передовых, энергосберегающих и экологических материалов и технологий в строительстве с целью обеспечения граждан доступным и качественным жильем в соответствии с платежеспособным спросом. Предусматривается существенное расширение, модернизация и индустриализация производственной базы строительных материалов и конструкций во всех регионах РФ.

Объемы потребления строительных материалов и конструкций в Стратегии определены исходя из динамики их душевого потребления по годам, помноженного на численность населения страны (≈141 млн чел.). Таким образом определен общий расход стеновых материалов в млрд шт. условного кирпича с выделением части его (полагаемой в виде мелких стеновых

блоков из ячеистого бетона средней плотности 400-600 кг/м³) на жилищное строительство. Исходя из соотношения, 1 м³ яч. б. = 1000 шт. усл. к., в таблице 1 приведены объемы выпуска ячеистого бетона по годам.

Приведенные в таблице данные (с учетом объемов выпуска неавтоклавно ячеистого бетона) близки к приведенным в источниках [1, 2, 3]. Доля их в качестве индикаторов внедрения энергоэффективных видов строительных материалов, как указано в Стратегии, возрастет к 2020 г. до 80 % от общего объема выпуска стеновых материалов.

Объем выпуска ячеистого бетона 13,4 млн м³ в 2015 г. составит (исходя из расчета 0,41 м³/м²) около 32,7 млн м² общей площади или 36,3 % от планируемого ввода жилья в 2015 г. (90 млн м²). Соответственно, в 2020 г., при планируемом объеме выпуска ячеистого бетона 22,3 млн м³, может быть введено около 54,4 млн м² общей площади или 38 % от планируемого объема ввода жилья в 2020 г. (142 млн м²), что близко к среднеевропейскому уровню применения ячеистого бетона в жилищном строительстве.

В России работают 59 заводов автоклавного ячеистого бетона разной мощности и более 21 готовятся к запуску. Если мощность всех заводов в среднем принять 200 тыс. м³/год, их общая производительность составит около 16 млн м³, а с учетом 8 млн м³ изделий из неавтоклавно ячеистого бетона, объем производства достигнет 24 млн м³/год, что согласуется с данными [1, 2, 3] и составит около 58 млн м² общей площади или 41 % от планируемой к вводу в 2020 г. Остальные 60-64 % жилья предполагается ввести за счет наращивания объемов выпуска ячеистых бетонов и использования других материалов и технологий.

В Беларуси объем производства автоклавных ячеистых бетонов намечено довести до 4 млн м³ в год не только в виде стеновых блоков, но и особенно армированных составных стеновых панелей, плит перекрытий и покрытий, что обеспечит ускоренный ввод жилья к 2015 г. до 10 млн м² и достижение европейского уровня вводимого жилья — 1 м²/чел. Действительность, однако, может внести коррективы в сроки достижения этих показателей, но тенденция наращивания производства и применения автоклавного ячеистого

бетона в жилищном строительстве наблюдается в Украине, странах СНГ и многих зарубежных.

Однако по показателям потребления его на 1000 жителей и на 1 м² вводимой площади страны значительно различаются. Эти показатели зависят от уровня производства и качества ячеистых бетонов, проектных решений, типа зданий и численности населения. Самые большие из них наблюдаются в Западной Европе, Польше, Беларуси, меньшие — в России и Украине, что говорит о большой емкости рынка последних и целесообразности расширения производства ячеистых бетонов, учитывая их большую востребованность.

Насыщенность рынков сбыта и перепроизводство могут снизить спрос на автоклавные ячеистые бетоны, учитывая повышенную энергоемкость их производства и рост цен на энергоносители. Вносят свою лепту в это противоречие совершенствование нормативных методов расчета и оценки энергоэффективности зданий, как это проявилось, например, при обсуждении актуализированной редакции СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», которая вызвала большую обеспокоенность производителей минераловатных и полимерных теплоизоляционных материалов в связи с возможной потерей рынков сбыта продукции и сокращением производства [4, 5].

Для расширения производства и применения автоклавных ячеистых бетонов в жилищном и других видах строительства, необходимо повысить их энергоэффективность, снизить стоимость и улучшить конструктивные свойства, особенно армированных изделий. Реальные пути и возможности для этого имеются. Основными из них, представляется, могут стать следующие.

- Снижение средней плотности конструктивно-теплоизоляционного ячеистого бетона до 300-350 кг/м³ при классе бетона по прочности на сжатие не ниже В1,5 и конструктивно — не ниже В3,5 при средней плотности не менее 700 кг/м³ (согласно ГОСТ 31359-2007), что позволит снизить энергозатраты, уменьшить расход ячеистого бетона на квадратный метр площади дома и увеличить производительность заводов.
- Нейтрализация негативного влияния отклонений параметров сырьевых материалов и технологических операций, превышающих допустимые пределы, на технологию и свойства ячеистого бетона. Достигается поддержанием в программно-управляемом технологическом процессе установленного оптимального соотношения основных компонентов бетонной смеси и технологических параметров, обеспечивающих формирование в условиях автоклавной обработки заданной структуры гидросиликатов и гидроалюмосиликатов каль-

ция, стабильных и повышенных качественных показателей ячеистого бетона [6, 7].

- Регулирование удельной поверхности кремнеземистого компонента (песка) исходя из соответствия среднего размера его частиц средней толщине стенки газо-воздушных пор ячеистого бетона разной средней плотности. Уменьшение удельной поверхности песка, обусловленное таким соответствием, не ухудшает качественных показателей ячеистого бетона, но сокращает время и расход электроэнергии на помол и повышает эффективность активационных процессов, приобретающих в этом случае актуальное значение. Эффект механоактивации непропорционален приросту удельной поверхности и связан с необратимыми деформациями, происходящими при разрушении материала [8, 9, 10]. Учитывая сравнительно небольшой активационный эффект от увеличения удельной поверхности измельчаемых частиц песка при мокром помоле в шаровых мельницах, целесообразно для увеличения аккумулируемой измельчаемыми частицами механической энергии вести помол песка в струйных или вибрационных мельницах в сухом состоянии в оптимальном режиме измельчения и оперативного использования (во избежание потери активности), обеспечивающими устойчивый и повышенный прирост прочности ячеистого бетона. На кристаллическом кварце прочность автоклавных материалов всегда выше, чем на аморфном кремнеземе [11, 12].
- Дифференцированный подход к определению показателей однородности, прочности и других свойств ячеистого бетона по предприятиям исходя из достигнутого ими уровня качества продукции. Появляется возможность устанавливать и использовать в производстве не нормативно установленные значения коэффициентов вариации прочности и других свойств ячеистого бетона, а реальные для данного предприятия, что способствует снижению материалоемкости и стоимости товарной продукции, повышает ее конкурентоспособность [13, 14].
- Получение после автоклавной обработки самонапряженных армированных конструкций (перемычек, стеновых панелей, плит перекрытий и покрытий) из ячеистого бетона, изготовленных по вибрационной технологии на песке пониженной дисперсности. Эффект самонапряжения армированных ячеистобетонных конструкций обусловлен различием коэффициентов температурной деформации арматуры и ячеистого бетона, расширением кристаллического сростка под влиянием напряжений при фазовых превращениях, про-

являющихся в конце автоклавной обработки, а также малой усадкой и ползучестью виброгазобетона. Возникающие после автоклавной обработки растягивающие напряжения в арматуре, достигающие 280-300 МПа, из-за усадки и ползучести ячеистого бетона постепенно снижаются и стабилизируются через 1-1,5 года на уровне 150-250 МПа и более в зависимости от характера армирования, вида вяжущего, состава бетона, дисперсности заполнителей, В/Т и других факторов. Этот остаточный уровень напряжения в арматуре обеспечивает обжатие ячеистого бетона до 0,1-0,25 В (класса бетона) и оказывается достаточным для закрытия усадочных и технологических трещин. Подробные расчеты, экспериментальные исследования и производственный опыт изготовления самонапряженных армированных стеновых панелей и других изделий из автоклавного ячеистого бетона приведены в работах [15, 16, 17, 18].

Есть и другие меры по повышению эффективности автоклавных ячеистых бетонов, в частности, использование различных техногенных отходов в высокодисперсном состоянии, термостойких волокон, бесцементных вяжущих ВКВС, в т.ч. для неавтоклавного ячеистого бетона, исключать который из решения жилищной проблемы не следует.

Вопрос о развитии производства автоклавного ячеистого бетона и конструкций на его основе должен решаться с учетом мощностей и перспектив развития производства других строительных материалов изделий и конструкций. В России более 1200 предприятий по производству различных стеновых материалов, 900 предприятий сборных ж/б конструкций для всех видов строительства, в т.ч. более 200 домостроительных комбинатов, оснащенных современным оборудованием. Традиционно развивается деревянное домостроение из цельной древесины, панельное, каркасно-щитовое. Спрос на деревянные дома заводского изготовления по данным Минрегионразвития к 2020 г. возрастет в 4,8 раза [19, 20].

Производство строительных материалов на 85 % сосредоточено в центральной части России до Урала, а в Сибирь и Дальний Восток многие материалы приходится завозить. Разработанные Минрегиона развития Стратегии предусматривают приоритетное развитие в ближайшие годы современной материальной базы строительных материалов в этих регионах, в т.ч. заводов ячеистого бетона, что в сочетании с общей стратегией индустриального малоэтажного домостроения будет способствовать выполнению национальной жилищной программы «Гражданам России — доступное и комфортное жилье».

Список использованных источников

1. Левченко В.Н., Гринфельд Г.И. Производство автоклавного газобетона в России; перспективы развития подотрасли // *Строительные материалы*, 2011, № 9;
2. Ухова Т.А. Настоящее и будущее ячеистых бетонов в России // *Строительный журнал Вест Бетон*. 10. 03.2011.
3. Пинскер В.А. Состояние и проблемы производства и применения ячеистых бетонов / Сб. докладов Международной научно-практической конференции «Ячеистые бетоны в современном строительстве». Санкт-Петербург, 2004.
4. Гагарин В.Г. Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНиП «Тепловая защита зданий» // *Жилищное строительство*, 2011, № 8. — С. 2-6.
5. Третье обсуждение СНиП 23-03 «Тепловая защита зданий»: грани разумного // *Строительные материалы*, 2011, № 11. — С. 18-21.
6. Сахаров Г.П., Виноградов Б.Н., Батаев С.С. Совершенствование технологии и улучшение свойств ячеистого бетона на смешанном вяжущем // *Бетон и железобетон*, 1982. — № 11. — С. 8-9.
7. Лаповская С.Д., Сахаров Г.П. К вопросу стабилизации качества выпускаемой продукции на заводах автоклавных ячеистых бетонов // *Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. Науково-технічний збірник*, 2011р., Випуск 40 — С. 112-115.
8. Сахаров Г.П. О рациональной дисперсности песка для ячеистого бетона // *Строительные материалы*, 1978. — № 6. — С. 28-31.
9. Сулименко Л.М., Шалуненко Н.И., Урханова Л.А. Механохимическая активация вяжущих композиций // *Известия вузов. Строительство*, 1995. — № 11. — С. 63-68.
10. Евтушенко Е.И. Активационные процессы в технологии строительных материалов. — Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2003. — 209 с.
11. Авакумов Е.Г. Механические методы активации химических процессов. — Новосибирск. — 1986. — 256 с.
12. Боженов П.И. Технология автоклавных материалов. Л.: Стройиздат, Ленингр. отделение, 1978. — 368 с.
13. Рекомендации по статистическим методам контроля и оценки прочности бетона

с учетом его однородности по ГОСТ 18105 — 86 и ГОСТ Р 53231 — 2008;

14. Сиротин О.В. Всеукраинская ассоциация производителей автоклавного газобетона // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. Науково-технічний збірник, 2011р., Випуск 40 — С. 171-173.

15. Самонапряжение ячеистобетонных конструкций при автоклавной обработке / Сахаров Г.П., Скорииков Е.П., Салимгареев Ф.М., Федотов Б.Г. // Бетон и железобетон, 1992. — № 9. — С. 11-13.

16. Скорииков Е.П. Повышение трещиностойкости ячеистобетонных изделий в связи с технологическим самонапряжением и однородностью бетона. Дисс. канд. техн. наук. — М., 1994. — 158 с.

17. Сахаров Г.П., Скорииков Е.П. Предпосылки возникновения преднапряженного состояния конструкций из ячеистого бето-

на автоклавного твердения // Бетон и железобетон — пути развития. Научные труды 2-й Всесоюзной (Международной) конференции по бетону и железобетону (5 — 9). 09. 2005 г. М., Т 4. — С. 269-278.

18. Сахаров Г.П., Скорииков Е.П., Попов Б.К. Технологическое самонапряжение армированных изделий из поробетона / Бетон и железобетон — пути развития. Научные труды 2-й Всесоюзной (Международной) конференции по бетону и железобетону (5 — 9). 09.2005 г. М. Т 4. — С. 279-289.

19. Сахаров Г.П. Ячеистый бетон: новый этап развития // Технологии бетонов, 2006. — № 6. — С. 12-13.

20. Сахаров Г.П. Ячеистые бетоны в посткризисный период // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. Науково-технічний збірник, 2011 р., Випуск 40. — С. 161-165.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА В УКРАИНЕ

Захарченко П.В., канд. тех. наук, профессор, зав. кафедрой ТКД Киевского национального университета строительства и архитектуры; **Рудченко Д.Г.**, генеральный директор ООО «Аэрок» (г. Киев, Украина)

Строительная отрасль Украины медленно возвращается к своим докризисным объемам производства. Одним из наиболее значимых результатов стало перераспределение объемов производства стеновых материалов. Так, производство традиционного для Украины рядового керамического и силикатного кирпича снизилось почти на 50 %, производство лицевого керамического кирпича, клинкерного кирпича и керамических термоблоков практически осталось на докризисном уровне, а производство изделий из автоклавного газобетона выросло более чем на треть.

В 2009-2010 гг. закончено строительство новых и проведена модернизация существующих заводов по изготовлению ячеистого бетона общей производственной мощностью более 2 млн м³/год. Заводы оснащены высокопродуктивным импортным оборудованием фирм Hess AAC, Masa-Henke, Wehrhahn, Hoetten, Durox и др. [1]. Это предприятия:

- ООО «Аэрок», (г. Березань и г. Обухов, Киевская обл.);
- ООО «Ориентир-Будэлемент» (г. Бровары, Киевская обл.);
- ООО «ЮДК» (г. Днепропетровск);
- ООО «Завод строительных материалов №1» (Херсонская обл.);
- ЧП «Автокрафт» (Винницкая обл.);
- ЗЖБИ ОАО «Корпорация ХСМ» (г. Харьков).

Производство на указанных предприятиях организовано по литевой технологии. В то же время на предприятиях, построенных ранее, а это ОАО «Житомирский комбинат силикатных изделий», ОАО «Силикатобетон» (г. Сумы), Купянский силикатный завод (Харьковская обл.), ОАО «Экспериментальный завод ячеистобетонных изделий» (г. Белгород-Днестровский, Одесская обл.) используют в производстве виброударную и ударную технологии и резательные комплексы «Универсал-60».

Суммарно украинские предприятия могут производить около 3 млн м³ изделий из автоклавного газобетона в год. В то же время, заморожено в ожидании увеличения спроса на этот материал строительство предприятий по производству изделий из газобетона фирмой

«Консоль» (Крым) и Черниговским комбинатом силикатных изделий.

Ассортимент продукции традиционных предприятий, работающих по виброударной технологии, в основном представлен мелкими стеновыми и перегородочными блоками, имеющими размеры $200 \times 300 \times 600$ мм и $100 \times 300 \times 600$ мм соответственно. В то же время линейка продукции новых предприятий значительно длиннее. Кроме вышеуказанной продукции выпускаются блоки со специальными карманами для захвата, системой «паз-гребень», U-блоки для перемычек и арматурных поясов, армированные перемычки из газобетона, а также специальная сухая клеящая смесь для тонкослойной кладки.

Каждая из приведенных технологий производства (литьевая, ударная) имеет свои достоинства и недостатки.

В случае производства ячеистобетонных изделий по вибрационной технологии реологические свойства смеси на стадии формирования (схватывания) массива корректируются с помощью динамического воздействия вибрации (удара). При этом возможно работать на жестких малопластичных смесях с низким В/Т. Вибрация, разрушая слабые коагуляционные связи, делает смесь пластичной и позволяет выделяющемуся газу вспучивать ее. На передовых предприятиях СССР и Украины этот процесс был отработан настолько, что позволял стабильно получать ячеистый бетон плотностью 600 кг/м^3 с малодефектной структурой, равномерной пористостью и плотной межпоровой перегородкой.

На стадии приготовления ячеистобетонной смеси отличие современной литьевой технологии, используемой на всех введенных в действие новых линиях, от традиционной виброударной заключается в тщательном подборе компонентов смеси при постоянном контроле их параметров. В то же время эта технология предусматривает большее количество воды затворения ($V/T > 0,6$), более тонкий помол кремнеземистого компонента при очень высоком качестве всех исходных сырьевых компонентов (данные требования определяются необходимостью обеспечить упруго-вязкие свойства газобетонной смеси при вспучивании и вызревании массива). При этом существенно ($\approx 15\%$) увеличивается расход энергоресурсов при автоклавной обработке, количество конденсата и влажность готовых изделий.

Специалистами Киевского национального университета строительства и архитектуры на базе завода «Аэрок» (г. Обухов) выполнен значительный объем работ по уменьшению негативного влияния выше перечисленных факторов литьевой технологии. Так, для ускорения кинетики нарастания пластической прочности и улучшения свойств газобетона автоклавного твердения при-

меняли тонкодисперсные отходы ферросплавных производств и активатор твердения — гипсовый камень. Целью исследований было получение устойчивых смесей с определенной пористостью в зависимости от заданной плотности.

Накоплен большой объем данных о процессах вспучивания газобетонной смеси с введением модифицирующих добавок в ее состав при использовании традиционного газообразователя — алюминиевой пасты и факторах, влияющих на устойчивость вспученного массива. Основные из них — начальная вязкость, текучесть смеси, ее температура, скорость образования структуры с определенными механическими свойствами, вид газообразователя, его свойства и количество, химический состав среды.

Недостатки литьевой технологии, связанные с использованием газобетонных смесей с высоким водотвердым отношением ($V/T=0,62-0,64$), что неизбежно приводит к увеличению времени выдержки из-за медленного нарастания пластической прочности, повышению энергозатрат на автоклавирование и увеличению отпускной влажности изделий, можно несколько исправить. Так, для ускорения процессов роста пластической прочности используются специальные камеры обогрева массивов. Введение гипсового камня также позволяет уменьшить время предварительной выдержки. Снижению энергозатрат при автоклавировании способствуют продувка и вакуумирование автоклавов. Проведенные совместно со специалистами Вильнюсского института «Теплоизоляция» (Литва) исследования позволили установить, что отпускная влажность, достигающая 35-38 % в изделиях после автоклавирования, снижается до равновесной влажности 6-8 % в конструкциях наружных стен максимум через два отопительных сезона.

Таким образом, можно сделать вывод, что основные преимущества изделий из газобетона, изготовленных по традиционной ударной и виброударной технологии, связанные с достаточно коротким сроком созревания массива до резки, низким водотвердым отношением и низкой отпускной послеавтоклавной влажностью, уменьшаются из-за недостатков, связанных с высокой массоемкостью линий и использованием мостовых кранов в технологическом процессе.

Список использованных источников

1. Довідник по ринку матеріалів для внутрішнього облаштування та оздоблення приміщень (за даними 2011 р.) за загальною редакцією к.т.н., професора П.В. Захарченка, Київ, 2010, — 248 с.

2. Захарченко П.В., Долгий Е.М., Гавриш О.М., Галаган Ю.О. Тепло- та звукоізоляційні матеріали та вироби в енергозберігаючих технологіях, Київ, Майстри 2008, — 340 с.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПАРАМЕТРОВ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА КАЧЕСТВО АВТОКЛАВНОГО ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

Лаповская С.Д., канд. тех. наук, зав. лаб. СМСН Государственного предприятия «Украинский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт строительных материалов и изделий «НИИСМИ» (г. Киев, Украина)

Технология автоклавного ячеистого бетона, как система, при колебаниях свойств исходных сырьевых материалов и технологических параметров, превышающих допустимые пределы, перестает выполнять основную целевую функцию — обеспечивать устойчивое получение ячеистого бетона с заданными показателями качества [1; 2]. Преимущественное влияние на стабильность качественных показателей ячеистого бетона, как показывает опыт, оказывают колебания свойств сырьевых материалов. Нейтрализация их негативного влияния на стабильность качества ячеистого бетона может быть достигнута двумя путями.

Первый — строгое соблюдение заданных параметров сырьевых материалов, которое требует дополнительных затрат на замену оборудования и изменение технологии обжига и помола извести и кремнеземистых компонентов, а также входной и операционный контроль. По такому пути, в основном, идут многие зарубежные и некоторые отечественные производители, хотя это ведет к удорожанию продукции. Однако добиться устойчивого соблюдения всех параметров сырьевых материалов не удается.

Второй путь, предлагаемый нами, основывается на установлении количественного стехиометрического соотношения активности извести и реакционной поверхности алюмокремнеземистого компонента, обеспечивающего в условиях автоклавной обработки синтез качественных гидроалюмосиликатов кальция. Исходя из этого соотношения разработаны аналитические зависимости расхода сырьевых материалов, независимо от фактического значения их параметров [3; 4]. Полученные аналитические зависимости являются основой программированного определения расхода сырьевых материалов, обеспечивающего получение ячеистого бетона со стабильными качественными показателями независимо от характеристик исходного сырья.

Этот путь значительно проще и доступнее при наличии аналитической базы програм-

мирования. В сочетании с программным управлением всеми технологическими операциями производственного процесса появляется возможность создания автоматизированного производства автоклавного ячеистого бетона при менее жестких требованиях к качеству сырьевых материалов.

Таким образом, речь идет не о создании и рассмотрении принципиально новой системы, а об улучшении существующей, которое предполагает анализ и выполнение определенных операций, обеспечивающих получение ячеистого бетона стабильного качества [1; 2].

Технология автоклавного ячеистого бетона при системном подходе ее рассмотрения представляет собой целостное множество функционально связанных между собой элементов (материалы разных видов и назначения, технологические операции по их подготовке, переделам и перемещению в заданном режиме и последовательности, обеспечивающих достижение производственных параметров сырья, бетонных смесей, процессов формования и автоклавной обработки) [5; 6].

Автоклавная технология основана на гидротермальном синтезе гидросиликатов кальция и других по составу цементирующих новообразований. Кинетика их образования по показателям эффективной энергии активации, скорости, меры превращений и продолжительности образования определяется действием многих факторов, главными из которых являются:

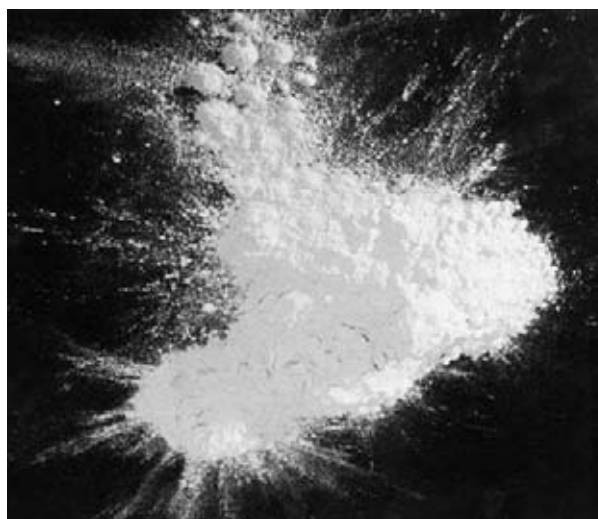
- а) концентрационное соотношение щелочного, кислотного и карбонаткальциевого компонентов;
- б) степень разбавления смеси или соотношение твердого и жидкого компонентов в смеси;
- в) поверхностная активность взаимодействующих компонентов и размер поверхности;
- г) температура протекания реакций.

От действия этих факторов зависит качество и количество синтезируемых цементирующих веществ, их относительное содержание, минералогический состав и морфология; основность и степень кристаллизации, изменение энтальпии; пористость и распре-

деление пор по размерам. Интегральное их проявление и будет определять тот или иной уровень качества материала по показателям прочности, деформативности, теплопроводности, паро- и воздухопроницаемости, морозостойкости и др.

Как всякая химическая технология, автоклавное производство, в ходе которого имеет место химическая реакция образования цементирующих веществ из твердых тел под действием температуры и влаги, опирается на систему управляющих факторов, подлежащих контролю и регулированию. К ним относятся: состав ячеистого бетона по массе, удельная поверхность щелочного и кислотного компонентов, активность и содержание щелочного компонента в смеси, ее концентрация, однородность и плотность; температура и продолжительность автоклавной обработки.

Состав ячеистого бетона оптимизируется исходя из условия связывания всей извести, выделяемой в процессе автоклавной обработки щелочным компонентом, кремнеземистым компонентом в «конструктивные» гидросиликаты кальция — тоберморит, ксентлит и CSH(B). Это условие выполняется, как показали проведенные исследования, при определенном соотношении реагирующей поверхности SiO_2 и активной CaO . Очевидно при этом, что чем больше поверхность кремнеземистого компонента в ячеистом бетоне, тем большее количество извести может быть связано в «конструктивные» гидросиликаты и тем больше будет прочность ячеистого бетона. Этим объясняется применение кремнеземистого компонента в тонкомолотом виде и извести повышенной активности $\geq 70\%$. Частично остающийся после обжига извести карбонат кальция при этом не является полностью инертным балластом. Он принимает прямое участие в синтезе гидрокарбосиликатов кальция и служит подложкой для кристаллизации гидросиликатов кальция, вследствие



чего оказывается важным структурным элементом формирующегося известково-кремнеземистого конгломерата.

В силу объективных и субъективных причин производители автоклавных материалов вынуждены применять сырьевые материалы с большой изменчивостью их рабочих параметров. Это касается как природного, так и техногенного сырья, но, в наибольшей мере, основного щелочного компонента сырьевой смеси — извести. Приходится констатировать факт, что выпускаемая промышленностью известь характеризуется нестабильной активностью, температурой и скоростью гидратации, т.е. такими параметрами, которые непосредственно влияют на протекание реакции гидротермального синтеза цементирующих веществ, а в производстве — на процесс формирования массивов ячеистого бетона. Это приводит к значительным издержкам по качеству и количеству выпускаемой продукции из автоклавного ячеистого бетона [7].

В табл. 1, 2 представлены статистические данные по качеству извести, поступающей на некоторые заводы по производству ячеистых автоклавных бетонов, имеющих возможность влиять на качество исходного сырья.

Таблица 1. Характеристика извести, поступающей на завод автоклавных ячеистых бетонов ООО «ЮД К»

Период	Кол-во анализов, шт.	Средняя активность CaO , %	Средняя T_{60} , мин-сек.	Средняя T_{\max} , °C (экзотермия извести)	
2010	1 квартал	99	86,0	8-33	67,0
	2 квартал	89	86,2	9-15	66,7
	3 квартал	102	86,4	9-33	66,6
	4 квартал	94	86,4	8-52	67,0
2011	1 квартал	79	85,9	10-26	66,7
	2 квартал	93	86,3	9-46	66,8
	3 квартал	108	86,1	9-31	67,0
	4 квартал	87	86,4	8-49	66,6

Таблица 2. Характеристика извести, поступающей на завод автоклавных ячеистых бетонов ООО «АЕРОК» (2011 г.)

Производитель	Кол-во анали- зов, шт.	Активность СаО, %	T ₆₀ , мин-сек.	T _{max} , оС	время гаш. мин, сек
январь					
ЛИСЗ	5	82,44	1,54	87	5,08
		75,99	2,05	85	5,20
		79,35	1,55	86	5,00
		82,16	1,45	88	4,15
		83,28	1,35	88	4,20
ЦТ	1	83,84	9,50	66	15,00
ЛИСЗ	19	75,71	3,80	85	7,30
		77,11	2,50	85	6,45
		78,79	2,50	84	5,45
		76,26	2,55	83	6,00
		81,88	2,00	86	4,00
		81,32	2,05	86	3,55
		74,59	2,45	83	4,10
		72,34	3,00	83	4,25
		78,23	2,40	83	4,15
		79,63	3,00	85	4,15
		81,60	2,50	84	4,10
		83,00	3,10	84	4,20
		77,11	4,00	83	6,05
		76,55	3,35	82	5,40
		81,32	1,45	85	3,30
		80,19	2,15	85	3,55
		80,19	2,20	84	4,00
		80,47	2,15	85	3,50
		80,47	2,15	85	3,50
		83,00	5,18	78	13,35
февраль					
ЦТ	5	89,73	8,45	72,2	28,00
		84,40	14,25	65,1	26,00
		86,36	15,00	66,9	37,00
		86,92	14,00	68,3	35,00
		84,40	6,40	67	11,20
март					
ЦТ	7	78,51	5,45	68	12,05
		82,44	4,45	84	11,00
		82,16	5,10	80	10,50
		81,88	6,00	72	12,15
		87,48	5,15	69	11,40
		80,47	5,10	71	10,05
ЛИСЗ	1	83,28	2,15	83	4,10
ЦТ	2	81,32	6,10	68	11,30
		85,52	5,36	74	11,00
ЛИСЗ	7	84,96	4,15	68	8,15
		83,56	4,00	70	8,15
		84,12	0,15	69	8,00
		83,00	4,00	68	8,10
		80,19	4,15	70	8,20
		80,47	4,15	68	8,03
		81,60	4,15	70	8,15
апрель					
ЦТ	19	81,32	15,00	67	27,30
		85,52	5,00	69	8,15
		75,71	3,00	71	6,20
		79,07	3,30	71,7	6,15
		75,71	3,40	66	8,15
		80,47	4,20	67	9,55
		80,76	4,00	68	8,10
		83,00	17,60	61,2	19,15
		84,96	4,05	69	7,15
		85,24	13,00	63	19,30
		86,64	12,05	62	20,00
		86,92	8,30	65	11,40
		84,68	10,50	62	19,22
		86,08	8,55	63	15,10
		85,24	8,15	62	12,25
		85,24	8,10	62	14,05
88,05	8,15	65	19,05		
89,73	8,00	70	18,00		
83,00	8,45	66	20,05		
май					
ЦТ	17	81,88	8,40	63	19,10
		86,05	8,00	68	15,10
		87,77	8,15	69	18,05
		84,96	9,05	70	17,55
		85,00	9,10	70	18,20
		86,92	8,50	70	19,10
		85,52	8,10	68	15,17
		89,73	8,05	70	18,00
		87,48	8,10	69	17,02
		84,68	9,00	68	15,55
		86,36	8,05	69	18,15
		88,05	7,55	70	18,45
		85,52	7,45	68	16,45
		83,28	8,25	68	17,25
		89,73	8,15	9	19,25
		88,61	8,40	69	18,50
86,08	10,02	66	15,02		
июнь					
ЦТ	16	86,05	8,50	67	18,15
		87,77	7,57	73	23,10
		83,00	14,10	62	18,00
		82,44	12,15	62	20,00
		80,76	10,15	61	20,20
		85,52	9,18	66	18,30
		87,77	9,00	68	17,40
		87,77	10,35	69	25,00
		85,52	9,40	68	22,10
		78,79	8,55	61	25,40
		83,28	10,40	65	25,10
		80,47	19,45	63	31,50
		86,08	0,50	62	28,70
		86,64	9,10	63	18,10
		84,96	9,15	61,4	25,20
		84,68	8,50	61	20,10

ЛИСЗ — Любомирский известково-силикатный завод,
ЦТ — завод «Цегла Трипілля»

Производитель	Кол-во анализов, шт.	Активность СаО, %	Т60, мин-сек.	Тmax, оС	время гаш. мин, сек
июль					
ЦТ	24	81,88	10,05	66	20,10
		84,40	8,55	68	18,25
		86,08	9,00	67	18,15
		85,24	9,15	66	19,25
		82,16	9,08	65	20,15
		85,52	5,50	73	21,15
		84,12	8,55	68	19,40
		88,89	5,20	74	21,55
		86,92	9,10	68	22,30
		82,16	8,50	67	20,10
		85,80	10,05	68	20,08
		85,52	9,15	63	18,05
		81,88	12,20	67	27,00
		82,72	11,08	67	23,40
		86,92	9,25	68	20,00
		84,96	10,40	66	19,45
		83,28	7,10	70	28,10
		87,76	9,10	65	20,10
		86,08	16,10	63	24,35
		86,92	12,30	66	25,15
		85,52	12,15	65	24,35
		83,56	1,15	68	20,05
		86,08	10,00	67	22,05
		85,80	12,15	66	24,55
август					
ЦТ	16	86,92	9,10	67	19,25
		86,08	10,00	67	22,05
		87,77	12,10	64	31,00
		85,18	12,15	66	24,55
		82,16	11,46	64	25,20
		87,48	9,48	68	20,15
		85,24	10,10	65	20,20
		83,00	9,50	63	19,50
		84,12	10,00	63	20,15
		84,96	9,35	64	25,20
		83,00	10,00	62	20,00
		81,88	9,20	68	24,20
		84,12	8,15	69	21,15
		84,96	9,00	66	20,10
		83,00	10,00	65	19,35
84,96	6,00	72	24,00		
сентябрь					
ЦТ	20	84,96	15,00	63	22,00
		84,96	10,05	64	20,00
		82,16	12,00	63	21,15
		83,28	11,16	61	25,20
		86,92	10,00	62	22,20
		85,24	9,10	62	25,00
		85,24	10,00	61	28,00
		84,60	9,10	61	25,00
		84,12	10,00	61	22,30
		84,60	12,05	62	20,15

Производитель	Кол-во анализов, шт.	Активность СаО, %	Т60, мин-сек.	Тmax, оС	время гаш. мин, сек		
		88,32	10,00	63	17,45		
		84,68	9,30	62	25,00		
		87,77	9,40	63	18,20		
		81,88	14,00	60	27,10		
		84,68	10,50	60	28,10		
		84,68	11,05	60	22,10		
		82,72	10,00	61	25,00		
		84,12	9,40	62	27,00		
		86,36	9,15	62	25,05		
		84,68	9,10	61	22,30		
		октябрь					
		ЦТ	18	86,36	7,25	68	20,20
85,62	8,40			64	22,30		
80,19	10,00			61	20,00		
85,52	7,10			68	18,35		
88,66	8,40			69	19,35		
87,77	7,00			70	19,15		
89,17	8,00			68	18,25		
86,64	7,50			69	19,00		
88,05	8,10			67	22,03		
93,37	8,00			69	18,05		
89,79	6,55			71	17,50		
87,48	8,10			66	18,45		
89,33	9,15			69	19,65		
82,44	7,30			68	20,25		
85,52	9,10			66	19,15		
84,40	10,00			61	24,00		
87,77	8,40			63	22,17		
84,12	10,50			63	24,15		
ноябрь							
ЦТ	21	84,12	10,50	63	24,15		
		81,32	8,40	67	22,25		
		83,28	9,05	67	21,05		
		84,96	8,40	65	23,40		
		85,24	9,17	62	21,15		
		86,36	9,05	66	23,10		
		87,77	8,40	66	22,05		
		85,52	10,05	64	26,10		
		86,08	9,40	64	25,15		
		85,52	10,25	65	20,10		
		85,24	9,00	66	19,35		
		86,08	10,15	64	18,50		
		84,12	9,25	65	19,00		
		87,77	8,15	65	20,00		
		86,08	9,11	64	22,17		
		88,03	8,05	67	20,15		
		89,73	7,25	70	19,45		
		85,24	10,00	63	22,05		
		87,20	8,50	66	21,00		
		87,48	12,05	65	22,30		
		85,52	11,00	63	25,15		

ЛИСЗ — Любомирский известково-силикатный завод,
ЦТ — завод «Цегла Трипілля»

Таблица 3. Физико-технические показатели газобетона автоклавного твердения плотностью 400 кг/м³

Наименование показателя	Значение для бетона, полученного на основе		
	традиционного вяжущего	разработанного вяжущего при удельной поверхности песка, см ² /г	
		S _{шл.} = 1800 S _{и.п.в.} = 1250	S _{шл.} = 1850 S _{и.п.в.} = 1500
Средняя плотность в сухом состоянии, кг/м ³	375...420	375...390	360...385
Предел прочности при сжатии, МПа	1,45...2,94	2,54...3,6	2,57...4,3
Морозостойкость, циклов	15...25	25...35	35

На других предприятиях, к сожалению, картина значительно хуже — активность используемой извести колеблется от 70 %. Но такие предприятия работают и должны выпускать качественную продукцию.

В табл. 3 приведена сравнительная характеристика физико-технических показателей газобетона автоклавного твердения плотностью 400 кг/м³, полученного с применением традиционного и разработанного вяжущего оптимального состава.

В ближайшей перспективе с учетом технологической оснащённости заводов-производителей трудно реально рассчитывать на выпуск качественной извести со стабильными показателями ее свойств, имея в виду предстоящие большие капитальные затраты и объем работ по реконструкции действующих заводов. Учитывать приходится также истощение запасов качественного природного сырья, что дополнительно усложняет и удорожает получение высококачественной извести. По видимому, такое положение сохранится достаточно долго и заставляет производителей с ним считаться.

Способы получения качественной извести, как показывают фундаментальные исследования отечественных и зарубежных ученых, известны, хотя часто они требуют значительных финансовых затрат [8; 9; 10]. Возможность же локализации и снижения вредного влияния изменчивости свойств извести и других компонентов, а также технологических параметров производственного процесса с целью обеспечения выпуска высококачественной продукции в нынешних условиях в значительной степени

зависит от опыта и квалификации инженерно-технического персонала и рабочих.

Изменчивость свойств сырьевых материалов, ухудшающая качество выпускаемой продукции из автоклавного ячеистого бетона, может частично компенсироваться применением композиционных вяжущих и добавок. Положительные результаты наблюдаются, например, при введении в состав известково-кремнеземистой смеси добавок шлакопортландцемента, портландцемента, шлака, гипса, хлористого натрия и др. Бетоны, изготовленные на основе таких вяжущих, обладают повышенной прочностью, трещиностойкостью, меньшей усадкой и рядом других важных эксплуатационных свойств.

При введении щелочных добавок следует учитывать выделение дополнительного количества активной CaO, требующей для ее связывания и поддержания оптимального соотношения CaO/SiO₂, увеличения реакционной поверхности кремнеземистого компонента, что достигается повышением его дисперсности или массы расчетным путем по разработанным авторами аналитическим зависимостям [3; 4].

Подробно ознакомиться с ними и примерами их использования для расчета оптимальных составов автоклавного ячеистого бетона при разных колебаниях свойств сырьевых материалов, можно в ссылочных работах [3; 4], а также в совместно выполненной НИИСМИ и МГСУ экспериментальной работе [7], подтверждающими реальную возможность получения качественного автоклавного ячеистого бетона на сырье с переменными характеристиками, используя программированное управление его составом и технологией.

Список использованных источников

1. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Основы системного анализа, Томск; Изд-во НТЛ, 2001.
2. Тарасенко Ф.П. Прикладной системный анализ (Наука и искусство решения проблем), Томск, Изд-во Томского университета, 2004. — С. 186.

3. Сахаров Г.П., Виноградов Б.Н., Батаев С.С. Совершенствование технологии и улучшение свойств ячеистого бетона на смешанном вяжущем // Бетон и железобетон, 1982. — № 11. — С. 8-9.
4. Сахаров Г.П. Физико-химические и технологические основы повышения надежности

изделий из ячеистого бетона. Дисс. докт. техн. наук. — М., 1987. — Т 1; 2. — 477 с.

5. Сахаров Г.П. Повышение надежности технологии автоклавных ячеистых бетонов. Экспресс-инф., «Технология строительных материалов», ВНИИЭСМ, вып. 6. — 1983.

6. Сахаров Г.П., Горчаков Г.И. Повышение надежности технологии и изделий из ячеистого бетона. / Межвуз. сб. «Работоспособность композиционных строительных материалов», Казань, 1983.

7. Лаповская С.Д., Сахаров Г.П. К вопросу стабилизации качества выпускаемой продук-

ции на заводах автоклавных ячеистых бетонов. // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. Науково-технічний збірник, 2011 р., Випуск 40 — С.112 — 115.

8. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества. М.: Стройиздат, 1986. — 464 с.

9. Монастырев А.В. Производство извести. — М.: Высшая школа, 1986. — 192 с.

10. Барбанягрэ В.Д. Влияние примесей на структуру и химическую активность оксида кальция // Сб. тр. МИСИ и БТИСМ. — М., 1976. — Вып. 23. — С. 34-39.

СРАВНЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ УСАДКИ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА РАЗНОЙ ПЛОТНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ДОСТИЖЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ВЛАЖНОСТИ

Волошина Т.Н., м.н.с., ГП «НИИСМИ» (г. Киев, Украина)

УДК 666.972

Ячеистый бетон автоклавного твердения — это материал, позволяющий обеспечивать современный уровень теплоизоляции в однослойных ограждающих конструкциях. Разнообразные и многочисленные исследования, проведенные ведущими зарубежными и отечественными учеными, доказывают, что автоклавный ячеистый бетон является следующим после дерева экологическим и благоприятным для человека строительным материалом на всех этапах его создания — начиная от сырьевых материалов, процесса производства, строительства, эксплуатации зданий, заканчивая переработкой отходов. Этот универсальный строительный материал полностью подходит для сооружения энергосберегающих зданий.

В Украине в последние годы введены в действие мощные производства изделий из автоклавного газобетона, что требует особенного внимания к этому материалу. Основная особенность современных производств — это изготовление изделий из конструкционно-теплоизоляционного газобетона, который обеспечивает выполнение теплоизоляционных и конструктивных функций в ограждающих конструкциях.

Проведенные исследования изделий из ячеистого бетона позволили значительно расширить возможности их использования в практике отечественного строительства. В то же время, учитывая значительную начальную влажность этого материала, обусловленную технологией производства изделий, необходимо тщательно анализировать влияние этого фактора на эксплуатационные характеристики газобетона, в частности, на показатель усадки при высыхании.

Для ячеистого бетона важна объективная оценка изменчивости структуры и свойств в естественных условиях эксплуатации. Такая

оценка, полученная по результатам длительных испытаний усадки, ползучести, изменения прочности и метаморфизации структуры гидратных соединений, характеризует поведение материала при комплексном воздействии нагрузки, переменной температуры и влажности, углекислого и других газов в атмосферных условиях.

Влагообмен бетонов с эксплуатационной средой приводит к изменению количественного содержания и соотношения видов воды с различной энергией связи со структурой и, соответственно, к изменению баланса сил, а именно: межмолекулярного взаимодействия поверхности твердой фазы с водой, расклинивающего давления адсорбционных пленок, сил поверхностного натяжения, капиллярных сил. Мера изменения строительно-технических свойств бетонов зависит от вклада составляющих в баланс сил и определяется размерно-геометрическими и энергетическими характеристиками твердой фазы и порового пространства материала.

Влажностные напряжения и деформации при изменении влагосодержания материала

обусловлены последовательным включением в действие сил капиллярного стяжения, расклинивающего давления, поверхностного натяжения, взаимодействия между частицами, сил внутренних связей в кристаллогидратах и упругого противодействия твердой фазы ее деформированию. Величина деформаций зависит от условий и возможности изменения баланса этих сил в материале и определяется следующими параметрами состава и структуры:

- объемным соотношением элементов твердой фазы и пор в структуре, т.к. от этого зависит количество воды в структуре и мера сопротивляемости твердофазового каркаса развитию деформаций;
- качественными характеристиками структурных элементов (распределение по размерам пор и частиц твердой фазы, их удельная поверхность и поверхностная энергия), которые определяют меру действия и вклад каждой из обозначенных составляющих баланса сил и, следовательно, величину усадочных напряжений.

Определяющий вклад в изменение свойств материала в различном влажностном состоянии вносят структурные составляющие именно новообразований цементирующего вещества [1-6]. Кинетика влажностной усадки и ее величина находятся под влиянием объемного содержания пор, цементирующего вещества и наполнителя и их соотношения, распределения пор по размерам, кристаллохимического строения и минералогического состава, морфологии, дисперсности частиц цементирующего вещества, энергетического состояния его поверхности.

Закономерности развития влажностных деформаций в зависимости от силы связи твердой фазы и порового пространства с водой согласно классификации, введенной Е.М. Чернышовым, характеризуются тремя ти-

пами кривых усадки (рис. 1). Основой классификации является величина силы связи структуры с водой, количественно характеризуемая удельной усадкой материала в расчете на масс. % удаленной влаги.

Для кривых усадки типа I (соответствует структуре с наиболее сильной связью с жидкой фазой и отличается проявлением максимальной удельной усадки на каждом этапе обезвоживания материала) характерны значения удельной усадки при обезвоживании в эксплуатационном диапазоне 0,04-0,06 (мм/м)/(% уд. вод.). Для кривой типа II (квалифицируется как промежуточный) — 0,02-0,006 (мм/м)/(% уд. вод.). Для кривой типа III (свойственен структурам с малой активностью взаимодействия с водяными парами и водой) присущ минимум значений удельной усадки и явно выраженный эффект упругого восстановления объема твердой фазы при удалении воды из капилляров — 0,005-0,008 (мм/м)/(% уд. вод.) [1].

Возможности «перехода» от первого типа кривой развития усадки к третьему, т.е. возможности снижения уровня удельных и полных усадочных напряжений при удалении воды из пор, с поверхности твердой фазы и из межслоевых пространств гидросиликатов кальция обеспечиваются, если в материале уменьшается содержание объема цементирующего вещества и пор или увеличивается объемная доля частиц наполнителя (заполнителя); в составе его цементирующей связки возрастает количество хорошо закристаллизованных новообразований с пониженной удельной поверхностью и удельной поверхностной энергией (теплотой смачивания), а функция распределения объема пор по размерам изменяется в сторону увеличения их среднего эффективного радиуса.

Вся система структурных параметров определяет количественное содержание и силу

Рис. 1. Характерные типы кривых развития влажностной усадки

водонасыщенного силикатного автоклавного материала в условиях квазистатического высыхания [1]

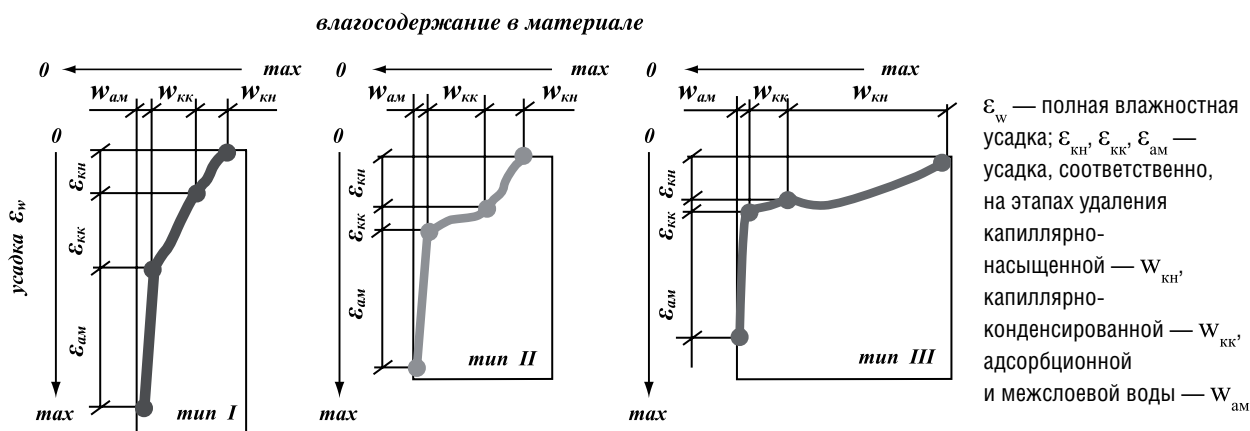


Таблица 1. Усадка ячеистого бетона (по данным Сахарова Г.П. [3])

Вид вяжущего	Плотность ячеистого бетона, кг/м ³	Вид технологии и структуры ячеистого бетона	В/Т	Влажность после тепловой обработки или естественного твердения, wф, % по массе	Водонасыщение при капиллярном подсосе за 3 суток, wнас, % по массе	Усадка при естественной сушке в условиях относительной влажности φ=60±5 % и t=20±2 °С, мм/м в интервале влажности ячеистого бетона, %					W _{нас} - W _ф	Усадка в интервале влажности, wнас-wф		Предельная растяжимость, ε _p , мм/м	Коэффициент трещиностойкости, ε _t /ε _y , в интервале влажности		
						W _{нас} — 20	20-5	W _ф — 5	5-0	W _{нас} — 0		1 + 0,01 W _{нас}	мм/м		В % от усадки в интервале влажности wнас—5	20-5	W _ф -5
цементное	700	Л	0.5	30	34	0.4	0.34	0.625	0.95	1.69	3.0	0.П5	15.5	0;32	0.941	0.51	
		ЛО	0.33	16	21	0.03	0.29	0.21	0.88	1.2	4.0	О.П	34.0	0.39	1.34	1.83	
		ВО	0.24	12	21	0.02	0.19	0.09	0.79	1.0	7.4	0.12	57	0.36	1.89	4.06	
		НВО	0.24	14	21	0.03	0.63	0.38	1.0	1.66	6.0	0.26	39	0.58	0.92	1.53	
смешанное	600	Л	0.48	22	49	0.14	0.57	0.58	1.6	2.31	18(7.6)	0.13	18	0.76	1.33	1.31	
		ЛО	0.38	15	47	0.15	0.42	0.3	1.54	2.11	22(10)	0.27	47	0.7	1.66	2.33	
		В	0.39	19	45	0.15	0.9	0.85	1.7	2.75	18(5)	0.2	19	0.97	1.08	1.14	
		ВО	0.3	15	46	0.2	0.59	0.42	1.51	2.3	21(5)	0.37	47	0.83	1.41	1.98	
	900	Л	0.42	23	35	0.21	0.62	0.66	1.47	2.3	9(5)	0.17	20	1.12	1.81	1.7	
		ЛО	0.29	15	31	0.15	0.57	0.4	1.35	2.07	12(4.6)	0.32	44	0.84	1.47	2.1	
		В	0.31	18	33	0.22	0.74	0.65	1.52	2.48	11	0.31	32	1.2	1.62	1.85	
		ВО	0.24	15	31	0.16	0.57	0.4	1.36	2.09	12	0.33	34	0.98	1.72	2.45	

Принятые обозначения: Л — литевая, В — вибрационная, Н — неавтоклавная технология; О — оптимальная структура ячеистого бетона на грубомолотом песке, пониженном В/Т и температуре исходных смесей.

связи воды в материале, кинетику его высыхания. В общем случае, более высоким значениям содержания цементирующего вещества и пор, удельной поверхности и удельной поверхностной энергии цементирующего вещества, меньшему радиусу пор соответствуют большие по величине значения энергетического потенциала поверхности твердой фазы и порового пространства, а именно, не скомпенсированных поверхностных сил, плотности силового поля пор, сил капиллярного давления, обуславливающих способность поглощать и удерживать водяные пары и воду на поверхности твердой фазы материала и в объеме порового пространства. Преодоление действия этих «удерживающих» жидкую фазу сил при обезвоживании требует, соответственно, затраты большей работы, т.е. большей энергии активация процесса (пониженных значений парциального давления водяных паров и повышенной температуры среды), но «высвобождение» этих сил в результате удаления единицы массы жидкой фазы приводит к развитию больших напряжений и деформаций в материале.

При рассмотрении ячеистого бетона как капиллярно-пористой структуры необходимо

отметить, что наибольшее влияние на влажностные деформации оказывают микропоры. Механизм влагообмена и связанных с ним объемных изменений очень сложен. Однако установлено, что снижение градиентов влагосодержания и напряжений может быть достигнуто при введении в структуру материала пор воздуховлечения, а также уменьшением концентрации новообразований.

Гидратные соединения, синтезируемые в процессе автоклавной обработки, обладают большой удельной поверхностью. При сорбции водяных паров на поверхности цементирующих веществ высвобождается энергия и система переходит в более устойчивое состояние, при этом совершается работа, связанная с увеличением объема твердого тела. При десорбции водяных паров имеет место обратное явление. По этой причине, чем выше удельная поверхность новообразований, тем более заметно проявляют себя влажностные деформации.

По материалам расчетов, выполненных на основе экспериментальных данных, установлено, что при наличии слабо закристаллизованных гидратных соединений усадка

Таблица 2. Состав и влажностная усадка ячеистого бетона плотностью $\gamma=700$ кг/м³ (по данным [4])

Основной структуро- образующий минерал	Содержание мине- рала, в % по массе	Усадка, в мм/м, при весовой влажности			
		Насыщ. → 35	35 → 5	5 → 0	Σ
α -C ₂ SH	24	0	0,15	0,65	0,8
C-S-H (I)	16	0,50	0,55	1,05	2,10
тоберморит	22	0,30	0,15	1,0	1,45

материала составляет $4 \cdot 10^{-3}$; при увеличении закристиализованности новообразований (содержание тоберморита в них составляет 50 %) она снижается до $0,4 \cdot 10^{-3}$ [2].

В табл. 1 представлены результаты испытаний усадки неармированного ячеистого бетона автоклавного и неавтоклавного твердения разной плотности за длительный период. Из данных табл. 1 следует, что начальная усадка в интервале изменения влажности ($w_{\text{нас}} \rightarrow 5$) % происходит в автоклаве, пропарочной камере или при нормальном твердении. Остальная часть усадки проявляется при высыхании ячеистого бетона до равновесной влажности, в среднем до 5 %. Исходя из этого, самой большой усадкой в воздушно-сухих условиях эксплуатации и, следовательно, наименьшей трещиностойкостью обладает обычный ячеистый бетон, полученный по литевой технологии, что следует также из сравнения коэффициентов трещиностойкости.

Для армированных ячеистобетонных элементов при определении допустимой величины свободной усадки после твердения необходимо учитывать условия твердения, характер и степень армирования, а также массивность конструкций. При наличии арматуры, вследствие различия температурных коэффициентов линейного расширения металла и ячеистого бетона, последний после окончания твердения в автоклаве будет сжат, что потенциально повышает трещиностойкость конструкций, а при пропаривании — растянут, что снижает их трещиностойкость. Это предопределяет начало отсчета воздушной свободной усадки: при автоклавной обработке — от послеавтоклавной влажности — $w_{\text{ф}}$, а при пропаривании и нормальном твердении — от состояния водонасыщения — $w_{\text{нас}}$.

Во всех случаях усадка уменьшается при снижении В/Т, дисперсности песка и расхода вяжущего, что видно из табл. 1.

Известно, что влажностная усадка ячеистого бетона автоклавного твердения взаимосвязана со структурой мелких пор в диапазоне радиуса пор 7,5-60 нм. Если внутренняя поверхность этих пор $S > 30,5$ м²/г, то усадка превышает 0,5 мм/м [4].

По данным [4] у бетона на базе α -C₂SH при снижении влажности от насыщенного состояния

до 35 % усадки практически не происходит. При влажности 35 % усадка незначительна; практически вся усадка происходит при высушивании от 5 до 0 %. У бетона на базе C-S-H (I) усадка происходит относительно равномерно в пределах изменения влажности от насыщенной до 5 % и затем ускоряется. В случае тоберморита при влажности от насыщенного состояния до 35-30 % происходит усадка, которая несколько меньше, чем в случае C-S-H (I), однако при высушивании от 30 до 5 % усадка значительно замедляется, и на кривой зависимости усадки от влажности по массе появляется характерная ступень. В дальнейшем (5 %-0) материал на базе тоберморита дает примерно такую же усадку, как и ЯБ на базе C-S-H (I) (табл. 2).

Относительно близкие значения усадки различных ячеистых бетонов при высушивании от 5 % до 0 % объясняются выделением межслоевой воды из кристаллов гидросиликатов кальция. При этом как морфология кристаллов, так и внутренняя поверхность капиллярных пор в значительной мере теряют влияние на величину усадки.

Чем больше в материале содержание тоберморита, тем более «характерно» вырисовывается ступень на кривой усадки в пределах влажности 35-5 %. По данным [4-6] усадка ячеистого бетона с содержанием тоберморита более 23 % при снижении влажности от насыщенного состояния до 5 % находится в пределах 0,40-0,55 мм/м, от 18 до 23 % — в пределах 0,40-0,85 мм/м, менее 18 % — в пределах 0,35-1,10 мм/м. При этом, если вместе со снижением содержания тоберморита ход кривой усадки приобретает вид, характерный для C-S-H (I), то величина усадки значительно возрастает. Если же кривая сохраняет ступенчатый ход, характерный для тоберморита, то величина усадки практически не изменяется. То есть количественные изменения содержания тоберморита мало влияют на изменение влажностной усадки, если при этом не появляются новообразования с качественно отличной структурой мелкой пористости.

В соответствии с [5] в процессе высыхания C-S-H(I) усадка плавно нарастает, начиная практически от состояния капиллярного насыщения водой (тип усадки плавный). В случае 1,13 нм-

тоберморита усадка протекает в два этапа — от капиллярно-насыщенного состояния до влажности образца примерно 40-35 % (по массе) и от 10-5 % до 0 %, а удаление воды от 35 % до 10 % протекает практически без усадочных явлений (тип усадки ступенчатый). Различный характер процесса усадки объясняется характерной морфологией кристаллов минералов в цементирующем веществе, которая обуславливает различную форму и различное дифференциальное распределение объема пор между кристаллами. Именно в этих межкристаллических порах (пределы замеренных гидравлических радиусов 0,0075-0,1 мкм) образуются капиллярные силы, взаимодействие которых с элементами структуры цементирующего вещества вызывает явление влажностной деформации материала в эксплуатационных условиях ($w=5-35\%$).

Для высококачественных автоклавных газобетонов характерно содержание около 37 % по массе тоберморита в составе цементирующего вещества [5]. На рис. 2-5 приведены результаты исследования влияния дифференциальной пористости на процесс влажностной усадки ячеистых бетонов, в котором основным минералом

цементирующего вещества был тоберморит (по данным НИПИСиликатобетон). Усадка при высыхании протекала, в основном, по ступенчатому типу, однако по мере снижения В/Т и доли извести форма кривых усадки изменялась в сторону плавного типа (рис. 3, 5). Кривые дифференциальной пористости исследованных образцов представлены в координатах $\Delta V / \Delta r - r$. В этих координатах соотношения между радиусами пор и их объемами даны без искажения. Следует отметить, что в случае использования координат $\Delta V / \Delta \text{Log}r - r$ происходит некоторое искажение дифференциальных максимумов.

Дифференциальные кривые распределения пор образцов с В/Т от 0,57 до 0,34 образуют семейство кривых, в которых при снижении В/Т закономерно уменьшается объемная доля (и абсолютный объем) более крупных капилляров ($r = 0,1-0,025$ мкм) и увеличивается доля более мелких пор ($r < 0,025$ мкм), а первоначальные относительно пологие кривые превращаются в кривые с сильно выраженным максимумом в области наиболее мелких пор (учитываемых применяемой методикой). Примерно таким же образом влияет снижение доли извести (рис. 2, 4).

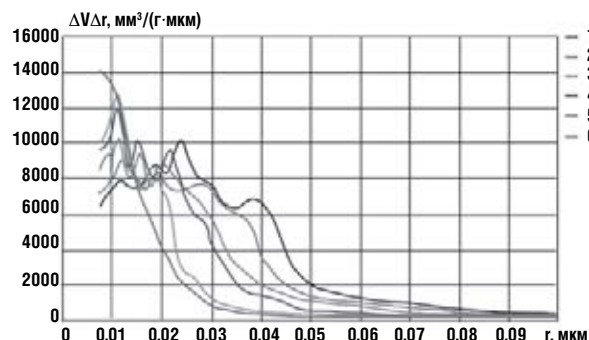


Рис. 2. Кривые дифференциальной пористости ячеистого бетона с различным В/Т: **1** — В/Т=0,57; **2** — В/Т=0,52; **3** — В/Т=0,49; **4** — В/Т=0,45; **5** — В/Т=0,40; **6** — В/Т=0,34 (виброформование)

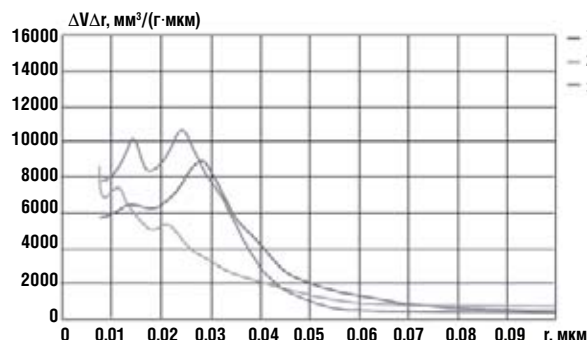


Рис. 4. Кривые дифференциальной пористости ячеистого бетона с различным соотношением СаОᵢ:СаОᵤ: **1** — СаОᵢ:СаОᵤ=8:1; **2** — СаОᵢ:СаОᵤ=1,2:1; **3** — СаОᵢ:СаОᵤ=4:1

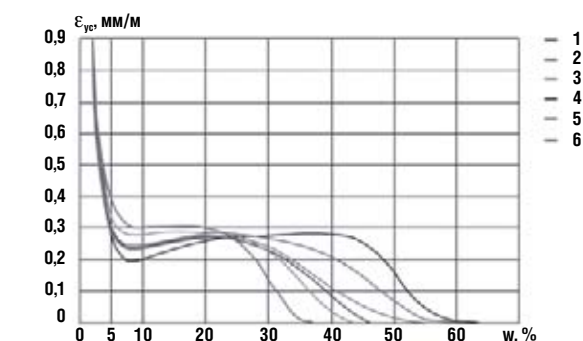


Рис. 3. Кривые усадки ячеистого бетона с различным В/Т: **1** — В/Т=0,57; **2** — В/Т=0,52; **3** — В/Т=0,49; **4** — В/Т=0,45; **5** — В/Т=0,40; **6** — В/Т=0,34 (виброформование)

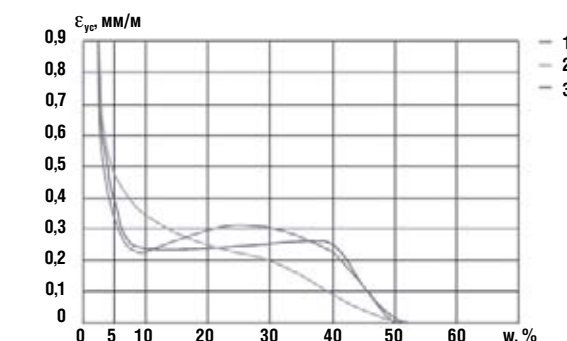


Рис. 5. Кривые усадки ячеистого бетона с различным соотношением СаОᵢ:СаОᵤ: **1** — СаОᵢ:СаОᵤ=8:1; **2** — СаОᵢ:СаОᵤ=1,2:1; **3** — СаОᵢ:СаОᵤ=4:1

Таблица 3. Результаты определения усадки ячеистого бетона, произведенного на заводе Skawina (Польша)

Показатель	Серия образца						
	1	2	3	4	5	6	7
Плотность в сухом состоянии, кг/м ³	605	630	635	640	590	630	600
Прочность при сжатии, Н/мм ²	4,4	4,3	3,3	5,0	4,7	4,1	3,6
Усадка в диапазоне снижения влажности от 30 % до 6 % $\varepsilon_{cs,ref}^t$ мм/м	0,26	0,40	0,44	0,06	0,35	0,31	0,45
Полная усадка $\varepsilon_{cs,total}^t$ мм/м	0,87	0,92	0,68	0,58	0,91	0,93	0,71

Представленные результаты показывают, что на образование капиллярно-пористой структуры ячеистого бетона, кроме стехиометрических и кинетических факторов (состав и характеристики смеси, температура и длительность автоклавирования), заметное влияние оказывают физические условия проведения синтеза (формовочная влажность, наличие гелеобразной структуры и т.д.), а также определенные химические добавки, которые могут присутствовать в сырьевых материалах (особенно в цементе и промышленных отходах).

Для автоклавных ячеистых бетонов, изготовленных на золе-уноса без применения цемента (т.н. PGS-технология, которая применяется на заводах в Польше и ряде других

предприятий) получены величины усадки, приведенные в табл. 3 [6]. Усадка при высыхании была определена в соответствии со стандартом PN-EN 680:2008 путем изменения длины образцов в процессе снижения влажности от 30 % до 6 % по массе. Для всех серий образцов была принята величина $V/T=0,5$. Образцы отличались содержанием и удельной поверхностью золы-уноса.

Образцы серий 3 и 7 имели наибольшую усадку при высыхании. В образцах серии 3 зола-уноса содержала очень мелкие частицы, а в образцах серии 7 зола-уноса содержала очень крупные частицы невыгоревшего угля, которые (по мнению А. Łagosz), стали причиной высокой усадки при высыхании.

Выводы

Интенсивность влагообмена со средой определяет меру изменения свойств бетонов при эксплуатации. Параметры строения определяют меру изменения запаса внутренней энергии материала и, тем самым, его реакцию на влажностные воздействия. При этом интенсивность взаимодействия твердой фазы со средой определяется площадью поверхности, ее энергетическим состоянием параметрами порового пространства (энергетическим полем объема пор и их распределением по размерам).

Для ячеистого бетона возможность уменьшения уровня усадочных напряжений при обезвоживании достигается главным образом за счет повышения закристаллизованности цементирующего вещества, изменения функции распределения объема пор по их радиусам в сторону увеличения их среднего эффективного радиуса до 60 нм и минималь-

ного содержания пор радиусом менее 10 нм. Рекомендуется с целью получения малоусадочных силикатных автоклавных бетонов в технологии их изготовления принимать условия формирования структуры с таким расчетом, чтобы цементирующее вещество состояло из низкоосновных силикатов кальция с содержанием тоберморита 1,13 нм не менее половины их общего количества, имело удельную поверхность не более 100-150 м²/г и характеризовалось теплотой смачивания более 20 Дж/г, а поровое пространство включало минимальный объем пор с эффективным радиусом менее 25-30 нм и особенно менее 10 нм. При этом содержание цементирующего вещества в твердой фазе материала должно приниматься минимально возможным по критерию обеспечения заданного уровня качества по сопротивлению разрушению и прочности.

Список использованных источников

1. Структурные факторы управления влажностной усадкой силикатных автоклавных материалов / Е.М. Чернышов // Тезисы докладов V республиканской конференции «Долговечность конструкций из автоклавных бетонов» Часть 1. — Таллинн. — 1984.
2. Теоретические аспекты долговечности ограждающих конструкций и пути повышения качества ячеистых бетонов / А.А. Федин // Тезисы докладов V республиканской конференции «Долговечность конструкций из автоклавных бетонов» Часть 1. — Таллинн. — 1984.

3. Экспериментальная оценка надежности ячеистого бетона в связи с технологическими факторами / Г.П. Сахаров // Тезисы докладов V республиканской конференции «Долговечность конструкций из автоклавных бетонов» Часть 1. — Таллинн. — 1984.

4. О взаимосвязи влажностной усадки и минералогического состава ячеистого бетона автоклавного твердения / Г.Ф. Грюнер, К.К. Эскуссон, П.А. Грюнер, А.Р. Кубо // Тезисы докладов V республиканской конференции «Долговечность конструкций из автоклавных бетонов» Часть 1. — Таллинн. — 1984.

5. Исследование влажностной усадки и мелкой пористости автоклавного ячеистого бетона / Г.Ф. Грюнер, Л.И. Острат, К.К. Эскуссон, У.И. Юурвээ // Тезисы докладов VI республиканской конференции «Долговечность конструкций из автоклавных бетонов». — Таллинн. — 1987.

6. Influence of the fly ash properties on properties of autoclaved aerated concrete / A. Łagosz, P. Szymański, P. Walczak // 5th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete "Securing a sustainable future" to be held at Bydgoszcz to celebrate 60 years of AAC experience in Poland, September 14-17, 2011, University of Technology and Life Sciences.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА С ПОВЫШЕННЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ КОНСТРУКТИВНОГО КАЧЕСТВА

Рудченко Д.Г., генеральный директор ООО «Аэрок» (Украина)

Автоклавный газобетон сегодня является одним из наиболее востребованных материалов на строительном рынке. В нем сочетаются высокие теплоизоляционные и конструкционные свойства. Показатели энергоемкости его производства значительно ниже традиционных стеновых материалов (глиняного и силикатного кирпича, керамических блоков, керамзитобетона).

После мирового энергетического кризиса 1970-х гг. и роста цен на энергоносители, европейские страны существенно увеличили показатели термического сопротивления ограждающих конструкций, утеплили жилищный фонд, нарастили объемы производства теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных материалов.

Развитие производства автоклавного газобетона, как наиболее распространенного материала в Европе, имеет ключевое значение для обеспечения устойчивости и энергоэффективности жилищно-строительного комплекса, потребляющего от 25 до 40 % всех энергетических ресурсов многих стран. На сегодня автоклавный газобетон является универсальным строительным материалом, который идеально подходит для строительства энергоэффективных общественных и жилых зданий. Не только низкая энергоемкость производства газобетона, его высокие конструкционно-теплоизоляционные свойства, экологичность, но и доступность сырья для его выпуска делает газобетон приоритетным материалом для строительства зданий.

Для оценки теплозащитных свойств ограждающих конструкций в строительной практике используют величину, обратно пропорциональную коэффициенту теплопроводности, — термическое сопротивление, нормативные показатели которого были существенно увеличены в Украине с 0,65-1,2 м²/°С·Вт в начале 90-х до 2,2-2,8 м²/°С·Вт в настоящее время.

Европейский союз предусматривает снижение энергопотребления в зданиях до 2050 г. на 90 %. Согласно принятым там планам с 2018 г. все общественные здания должны строиться с нулевым или минимальным потре-

блением энергии, а после 2020 г. эти требования коснутся и жилых домов. Вполне очевидно, что и в Украине, как и в других странах, показатели термического сопротивления ограждающих конструкций будут увеличиваться, а удельный вес ячеистого бетона в структуре стеновых материалов будет расти.

Если в 1958 г. в бывшем СССР производилось лишь 100 тыс. м³, то в 1991 г. в СНГ было произведено около 5,7 млн м³ ячеистого бетона. Предприятия прибалтийских республик производили 0,8 млн м³ [1]. В этот же период предприятия Украины ежегодно выпускали

более 1,2 млн м³ изделий из автоклавного газобетона широкой номенклатуры, Республика Беларусь производила 1,7 млн м³, Казахстан — около 1 млн м³ газобетона.

После преодоления кризиса переходного периода на постсоветском пространстве начался бурный этап развития производства автоклавного газобетона. В странах СНГ построены и строятся заводы по современным технологиям и оснащены высокопродуктивным импортным оборудованием фирм HESS AAC Systems B.V., Masa-Henke, WEHRHANN GmbH, Hoetten Maschinenbau GmbH, DUROX и др. В РФ работает 60 заводов общей мощностью около 10 млн м³, Украина увеличила объем производства с 200 тыс. м³ в 2000 г. до 1,75 млн м³ в 2011 г., а за 2012 г. прогнозируется нарастить объемы производства газобетона до 2 млн м³.

Бесспорным лидером по производству автоклавных газобетонов на постсоветском и европейском пространстве является Республика Беларусь. За период (1998-2015 гг.) в республике предусматривается довести применение ячеистого бетона в надземной части малоэтажных зданий до 97 %, сократить расход эффективных теплоизоляционных материалов в конструкциях наружных стен на 95-97 %, в конструкциях покрытий — на 55-60 % за счет их замены на изделия из ячеистых бетонов [2].

Аналитические исследования отечественного и зарубежного опыта производства автоклавного газобетона показывают, что к приоритетным направлениям новых технологических решений, позволяющих оптимизировать макроструктуру ячеистых бетонов и в конечном счете повысить их физико-механические свойства, является совершенствование технологии вибро-вспученных газопенобетонов с использованием воздухововлекающих и газообразующих добавок. По-прежнему внимание исследователей привлекает **применение метода вибровспучивания**, совершенствование ударной технологии, использование минеральных добавок.

На предприятиях ООО «Аэрок» Украина, входящих в состав группы ЛСР, совершенствуется технология производства газобетона по трем основным направлениям:

- повышение коэффициента конструктивного качества (ККК) автоклавного газобетона путем совместного использования отходов производства газобетона, образующихся при калибровке и резке массивов, отходов автоклавированного газобетона и добавок природного гипсового камня;
- интенсификация роста пластической прочности газобетона до его автоклавной обработки;
- оптимизация режимов автоклавной обработки и максимальное повторное использо-

вание бросовых энергетических ресурсов, которые образуются при изготовлении автоклавного газобетона.

Оценка качества ячеистого бетона через ККК согласно ГОСТ 11118-65, который потерял силу и впоследствии не переиздавался, предусматривала расчет «приведенной» прочности ($R_{сж}$) на квадрат единицы массы материала. Прочность на сжатие (кгс/см^2) делилась на плотность (γ^2) в квадрате (т/м^3) и этот коэффициент должен быть не менее 100. На передовых заводах того времени он составлял 120-150. Позднее на основе экспериментальных данных К.Е. Горяйнова были построены кривые зависимости прочности (МПа) газобетона от его плотности (кг/м^3). По его данным прочность ячеистого бетона ограничивалась кривыми $R_{сж} = 100 \cdot \gamma^2$ и $R_{сж} = 150 \cdot \gamma^2$. Именно квадратичная зависимость наиболее близко отражала реальную прочность газобетона в зависимости от его плотности, который производился в СССР в то время (при $\gamma = 300 \text{ кг/м}^3$ $R_{сж} = 9 \text{ кгс/см}^2$, при 700 кг/м^3 соответственно — 50 кгс/см^2).

Позже Баранов А.Т. и другие выразили зависимость между прочностью и плотностью ячеистого бетона через кубическую зависимость отношения объемной массы ячеистого бетона к плотности самого межпорового материала газобетона. ККК не попал в Инструкцию по производству ячеистых бетонов (СН 277-80) и не регламентируется ни одним другим нормативным документом в производстве ячеистых бетонов, но, по сути, остается основным интегральным показателем качества материала.

Автоматизация производства и разработка прогрессивного формовочного и резательного оборудования, обеспечивающего высокую точность геометрических размеров изделий, привела к существенному увеличению возвратного шлама, который целесообразно возвращать в технологический процесс производства автоклавного газобетона.

Проведенные нами исследованиями и зарубежный опыт показывают, что срезанный сырец газобетона необходимо рассматривать как компонент вяжущего. Он оказывает существенное влияние на формирование макроструктуры ячеистого бетона на стадии вспучивания смеси и роста пластической прочности, выполняет функцию кристаллической «затравки», повышает седиментационную устойчивость сырьевых шламов и самой смеси, что в конечном итоге обеспечивает повышение ККК автоклавного газобетона. Оптимальное количество возвратного шлама в составе газобетонной смеси составляет 16-20 % [4].

Для повышения ККК материала требуются условия не только для синтеза при автоклав-

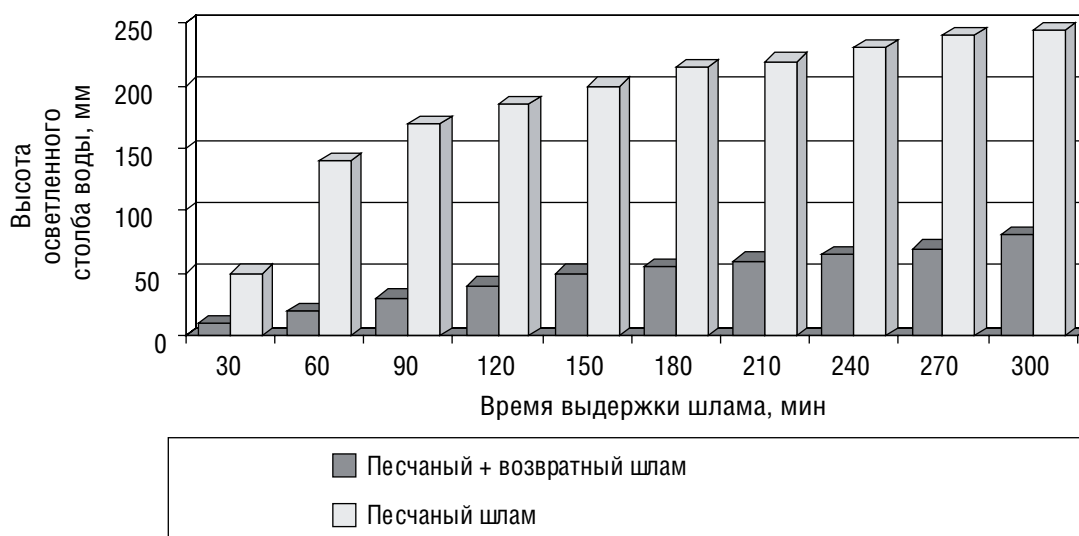


Рис. 1. Динамика расслоения шламов во времени при его хранении

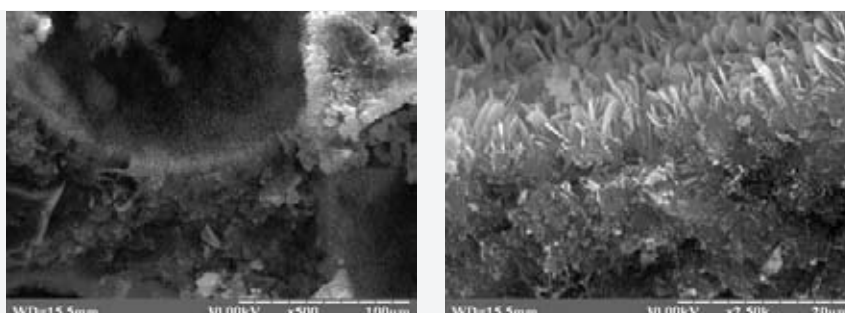
ной обработке низкоосновных гидросиликатов кальция — основного носителя механической прочности газобетона, но и образования качественной макроструктуры ячеистого бетона на стадии его формовки. Поры ячеистого бетона должны быть правильной сферической формы. Седиментация крупных частиц песка при высоком В/Т смеси может разрушать межпоровые перегородки и приводить к перетоку водорода в более крупные поры.

Критерием оценки седиментационной устойчивости исходного шлама (возвратный шлам + песчаный шлам) и шлама, образующегося при помоле песка с добавкой двуводного гипса после его усреднения, служил уровень осветленной воды в одинаковых мерных цилиндрах при прочих равных условиях. Сравнение динамики расслоения шламов одинаковой плотности (рис. 1) свидетельствует о том, что наличие возвратного шлама в исходном сырьевом шламе обеспечивает в 3-7 раз снижение его расслоения по сравнению с гомогенизированным шламом после помола песка. Повышение седиментационной устойчивости сырьевых шламов особенно актуально при производстве ячеистых бетонов низкой плотности 300 кг/м³ и ниже, когда увеличивается В/Т смеси.

Седиментационная устойчивость шлама особенно ощутима в первые 120 минут хранения шламов. Это является важным технологическим фактором, поскольку именно в первые два часа формируется макроструктура газобетона. Важную роль в повышении ККК автоклавного газобетона в составе сырьевой смеси выполняет добавка гипсового камня (рис. 2), которая вводится в шаровую мельницу при мокром помоле песка [5].

Рабочая гипотеза о том, что совместное использование оптимальной добавки гипсового камня и возвратного шлама способна обеспечить синтез низкоосновных гидросиликатов кальция и добиться повышения ККК газобетона была полностью подтверждена в производственных условиях предприятий ООО «Аэрок». При гидратации C_3A в присутствии гипса при любых температурных условиях образуется этрингит (высокосульфатная форма гидросульфатоалюмината), которая впоследствии при высоком В/Т-отношении смеси перекристаллизуется без значительного изменения объема в термодинамически стабильные соединения моносульфогидроалюминаты, которые имеют более высокую прочность и долговечность, чем гексагональные гидроалюминаты.

Рис. 2. Электронно-микроскопическое изображение микроструктуры сырца образцов газобетона с добавкой гипсового камня



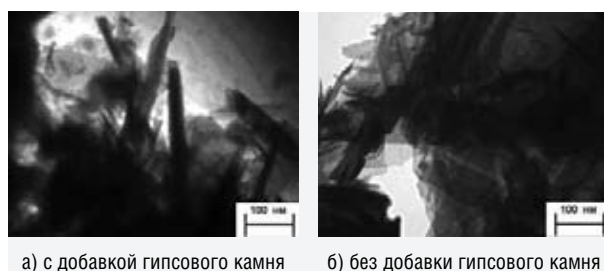
Направленный синтез в составе продуктов гидратации автоклавного газобетона низкоосновных гидросиликатов и моносulfогидроалюминатов кальция ($\text{CaO} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times \text{CaSO}_4 \times 12\text{H}_2\text{O}$) обеспечивают создание более прочного материала за счет более высокой прочности и «армирующего» эффекта новообразований.

На рис. 3 приведено электронно-микроскопическое изображение микроструктуры межпоровой перегородки газобетона после автоклавной обработки.



Рис. 3. Микроструктура межпоровой перегородки газобетона

Микроструктура межпоровых перегородок ячеистого бетона, изготовленного по литьевой технологии с использованием гипсового камня, сильно отличается от структуры образцов ячеистого бетона, изготовленных без добавки гипса по литьевой и виброударной технологии. Она характеризуется большим размером кристаллов, однородностью и характером большей закристаллизованности.



а) с добавкой гипсового камня б) без добавки гипсового камня

Рис. 4. Светопольное изображение ТЭМ игольчатых кристаллов образца ячеистого бетона

Как видно из рис. 4 образец (а) с добавкой гипсового камня в сравнении с образцом (б) без добавки гипсового камня имеет ярко выраженные переплетенные иглы, сходящиеся к общему центру.

Гипсовый камень в составе автоклавного газобетона является полифункциональным компонентом. Еще в 50-е гг. прошлого столетия В. Лерч установил, что потребность цемента в гипсе возрастает с повышением содержания в нем C_3A , а также с повышением дисперсности клинкера и содержания в нем щелочей. С повышенным содержанием C_3A и щелочей путем надлежащего подбора ко-

личества гипса, вводимого при размоле клинкера, прочность может быть повышена на 20-30 %, а усадочные деформации уменьшены на 30-50 % [6].

Многочисленные исследования, проведенные в 70-х гг. в бывшем ЛИСИ, ВНИИ-СТРОМЕ, МХТИ им. Д. Менделеева свидетельствуют о том, что добавки гипса в количестве от 1 до 5 % резко интенсифицируют процесс связывания окиси кальция с кремнеземом. Многочисленные работы, проведенные в период становления промышленности производства автоклавных бетонов, подтверждает вхождение сульфат-ионов, наряду с ионами алюминия и железа, в гидросиликатные фазы с образованием гидратированных продуктов изоморфного типа. До 1/6 двуокиси кремния может быть замещено сульфатом, алюминием и железом. При этом 74 % алюминия, 50 % железа и 100 % сульфата могут замещать SiO_2 , а остальные доли алюминия и железа могут замещать ионы кальция [7, 8].

При исследовании фазового состава новообразований рентгеновским и дифференциально-термическим методами у всех образцов из смеси с $\text{C/S} = 0,5$ и 1, не содержащих гипса, обнаружена свободная известь. В образцах из тех же смесей, находящихся в гидротермальных условиях в течение 4 часов и более, наряду со свободной CaO содержатся также гидросиликаты кальция серии $\text{CSH}(\text{I})$ — на рентгенограммах образцов фиксируются дифракционные максимумы с $d/n = 3,01\text{-}3,02 \text{ \AA}$, а на кривых ДТА — экзотермические эффекты при 855-885°C. При увеличении содержания гипса интенсивность дифракционного мак-

симума $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ($d/n = 2,62 \text{ \AA}$) уменьшается после изотермической выдержки в течение 4 часов и связующее вещество представлено гидросиликатом серии CSH (I). Увеличение продолжительности изотермической выдержки вызывает переход CSH (I) в тоберморит (на рентгенограммах появляются дифракционные максимумы с $d/n = 3,07; 3,01$ и $2,80 \text{ \AA}$).

Именно наличие возвратного шлама и добавки природного гипса обеспечивают прирост прочности газобетона плотностью 300 кг/м^3 практически на одну марку (табл. 1). При плотности газобетона 300 кг/м^3 его прочность при сжатии увеличивается с $0,8-1,1 \text{ МПа}$ до $2,0-2,4 \text{ МПа}$. Оценка качества автоклавного газобетона с использованием ККК показывает, что в абсолютном измерении его величина увеличилась с $89-122$ до $200-266$.

Как было отмечено выше, лучшие предприятия бывшего СССР производили газобетон с ККК равным $120-150$.

Таблица 1. Физико-механические и теплотехнические характеристики продукции плотностью 300 кг/м^3

Средняя плотность, кг/м^3	304
Предел прочности при сжатии, МПа	2,48
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа	0,6
Морозостойкость	Не менее F35
Теплопроводность в сухом состоянии, $\text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$	Не более 0,8
Отпускная влажность, %	34,0
Усадка при высыхании, мм/м	0,3

Результатом проведенных исследований стала разработка ТУ У В.2.7-26.6-34840150-001:2009 (Изделия стеновые из ячеистого бетона автоклавного твердения «Аэрок») на производство автоклавного газобетона с повышенным ККК, получение «Сертификата соответствия» и внесения изменений в нормативную базу Украины.

Таблица 2. Расход сырьевых материалов и физико-механические характеристики продукции плотностью 500 кг/м^3

ООО «Аэрок» г. Обухов	Расход сырья, кг/м^3			В/Т	Время набора транспортной прочности, мин	Предел прочности при сжатии, МПа	Предел прочности на изгиб, МПа	Морозостойкость не менее, циклов
	Вяжущие (цемент + известь)	Газообразователь	Гипс					
Литьевая с гипсом	160	0,5	23	0,62	120-140	2,9-3,3	0,91-0,94	75
Ударная без гипса	190	0,75	-	0,49	100-130	1,5-2,0	0,79-0,8	25
Литьевая без гипса	160	0,5	-	0,62	240-300	1,0-1,6	0,4-0,6	15

Кроме увеличения ККК газобетона от нормативного значения практически на 100% не менее важным достигнутым положительным эффектом является интенсификация роста пластической прочности сырца до автоклавной обработки и уход от виброударной технологии.

Стремление к снижению плотности газобетона неминуемо ведет к увеличению В/Т отношения сырьевой смеси и удельной поверхности песчаного шлама [9]. Структурообразование газобетона, изготовленного вибрационным способом, протекает значительно быстрее, чем структурообразование обычного газобетона. Пониженное содержание воды в смеси приводит к увеличению прочности межпоровых стенок, но согласно [10] для каждого состава ячеистобетонных смесей установлено критическое значение интенсивности вибраций. Авторы [11] делают вывод о недопустимости вспучивания смеси после прекращения вибрации.

Вполне очевидно, что при вибровспучивании и ударной технологии производства газобетона целесообразно интенсивность вибраций снижать постепенно до конца вспучивания, т.е. устранить технологические напряжения, возникающие при резком отключении вибрации. Поскольку регулирование частоты и амплитуды вибрации в условиях работы промышленных предприятий весьма проблематично по целому ряду причин, следовательно ожидаемый положительный эффект вибротехнологии не всегда гарантирован, особенно при производстве изделий плотностью 400 кг/м^3 и ниже.

Альтернативным технологическим решением вибрационной (виброударной) технологии производства газобетона стало совместное использование добавки двуводного гипса при помоле песка и возвратного шлама в качестве кристаллической «затравки» на ООО «Аэрок» [12] (табл. 2).

На ООО «Аэрок» разработана и внедрена технологическая схема использования конденсата, а также его тепловой энергии в технологическом цикле производства ячеистого бетона.

Возникающий в процессе автоклавной обработки горячий конденсат подается сначала для охлаждения в теплообменник. Горячая вода используется для отопления помещений или подогрева воды в технологических целях, а оставшая часть конденсата — в качестве воды затворения при приготовлении ячеистобетонной смеси. Конденсат кроме накопленной тепловой энергии имеет щелочную среду, содержит в своем составе продукты гидратации вяжущего (цемент+известь). При автоклавной обработке при литьевой технологии производства образуется конденсат в объеме 0,09 м³ на 1 м³ выпускаемой продукции с температурой 75-80°С.

При правильном подходе данный конденсат и его тепловая энергия должны максимально быть использованы в технологическом процессе. При перепуске пара из автоклава в автоклав экономия в пересчете на природный газ составляет 4,5 м³ на 1 м³ выпускаемой продукции [13].

Таким образом, совместное использование возвратного шлама и добавки гипсового камня, а также возврат в технологический процесс конденсата и его тепла обеспечивает интенсификацию технологии производства автоклавного газобетона, приводит к повышению значения его ККК, а также экономии сырья и энергоресурсов.

Список использованных источников

Червяков Ю.М. Ніздрюватий бетон — ефективний стіновий матеріал / Ю.М. Червяков // *Строительные материалы и изделия*. — 2008. — № 6(52). — С. 35-36.

Соколовский Л.В. Научно-технические проблемы производства и применения ячеистого бетона / Л.В. Соколовский // *Строительные материалы и изделия*. — 2002. — № 3. — С. 14-16.

Сажнев Н.П. Производство ячеистобетонных изделий в Беларуси на современном этапе / Н.П. Сажнев, С.Б. Беланович, Д.П. Бухта и др. // *Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. Наук. тех. збірн.* — 2011. — № 40. — С. 147-160.

Рудченко Д.Г. О роли возвратного шлама в повышении качества ячеистых бетонов автоклавного твердения / Д.Г. Рудченко // *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наук. праць. - Рівне: НУВГП.* — 2011. — № 22. — С. 137-145.

Рудченко Д.Г. О роли гипсового камня в формировании фазового состава новообразований автоклавного ячеистого бетона / Д.Г. Рудченко // *Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. Наук. техн. збірник.* — 2012. — № 43. — С. 47-54.

Lerch W. The influence of gypsum on the hydration and properties of Portland Cement-pastes/ — In *Proceedings of the American Society for Testing Materials* 1946. vol. — p.1251-1292.

Людвиг У. Исследование механизма гидратации клинкерных минералов. В кн. шестой межд. конгр. по хим. цем. М.Стройиздат 1997. Т. 2. кн.1. — С. 104.

Шпинова Л.Г. Физико-химические основы формирования структуры цементного камня / Л.Г. Шпинова, В.И. Чих, и др.// *Львов: Вища школа, 1981.* — С. 160.

Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого СН 277 — 80. — Государственный комитет СССР по делам строительства Госстроя СССР. М. Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого автоклавного бетона по комплексной вибрационной технологии. — М.: НИИСтроМ, ВНИИЖелезобетон. 1975. — 47 с.

Сажнев Н.П. Производство ячеистобетонных изделий. Теория и практика / Н.П. Сажнев.// 2-е изд., Мн.: Стринко, 2004. — 84 с.

Куннос Г.Я., Лапса В.Х. К оптимизации вибровспучивания газобетона. // *Строительные материалы*. — 1969. — № 5. — С. 34-36.

Рудченко Д.Г. О повышении коэффициента конструктивного качества газобетона автоклавного твердения / Д.Г. Рудченко // *Строительные материалы и изделия*. — 2011. — № 4. — С. 13-16.

Рудченко Д.Г. Технологии энергосбережения и экономии сырьевых материалов в производстве изделий из ячеистого бетона автоклавного твердения на заводах AEROC / Д.Г. Рудченко // *Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. Наук. техн. збірник.* — 2009. — № 32. — С. 97-102.

Рудченко Д.Г. Ячеистый бетон автоклавного твердения AEROC. Некоторые пути повышения качества, энергосбережения и экономии сырьевых материалов / Д.Г. Рудченко // *Материалы 6-й межд. науч.-практ. конф. «Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения».* — Мисхор, 2009. — С. 50-61.

Рудченко Д.Г. Экономия материально-энергетических ресурсов при производстве ячеистых бетонов автоклавного твердения / Д.Г. Рудченко // *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. Наук.техн. збірник ВНТУ.* — 2011. — № 2. — С. 30-36.

АЛЮМИНИЕВЫЕ ГАЗООБРАЗОВАТЕЛИ С НЕСВЯЗАННОЙ СТРУКТУРОЙ ДЛЯ ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ

Прохоров С.Б., директор ООО «НСК-ТЕК» (г. Екатеринбург, Российская Федерация)

В России за последние несколько лет существенно возросли требования производителей газобетона к сырьевым компонентам, в том числе к газообразователям. Это связано, в первую очередь, с введением в строй более двух десятков предприятий, оснащенных современным высокопроизводительным оборудованием фирм Wehrhahn, Masa-Henke, Xella, H+N, W+K, Hess.

Традиционно алюминиевые газообразователи делятся на **пасты** и **пудры**.

Пасты относятся к специализированным газообразователям, т.е. не требуют дополнительной обработки ПАВ, пожаро- и взрывобезопасны в применении, отвечают современным санитарно-гигиеническим нормам условий труда. Активное использование алюминиевых паст в России началось с 2005 г., и сегодня их доля в общем объеме газообразователей составляет 25-27 %. В настоящее время большинство современных технологических линий по производству газобетона ориентированы на применение паст.

Что касается алюминиевых **пудр**, то опыт их применения насчитывает без малого сто лет, и до сих пор они занимают большую часть рынка газообразователей. Однако пудры имеют существенные недостатки, главными из которых являются высокое пыление и гидрофобность, что обуславливает необходимость дополнительных мер безопасности и применения ПАВ в процессе приготовления алюминиевой суспензии. Также к недостаткам относится отсутствие контроля со стороны производителей пудр таких показателей, как *кинетика газовыделения* и *содержание активного алюминия*, т.е. качество пудры оценивается, в первую очередь, с точки зрения использования ее в производстве лакокрасочной продукции, огнеупоров и твердых сплавов.

Российские производители алюминиевых порошков и пудр оказались не готовы к внимательному изучению требований, которым должны соответствовать алюминиевые газообразователи, не проявили интереса к новому, быстро растущему рынку высокоэффективного строительного материала. Заводы порошковой металлургии и до настоящего времени ориентированы на выпуск пудр алюминиевых пигментных ПАП-1 и ПАП-2 и предлагают их в качестве газообразователей для предприятий, производящих автоклавный газобетон. Основных причин такого невнимания три.

- **Первая и основная** — это отсутствие специалистов, которые смогли бы поставить задачу и обеспечить ее выполнение, т.е. сформулировать требования к новому продукту, отработать рецептурный состав, разработать технологию производства и провести промышленные испытания по внедрению специализированных газообразователей на конкретном предприятии.
- **Вторая** — это необходимость в техническом перевооружении существующего производства, в том числе и лабораторной базы. Заводы-производители порошков очень медленно внедряют современное оборудование, которое позволяет выпускать качественный, стабильный продукт.
- **Третья**, которая становится главной после решения первых двух причин, — это **отсутствие маркетинга**, в котором на первом месте сопровождение продаж: **технологическое** — личное участие в привязке продукта к существующей специфике производства, **консультационное** — «короткий» контакт с техническими специалистами предприятия по широкому кругу вопросов, **информационное** — техническая литература, материалы конференций, семинаров, публикации в профильных изданиях.

Перечисленные выше причины легли в основу мультифункционального проекта, предложенного ООО «НСК-ТЕК», по разработке, производству и продвижению отечественных газообразователей в России и странах СНГ. В 2005 г. была утверждена отраслевая программа «**Российские алюминиевые газообразователи**» [1], реализацией и финансированием которой занимается НСК-ТЕК.

Практика промышленного применения разработанных алюминиевых газообразователей показала их высокую эффективность. Конкретным результатом явилось то, что начиная с 2008 г., НСК-ТЕК занимает более 20 % российского рынка, а в 2011-м уже треть всего

Таблица. Характеристика газообразователей «Газобето+»

Марка	Кинетика газовой выделения, см ³ , не менее (справочно)			Степень измельчения (остаток на сите, %, не более)			Смачиваемость	Степень пыления*, %	Активность Al, % не менее
	2 мин	8 мин	16 мин	008	0056	0045			
Газобето+500®	14	54	66	1,0		8,0	смачивается	1,6	91
Газобето+400®	24	62	67		0,3	0,5	смачивается	2,1	90
ПАП I	-	-	-	1,0		15,0	не смачивается	3,5	-
ПАП II	-	-	-		0,3	0,5	не смачивается	5,9	-

* Оценка степени пыления производилась по специально разработанной методике, изложенной в работе [5]

газобетона выпускается в России с использованием газообразователей марок «Газобето» [2]. Более 70 % из поставленных газообразователей — это пасты, и о них хорошо известно потребителям. Начиная с 2007 г., алюминиевые пасты «Газобетолайт», «Газобетолюкс», «Газобетопласт» [3] заняли достойное место среди известных европейских марок, таких как Eckart, Shlenk, Benda-Lutz.

Особое внимание наша компания обращает на экономические аспекты деятельности. Алюминиевые пасты в сравнении с пудрами имеют более высокую стоимость и повышенный расход — это часто является решающим аргументом при выборе газообразователя. Особенно остро вопрос цены проявил себя в период кризиса 2008-2009 гг. Именно в это время НСК-ТЕК активизировало работу по разработке [4] и производству новых **газообразователей с несвязанной структурой** под маркой «Газобето+» (СТО 75754739-001-2010), которые соединили в себе преимущества паст и экономичность пудр.

Уникальность «Газобето+» заключается в их специализации. Они дифференцированы по маркам в зависимости от требуемой плотности готовой продукции и изготовлены для производителей газобетона с учетом основных требований к газообразователям. Марки «Газобето+» представляют собой тонкоизмельченный алюминиевый порошок серебристо-серого цвета, **с пониженным пылением** при пересыпании. Частицы алюминия после обработки специальными органическими добавками образуют конгломераты, которые имеют незначительную прочность и легко разрушаются при взаимодействии с водой. В то же время этой прочности достаточно, чтобы скрепить в гранулы мельчайшие частицы и значительно снизить пыление при работе с газообразователем. **Низкая степень пыления исключает вероятность воспламенения или взрыва** в зоне приготовления суспензии. Следует отметить **высокую активность** «Газобето+», что в свою очередь значительно (на 25-35 % по сравнению

с зарубежными аналогами-пастами) **сокращает расход** газообразователя.

Крюющая способность и показатель всплываемости у газообразователей (в отличие от пудр алюминиевых пигментных — ПАП) не регламентируются и не определяются. В сертификат качества «Газобето+» включены необходимые для заводских технологов характеристики: кинетика газовой выделения, содержание активного алюминия, смачиваемость (табл.). Периодически контролируются такие важные показатели, как удельная поверхность и гранулометрический состав газообразователя. На основании этих показателей формируются статистические таблицы, которые используются для оценки стабильности свойств. Срок хранения готовой продукции 1 год, в составе суспензии — 72 часа.

Исследование свойств «Газобето+» по истечении гарантийного срока (18 месяцев хранения) показало, что происходит лишь незначительное (не более 3 %) снижение активности.

«Газобето+500» применяется для производства блоков с плотностью D500-D600. Время приготовления суспензии — 30-40 минут при концентрации 1/20-1/10. Время роста массива составляет соответственно: 6-8 минут на ударной и до 20 минут на литьевой технологиях. При этом конечная фаза газовой выделения сопровождается мелкими, кратковременными выхлопами практически без просадки (до 0,5 см). Средний расход газообразователя для D500 составляет 0,36-0,46 кг/м³, для D600 — 0,3-0,4 кг/м³. Дополнительно проводились испытания по производству на «Газобето+500» блоков с маркой по плотности D 450, при этом средняя плотность по партии составила 430 кг/м³.

Европейский опыт производства и применения ячеистого бетона говорит о том, что спрос на газобетон пониженной плотности будет неуклонно расти. В России уже сегодня выпуск газобетона плотностью D350-D400 составляет не менее 30 % от общего объема производства. Для выпуска продукции такой плотности необходимо использовать марку «Газобето+400». Расход

газообразователя для изготовления газобетона марки D400 и D350 составляет в среднем 0,43-0,6 кг/м³. Процесс формирования массива зависит от технологии (ударная или литьева) и характеризуется небольшой просадкой (до 2,0 см) при кратковременных и спокойных выхлопах в конце фазы газовыделения. После автоклавирования газобетон имеет равномерную мелкопористую структуру с классом по прочности D400 не ниже B2, D350 не ниже B1,5, что полностью удовлетворяет требованиям ГОСТ 31360-2007.

«Газобето+» успешно прошли испытания более чем на 10 заводах, в числе которых — ООО «ПСО «Теплит» (Свердловская обл.), ЗАО «КСМ» (Тюменская обл.), ЗАО «ДЗГИ» (Московская обл.), ООО «НЗСМ» (Челябинская обл.), ООО «КПД-210» (Ростовская обл.), ОАО «Кирпич силикатный» (Республика Мордовия), ООО «Эко Блок» (Калининградская обл.). В 2011 г. все наши постоянные потребители — производители газобетона, ранее использующие ПАП, переведены на использование газообразователей с несвязанной структурой.

В настоящее время НСК-ТЕК продолжает работу над фракционным составом, улучшением физико-химических свойств и повышением эксплуатационной стабильности продукции. Стратегия развития нашего предприятия на 2012-2015 гг. предусматривает качественное изменение рынка газообразователей. Структурирование рынка будет происходить на фоне повышения требований к качеству, безопасности, экологичности и экономичности используемого сырья, что невозможно без учета современной специфики производства ячеистых бетонов автоклавного твердения. Через два, максимум три года, алюминиевые пудры ПАП уступят место специализированным газообра-

зователям, характеристики которых будут подбираться для каждого конкретного потребителя.

Республика Беларусь, имея за плечами 60-летний опыт выпуска ячеистых бетонов, является несомненным лидером не только в производстве. Научно-технические разработки по применению, нормативно-техническая документация на уровне европейских стандартов — все это говорит о четкой государственной политике, направленной на развитие высокоэффективной стройиндустрии [6]. В настоящее время мощности действующих белорусских заводов, с учетом строящихся и вводимых в эксплуатацию, немногим меньше, чем в России, а производство на 1000 жителей в разы превосходит российские показатели.

При этом нужно отметить, что более 90 % предприятий Республики Беларусь в качестве газообразователя используют пудры ПАП. Переход на «Газобето+» позволит, без изменения существующей рецептуры, значительно увеличить безопасность производства, санитарно-гигиенические условия труда, а также исключить дополнительную операцию и отказаться от использования ПАВ [7]. В 2008 г., в соответствии с планом развития нашей компании, зарегистрировано предприятие ООО «НСК-Урал» выполняющее функции филиала НСК-ТЕК по внешнеэкономической деятельности. НСК-Урал производит поставки в Казахстан, Беларусь, Украину, Узбекистан.

Являясь центром по разработке и внедрению специализированных газообразователей в России, НСК-ТЕК производит поставку фирменных газообразователей, осуществляет консультационно-информационные услуги, проводит полное предпродажное и послепродажное сопровождение.

Список использованных источников

Прохоров С.Б. Перспективы использования алюминиевых порошков в стройиндустрии // Доклад на Международной научно-практической конференции «Перспективы производства и применения продукции глубокой переработки алюминия», Каменск-Уральский, октябрь 2005.

Свидетельства на товарные знаки: № 340007 «Газобетолит», № 335530 «Газобетолукс», № 335531 «Газобетопласт», № 428647 «Газобето+».

Прохоров С.Б., Короткий М.А. Опыт и особенности применения алюминиевых паст марок «Газобетолит», «Газобетолукс» и «Газобетопласт» // Строительные материалы, М.: январь 2008. — С. 20-22.

Патент № 2363562 Способ получения алюминиевой гранулированной пудры для производства газобетона, 15 апреля 2008.

Семериков И.С., Вишневский А.А., Запольская А.А. Сравнительная оценка новых газообразователей для производства автоклавного газобетона // Строительные материалы, М.: 2010. — №1. — С. 47-49.

Сажнев Н.П. и др. Производство ячеистобетонных изделий. Теория и практика // Третье издание, Мн.: Стринко, 2010. — С. 31.

Прохоров С.Б., Вишневский А.А. Газообразователи для получения ячеистых бетонов пониженной плотности // Материалы 6-й Международной научно-практической конференции, Минск, 26-28 мая 2010. — С. 51-53.

Примечание: материалы, указанные в списке литературы, представлены на сайте www.nsktek.ru

ПРОИЗВОДСТВО СОВРЕМЕННЫХ ГИДРОФИЛЬНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ ПУДР И ПАСТ ДЛЯ ГАЗОБЕТОНА

Змановский С.В., и.о. управляющего директора, **Никитин П.Н.**, технический специалист ОК РУСАЛ (Российская Федерация)

В связи с повышением требований к теплозащите зданий и сооружений, как одного из этапов решения задач ресурсо- и энергосбережения в строительстве, наблюдается увеличение спроса на ячеистые бетоны автоклавного твердения. Ежегодный рост объема производства газобетона в странах СНГ составляет 15-20 %.

Выбор качественных сырьевых компонентов — извести, цемента, песка, гипса, алюминиевой пудры или пасты — обеспечивает уникальные эксплуатационные свойства газобетонных блоков. Как известно, в странах СНГ рынок сырьевых материалов очень богат, но не совершенен. Из большого количества предприятий, занимающихся добычей и поставками сырья заводам-производителям строительных материалов, стабильность качества сырьевых компонентов могут гарантировать лишь единицы.

Многим заводам приходится работать с известью, характеризующейся высокой изменчивостью свойств и часто пониженной активностью и короткими сроками гашения; песком, содержащим повышенное количество ИГП. Ячеистобетонная смесь в момент ее выгрузки из смесителя нередко имеет высокую температуру летом и низкую — зимой. В этих условиях выбор оптимального газообразователя играет первостепенную роль.

До недавнего времени основным газообразующим компонентом, применяемым на заводах по производству ячеистого бетона в странах СНГ, являлась пигментная алюминиевая пудра (марки ПАП-1 и ПАП-2), производимая по ГОСТ 5494 и требовавшая дополнительного прокаливания либо введения поверхностно-активных веществ в процессе приготовления алюминиевой суспензии.

В процессе производства пигментов ПАП-1/ПАП-2 проводится контроль показателей, значения которых регламентируются вышеуказанным ГОСТом (кроющая способность на воде, гранулометрический состав (остаток на ситах), всплываемость, химический состав), при этом характеристики, существенно влияющие на процесс формирования газобетонного массива, остаются не определенными (табл. 1).

Кроющая способность на воде может значительно отличаться для одной и той же марки. Теоретически, пудры, имеющие кроющую способность на воде $\geq 10000 \text{ см}^2/\text{г}$, маркируются под марками ПАП-2. Однако, в случае, когда остаток на одном из сит не удовлетворяет указанным выше требованиям (остаток на сите +0056 $> 0,3 \%$ или на сите +0045 $> 0,5 \%$), пудры маркируются под марками ПАП-1.

При этом возникает ситуация, когда кроющая способность на воде ПАП-1 оказывается выше аналогичной характеристики пудры ПАП-2 (табл. 2).

Если говорить о среднем размере частиц, то этот показатель также значительно отличается для продуктов одной марки, однако данный параметр не контролируется.

Работая по оптимизированной рецептуре, технологи, в случае изменения характеристик продукта, сталкиваются с нестандартным процессом газовыделения, приводящим, в конечном итоге, к выпуску некачественной продукции (рис. 1).

Таблица 1. Показатели, регламентирующиеся ГОСТ 5494

Марка	Кроющая способность на воде, $\text{см}^2/\text{г}$, не менее	Гранулометрический состав			Al _{акт} не менее	Химический состав, %						Всплываемость, %, не менее
		Остаток на ситах, %, не более (номера сеток по ГОСТ 6613)				Примеси, не более						
		+008	+0056	+0045		железа	кремния	меди	марганца	влаги	жировых добавок	
ПАП-1	7000	1	-	-	-	0,5	0,4	0,05	0,01	0,2	3,8	80
ПАП-2	10000	-	0,3	0,5	-	0,5	0,4	0,05	0,01	0,2	3,8	80

Таблица 2. Фактические характеристики пигментных пудр ПАП-1/ПАП-2

Марка	Кроющая способность на воде, см ² /г	Гранулометрический состав			Средний размер частиц D ₅₀ , мкм
		Остаток на сите +008, %	Остаток на сите +0056, %	Остаток на сите +0045, %	
ПАП-1	7 000-11 000	0-1	-	-	15-35
ПАП-2	10 000-13 000	-	0-0,3	0-0,5	10-25



Рис. 1. Некондиционные газобетонные блоки, полученные в результате использования некачественного газообразователя



Рис. 2. Газобетонные блоки, полученные в результате использования пудры, содержащей сваренные алюминиевые частицы

Однако согласно ГОСТ 5494 нормативные характеристики пудры отвечают необходимым требованиям, а следовательно, использованная пудра является качественной.

При инструментальном осмотре пигментной пудры можно заметить наличие комков, состоящих из сваренных между собой алюминиевых частиц. При приготовлении алюминиевой суспензии подобные частицы не отделяются друг от друга, и вводимое поверхностно-активное вещество обволакивает не отдельные частицы, а укрупненный агломерат в целом.

Наличие комков не позволяет получить однородную структуру ячеистого бетона. Образующиеся ячейки больших размеров имеют далекую от идеальной сферы форму и тенденцию соединяться между собой при вспучивании массива (рис. 2).

Укрупненные поры могут быть вызваны также некорректно подобранной вязкостью ячеистобетонной смеси и неподходящим гранулометрическим составом газообразователя.

Полное превращение агломерата в гидроалюминат кальция $2Al + Ca(OH)_2 + 6 H_2O \rightarrow CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 4 H_2O + 3H_2 \uparrow$ происходит значительно медленнее аналогичной реакции с участием свободной частицы, часто вызывая бурную конечную стадию газовыделения, сопровождающуюся значительной просадкой массива или полным его падением (рис. 3).

Нестабильность свойств пигментной пудры привела к необходимости разработки новых видов газообразователей, отвечающих современным требованиям газобетонных производств. Кинетика газовыделения, содержание активного алюминия, средний размер частиц (D_{50}), а также величины D_{10} и D_{90} , характеризующие их однородность, — параметры, существенно влияющие на технологический процесс производства газобетона.

В 2011 г. ОК РУСАЛ реализовано 6 740 т алюминиевых компонентов для производства газобетонных изделий на рынке стран СНГ. Объединенная компания крепко удерживает



Рис. 3. Газобетонный массив, полученный в результате использования некачественного газообразователя

лидирующие позиции в данном сегменте рынка и планирует увеличение объема продаж в 2012 г. до 7 400-7 800 т. Для реализации поставленных задач необходима коренная модернизация существующего производства, конечной целью которой является получение современных конкурентоспособных газообразователей.

Проанализировав имеющиеся данные и возможности, компания разработала новые виды алюминиевых гидрофильных пудр для производства газобетона (табл. 3).

Таблица 3. Алюминиевые гидрофильные пудры для газобетона, производимые ОК РУСАЛ

Марка	Содержание активного алюминия, %	Средний размер частиц D50, μm	Смачиваемость	Рекомендуемая газоплотность бетона, $\text{кг}/\text{м}^3$
ГАП-1	> 91	≤ 15	+	< 450
ГАП-2	> 91	15-25	+	350-500
ГАП-3	> 91	25-35	+	500-600
ГАП-4	> 91	35-45	+	> 600
ГАП-5	> 91	45-55	+	> 600

Процесс производства гидрофильных алюминиевых пудр осуществляется сухим из-

мельчением алюминиевой заготовки в атмосфере инертного газа (азота) с контролируемым содержанием кислорода. Для придания пудре гидрофильных свойств, предупреждения сваривания алюминиевых частиц, а также уменьшения пыления конечного продукта и сокращения времени приготовления алюминиевой суспензии, в процессе измельчения в мельницу подается комплексная добавка.



Рис. 4. Принцип работы лазерного дифракционного микроанализатора

Одним из компонентов комплексной добавки является поверхностно-активное вещество. Подача ПАВ непосредственно в мельницу позволяет добиться его равномерной адсорбции на алюминиевых частицах, исключая присутствие укрупненных агломератов (склеенных комков), часто возникающих при производстве

Interpolation Values... C:\Program Files\la22_32\FRITSCH\0,1_100.FPS					
***** %	<=	0.100 μm	5.9 %	<=	5.000 μm
55.3 %	<=	20.000 μm	78.2 %	<=	30.000 μm
95.0 %	<=	50.000 μm	97.4 %	<=	60.000 μm
99.0 %	<=	80.000 μm	99.3 %	<=	90.000 μm
				<=	100.000 μm

Interpolation Values... C:\Program Files\la22_32\FRITSCH\10_50_90.FPV			
10.0 %	<=	6.580 μm	50.0 %
		18.299 μm	90.0 %
			<= 40.324 μm

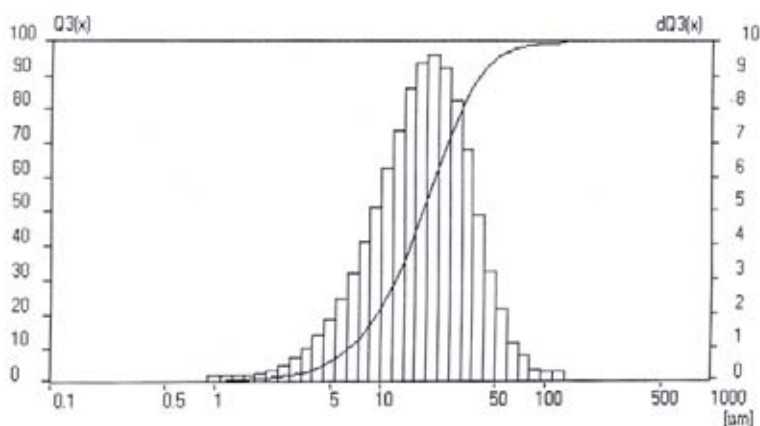
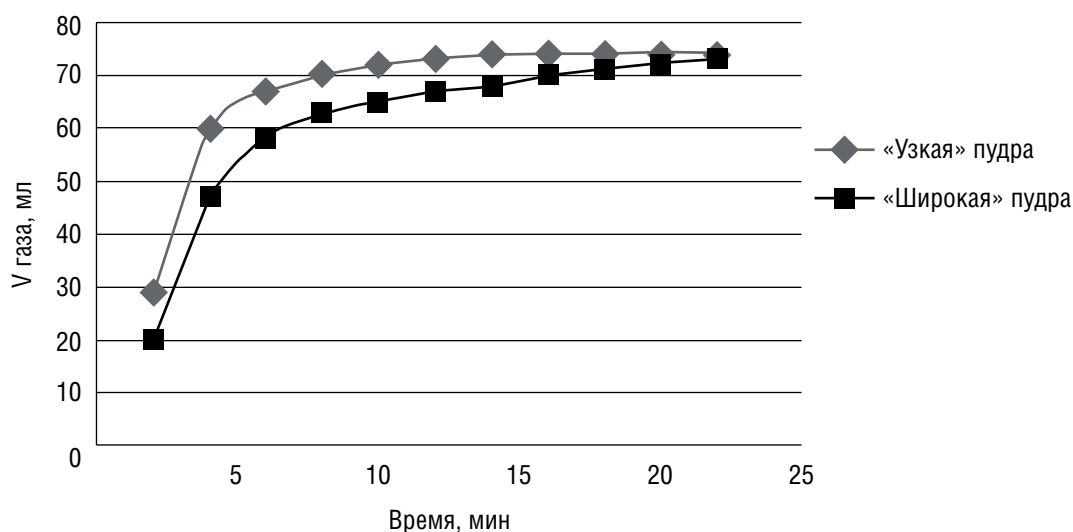


Рис. 5. Данные гранулометрического состава пудр, полученные методом лазерной дифракции

Рис. 6. Кривые газовыделения алюминиевых пудр



гидрофобной пудры марок ПАП, как указывалось выше.

Существенным фактором, влияющим на формирование однородной структуры газобетона, является однородность самих частиц. Остаток на сите не дает полной картины гранулометрического состава пудры, когда речь идет о столь малых величинах.

Оснащенные современным оборудованием лаборатории ОК РУСАЛ позволяют контролировать этот показатель на качественно новом уровне. Лазерный дифракционный микроанализатор размеров частиц «Analysette 22» фирмы FRITSCH — прибор, основанный на явлении дифракции сходящегося лазерного луча и зависимости угла рассеяния света от размера частиц.

Прибор позволяет измерять эквивалентный диаметр частиц и их распределение по фракциям, составляющим 10 % (D_{10}), 50 % (D_{50}) и 90 % (D_{90}) по массовой доле твердого вещества. Метод является более точным и быстрым (подготовка и анализ занимают около 5 минут) по сравнению со способом определения гранулометрического состава пудр путем их просеивания через сита.

Лаборатория осуществляет непрерывный поэтапный производственный контроль выпускаемой продукции. После получения предварительных результатов анализа гранулометрического состава вышедшего из мельницы полупродукта, пудра подвергается дальнейшей классификации.

Промышленное оборудование позволяет разделять полупродукт центробежно-вихревым классификатором на фракции, создавая пудры практически монодисперсного состава, так называемые «узкие» газообразователи.

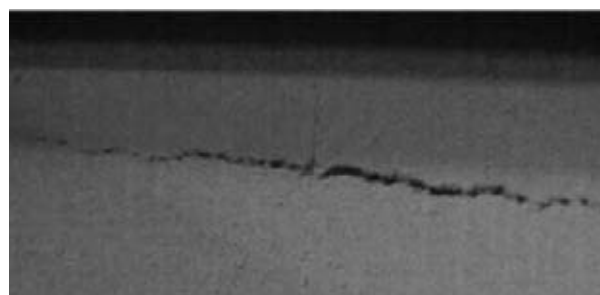


Рис. 7. Усадочные трещины, вызванные продолжительным газовыделением

Полидисперсный состав «широких» пудр ухудшает структуру ячеистого бетона и вызывает перерасход газообразователя.

Таким образом, гранулометрический состав (величины D_{10} , D_{50} , D_{90}) — это основная характеристика, существенно влияющая на кинетику газовыделения.

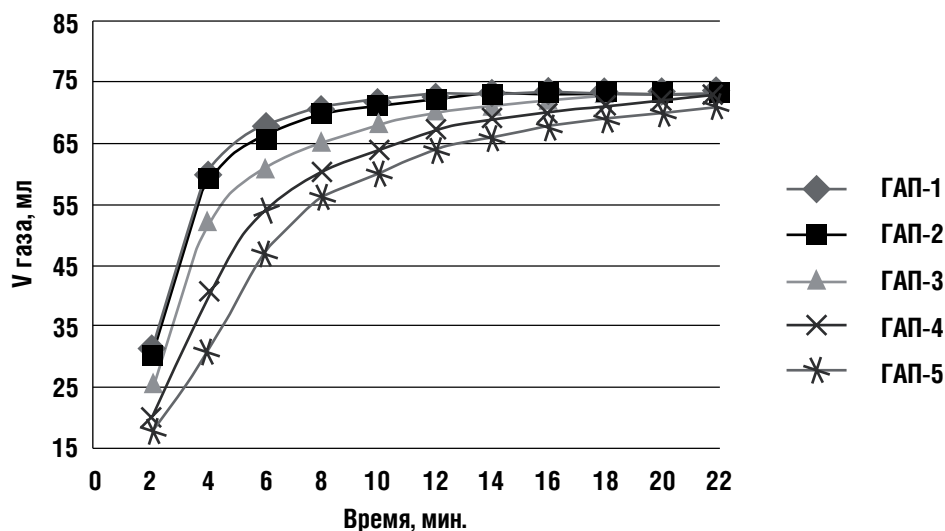
Кинетика газовыделения двух типов пудр представлена кривыми на рис. 6.

Полное окончание газовыделения «узких» пудр происходит на 5-10 минут раньше по сравнению с пудрами, имеющими широкий фракционный состав. Этот показатель является определяющим для многих производителей ячеистого бетона.

Продолжительное газовыделение вызывает либо значительную просадку смеси, либо возникновение усадочных трещин, размеры и количество которых увеличивается с увеличением производимой плотности газобетона (рис. 7).

Усадочные трещины могут возникать также при некорректном выборе крупности газообразователя (существует ряд других факторов, которые в данном исследовании не рассматриваются).

Рис. 8. Кривые газовыделения алюминиевых гидрофильных пудр ОК РУСАЛ



ОК РУСАЛ выпускает пять марок алюминиевых гидрофильных пудр. Пудры имеют различный гранулометрический состав, а следовательно, отличаются кинетикой газовыделения (рис. 8).

Наличие пяти марок пудр с узким гранулометрическим составом позволяет подобрать оптимальный газообразователь для каждого газобетонного завода, имеющего свои технологические особенности и специфику сырьевой базы, включая возможность смешения крупных и мелких пудр в различных соотношениях.

Известно, что на газообразующую способность ячеистобетонной смеси влияет ряд факторов. Основные из них — начальная вязкость, текучесть смеси, ее температура, скорость образования структуры с определенными свойствами, дисперсность алюминиевой пудры (пасты) и ее количество, химический состав среды [1]. Выбор оптимального гранулометрического состава пудры, определяющего размеры пор ячеистого бетона и кинетику газовыделения, — одна из основных задач любого газобетонного производства.

В настоящий момент средняя плотность газобетона, продаваемого в Северо-западном федеральном округе РФ, самая низкая по России — она составляет менее 440 кг/м^3 (более 60 % реализуемого газобетона имеет марки по средней плотности D400 и D300). А по России средняя плотность газобетона составляет чуть более 500 кг/м^3 [2].

Пудры, представленные компаниями Schlenk, Eckart, Benda-Lutz Волжский, имеют средний размер частиц 20-60 мкм. ОК РУСАЛ производит газообразователи с гранулометрическим составом 10-55 мкм. Продукты со средним размером частиц < 15 мкм оптимальны при производстве газобетона плотностью < 450 кг/м^3 .

Для существенного снижения пыления значительная часть современных заводов по производству автоклавного газобетона использует исключительно алюминиевые пасты. Главными преимуществами работы с алюминиевыми пастами является практически полное отсутствие пыления (повышенная безопасность) и уменьшение влияния погрешности дозирующего оборудования. Кроме того, существует ряд заводов, способных работать исключительно на пастах. Повышенный расход является основным недостатком использования алюминиевых паст.

ОК РУСАЛ производит 15 видов алюминиевых паст, отличающихся друг от друга гранулометрическим составом (аналогично алюминиевым гидрофильным пудрам), а также содержанием сольвента (табл. 4).

Баланс «степень пыления — расход газообразователя» для различных производств различен. Выпуск алюминиевых паст с большим или меньшим содержанием сольвента позволяет выбрать наиболее оптимальный вариант для каждого потребителя (табл. 5).

Расход газообразователей ГАП-2, АПГ-2.1, АПГ-2.2, АПГ-2.3 демонстрирует увеличение потребления и уменьшение степени пыления при переходе от ГАП-2 к АПГ-2.3, вызванное увеличением содержания сольвента.

Увеличение содержания сольвента вызывает уменьшение выделяемого водорода без изменения кинетики газовыделения (рис. 9).

Технологические особенности применения паст не отличаются от описанных выше особенностей применения алюминиевых гидрофильных пудр. Таким образом, производимые ОК РУСАЛ алюминиевые гидрофильные пудры и пасты являются современными газообразователями мирового уровня. Высокопрофессиональный коллектив, осуществляющий непрерывный кон-

Таблица 4. Алюминиевые пасты для газобетона, производимые ОК РУСАЛ

Марка	Содержание металла, %	Содержание активного алюминия в металле, %	Средний размер частиц D50, μm	Смачиваемость	Рекомендуемая плотность газобетона, $\text{кг}/\text{м}^3$
АПГ-1.1	≥ 85	> 91	≤ 15	+	< 450
АПГ-1.2	75-85	> 91	≤ 15	+	< 450
АПГ-1.3	65-75	> 91	≤ 15	+	< 450
АПГ-2.1	≥ 85	> 91	15-25	+	350-500
АПГ-2.2	75-85	> 91	15-25	+	350-500
АПГ-2.3	65-75	> 91	15-25	+	350-500
АПГ-3.1	≥ 85	> 91	25-35	+	500-600
АПГ-3.2	75-85	> 91	25-35	+	500-600
АПГ-3.3	65-75	> 91	25-35	+	500-600
АПГ-4.1	≥ 85	> 91	35-45	+	> 600
АПГ-4.2	75-85	> 91	35-45	+	> 600
АПГ-4.3	65-75	> 91	35-45	+	> 600
АПГ-5.1	≥ 85	> 91	45-55	+	> 600
АПГ-5.2	75-85	> 91	45-55	+	> 600
АПГ-5.3	65-75	> 91	45-55	+	> 600

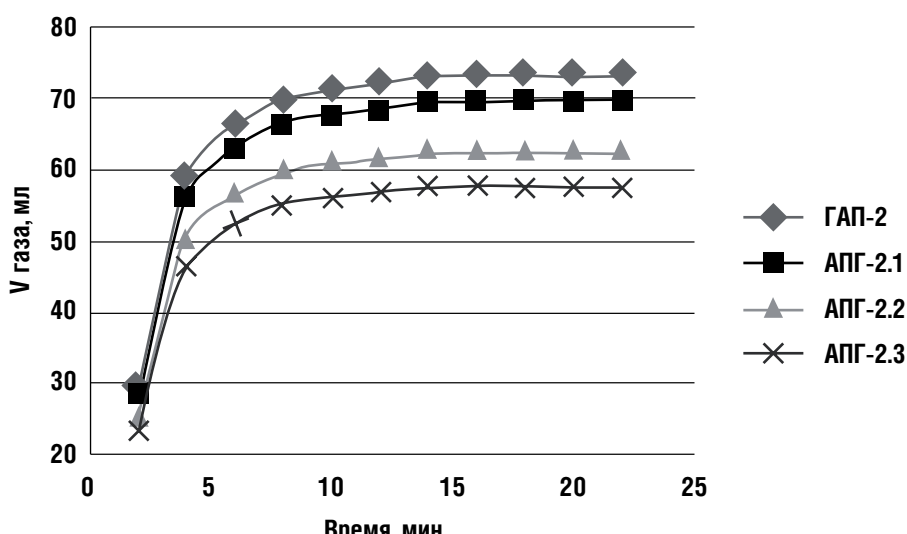
Таблица 5. Изменение степени пыления и расхода газообразователей

Название продукта	Содержание металла, %	Расход, $\text{кг}/\text{м}^3$ ячеистобетонного массива плотности D 500 (до разрезки)	Уменьшение степени пыления газообразователя
ГАП-2	> 95	0,39	
АПГ-2.1	90	0,41	
АПГ-2.2	80	0,44	
АПГ-2.3	73	0,47	

троль важных для производителей газобетона параметров пудр и паст, таких как гранулометрический состав (D_{10} , D_{50} , D_{90}), кинетика газовыделения, содержание активного алюминия, содержание сольвента, степень смачиваемости, удельная поверхность, — позволяет выпускать пудры и пасты, характеризующиеся повышенной стабильностью и сниженным пылением.

Различный гранулометрический состав продуктов дает возможность подобрать оптимальный газообразователь для каждого потребителя согласно марке по плотности выпускаемого газобетона и специфики производственного процесса.

Рис. 9. Кривые газовыделения продуктов, содержащих различное количество сольвента



Список использованных источников

1. Кривицкий М.Я. Ячеистые бетоны (технология, свойства и конструкции) / М.Я. Кривицкий [и др.] — издательство литературы по строительству // Москва, 1972. — 137 с.
2. Гринфельд Г.И. Автоклавный газобетон в малоэтажном строительстве / Г.И. Гринфельд // Стройпрофиль. — 2011. — № 5. — С. 34-36.

АНТИАДГЕЗИОННАЯ СМАЗКА «БЕТОЛ-01» В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

Данишевский В.Н., канд. тех. наук, начальник технического отдела, Саркисьянц В.С., вед. инженер отдела маркетинга и мониторинга рынка ОАО «Завод горного воска» (г. Минск, Республика Беларусь)

В технологии производства изделий из ячеистого бетона, формируемых в металлических формах, важную роль играет качество наносимой разделительной смазки, а именно отсутствие пригаров на металлической форме и удерживаемость смазки на поверхности при подаче рабочего раствора.

Сотрудниками Института Природопользования НАН Беларуси совместно с ОАО «Завод горного воска» в 2006 г. разработана и внедрена в производство смазка «Бетол-01», пользующаяся спросом на многих предприятиях Республики Беларусь и Российской Федерации.

В качестве основы смазки использованы высоковязкие минеральные и растительные масла. Для обеспечения требуемых эксплуатационных свойств смазки в ее состав введен комплекс антиадгезионных, вытесняющих, моющих и защитных присадок.

Наличие в смазке значительного количества маслорастворимых ПАВ позволяет создать на горизонтальных и вертикальных поверхностях опалубки прочный разделительный слой, обладающий высокими антиадгезионными свойствами (относительная величина снижения адгезии бетона к стали составляет не менее 97 %).

Для повышения способности смазки защищать металлическую форму от коррозии в ее состав введен маслорастворимый ингибитор коррозии на основе остаточного продукта крекинга масляных фракций. Форму, покрытую смазкой, можно длительное время хранить на открытом воздухе без потери ее потребительских свойств. По показателям кинематической

вязкости при 40°C смазка «Бетол-01» соответствует диапазону 90-110 сСт (марка «А») и 110-150 сСт (марка «Б»). По комплексу эксплуатационных характеристик смазка «Бетол-01» не уступает немецкой смазке Addinol F-150, превосходя ее по ценовому фактору.

Смазку наносят на внутреннюю поверхность металлической формы распылителем, щеткой, валиком или кистью. При необходимости смазку допускается нагревать до температуры 80°C. Оптимальный расход смазки в зависимости от метода и температуры нанесения составляет 30-35 г/м² рабочей поверхности формы. При использовании электрофилтра на вентиляции отсоса на посту нанесения смазки налипание на электрофилтре отсутствует. По результатам токсикологической экспертизы смазка «Бетол-01» является малоопасным веществом и по степени воздействия на организм человека (согласно ГОСТ 12.1.007) отнесена к 4 классу опасности. Высокие эксплуатационные свойства смазки «Бетол-01» продлевают срок службы опалубки, защищая ее от коррозии.

Обязательным требованием потенциальных потребителей является проведение необходимого цикла испытаний с подтверждением преимуществ новой смазки по качественным и экономическим параметрам.



Для осуществления аналитического контроля качества выпускаемой смазки, лаборатория ОТК была оснащена следующим необходимым лабораторным оборудованием:

- оснастка для приготовления опытных образцов бетона;
- виброустановка для уплотнения бетона;
- камера влажности для созревания бетона;
- шаблоны из материала промышленных форм;
- динамометр для определения степени адгезии бетона.

Один из параметров смазки — удельная эффективная активность естественных радионуклидов — периодически проверяется в Институте Природопользования НАН Беларуси.

По согласованию с предприятием-потребителем завод заключает договор о безвозмездной поставке оговоренного количества смазки и участвует в проведении испытаний, по итогам которых потребитель предоставляет АКТ испытаний и принимает решение о применении смазки в технологическом процессе. В случае выявления по результатам испытаний каких-либо замечаний заводом проводилась доработка смазки. В частности, для расширения диапазона показателя «вязкости» смазки проведена ее модификация с внесением изменений в нормативную документацию.

Для выполнения мероприятий, предусмотренных «Республиканской межотраслевой программой по организации производства импортозамещающих материалов», на ОАО «Завод горного воска» был создан участок по производству разделительных смазок мощностью 3 300 т/год, в т.ч. 1 300 т/год для изделий из ячеистого бетона, 2 000 т/год для изделий из тяжелого бетона.

Процесс освоения рынка отражает приведенная ниже динамика роста объемов реализации смазки для изделий из ячеистого бетона:

2006 г. (начало освоения с июня месяца)	24,32 т
2007 г. (64 % внут. на 36 % внеш.)	124,44 т
2008 г	332,80 т
2009 г	530,21 т
2010 г	748,33 т
2011 г. (51 % внут. на 49 % внеш.)	788,46 т

Если на начальной стадии производства смазки (2007 г.) объем реализации на внутренний рынок составлял 64 %, а на внешний — 36 %, то к 2011 г. этот показатель составил 51 % и 49 % соответственно, что свидетельствует об увеличении объема продаж смазки на внешний рынок.

Смазка «Бетол-01» применяется на крупнейших отечественных и российских предприятиях по производству изделий из ячеистого бетона.

В настоящее время потребителями смазки «Бетол-01» на внешнем рынке являются такие предприятия, как:

- ОАО «Костромской силикатный завод»;
- ООО «Костромской завод строительных материалов»;
- ООО «Боргазобетон» (Нижегородская обл.);
- ЗАО «АэроБел» (г. Белгород);
- ООО «ЭКО» (г. Ярославль);
- ОАО «Комбинат Красный строитель» (г. Воскресенск);
- ЗАО «ЕвроАэроБетон» (г. Сланцы);
- ООО «ТД Бетокам» (Пермский край);
- ЗАО «Ковровский завод силикатного кирпича»;
- ЗАО «Клинцовский силикатный завод»;
- ОАО «Кирпич силикатный» (Мордовия) и др.

На внутреннем рынке основными потребителями выступают следующие предприятия:

- ОАО «Гродненский КСМ»;
- ЗАО «Могилевский КСИ»;
- ОАО «Минский комбинат силикатных изделий»;
- ОАО «Сморгоньсиликатобетон»;
- ОАО «Красносельскстройматериалы» (Гродненская обл.);
- ОАО «Оршастройматериалы»;
- ОАО «Гомельстройматериалы»;
- ОАО «Белсвязьстрой» (г. Минск);
- ООО «Газосиликат» (Могилевская обл.);
- ЧТУП «БелНовоСтрой» (г. Бобруйск);
- ОАО «Березовский КСИ»;
- ООО «Беяев и сыновья» (Гомельская обл.);
- ОАО «СРСУ-3» (г. Новополоцк).

Технологические линии на этих предприятиях в основном оснащены оборудованием немецких компаний Masa-Henke — около 50 %, Wehrhahn — около 30 %, Winzler and Kelly, Ytong и др.

В плане перспективного развития завода на 2012-2015 гг. предусматривается строительство новых высокоавтоматизированных линий по производству разделительных смазок для ячеистого и тяжелого бетона, что будет способствовать дальнейшему росту конкурентоспособности продукции завода на международном рынке.

СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

Рабкевич Ю.П., магистрант Белорусского национального технического университета (г. Минск, Республика Беларусь), **Левков К.Л.**, инженер «Научно-технологического парка БНТУ «Политехник» (г. Минск, Республика Беларусь)

Сегодня строительный комплекс остается одним из немногих реальных секторов экономики, от которого напрямую зависит решение жилищной проблемы, обновление основных фондов, структурная перестройка промышленности, и, в конечном счете, эффективность реального сектора экономики. Инвестированный в строительство рубль привлекает за собой 4-5 рублей в смежные отрасли экономики.

В 2010 г. в Беларуси введены в действие изменения в нормы проектирования в части увеличения термосопротивления зданий, что позволит сэкономить до 25 % энергии при их эксплуатации. В связи с этим производство силикатных строительных материалов имеет большое значение для нашей страны.

На сегодняшний день силикатные изделия — это незаменимый материал с хорошими характеристиками по прочности и надежности конструкций. Абсолютным лидером по изготовлению газобетонных изделий из расчета на душу населения в соседних странах является Беларусь, где за последние пять лет объем производства нарашен на 1 млн м³ и достиг показателя в 3,5 млн м³ в год. На территории государства работает более 10 крупных предприятий по выпуску изделий из ячеистого бетона. Основной объем производства приходится на заводы, работающие по технологиям фирм Masa-Henke, «Хебель», Wehrhahn. [1]

Технология автоклавного ячеистого бетона предполагает использование молотых сырьевых материалов при автоклавной обработке в определенном режиме: температура 180-190°C и давление пара 12 бар по норме 0,15 т/м³ образуют новые соединения с хоро-



Рис. 1. Набор прочности газобетоном в автоклавах

шими прочностными и эксплуатационными характеристиками.

Процесс автоклавной обработки силикатных изделий является нестационарным. Его основными этапами являются:

- подъем давления в автоклаве (до 1,2 МПа; 3 ч);
- выдержка (1,2 МПа; 6,5 ч);
- сброс давления (1,5 ч).

Загрузочно-разгрузочные операции составляют — 5-6 ч., иногда предусматривают вакуумирование (0,5-1,5 часа) и перепуск пара (около 2-х часов). Общий цикл запаривания составит 17 ч. (данные приведены для производства по технологии Masa-Henke, табл.).

Таблица. Расход пара
в процессе обработки ячеистого бетона

Наименование процесса	Расход, кг/м ³
Подъем давления и температуры	119
Процесс выдержки	33
Всего	151

Теплотехнологический процесс автоклавной обработки обладает существенным количеством тепловых отходов в виде сбросного пара и конденсата (табл. 2). В этой связи возникает необходимость рационального использования тепловых отходов предприятий в самом технологическом процессе (регенеративное теплоиспользование) или как вторичные энергетические ресурсы (ВЭР). Наиболее простым во многих случаях может быть утилизационное теплоиспользование. Этот термин подразумевает использование тепловых отходов не в технологических нуждах, а на стороне, например для создания микроклимата помещений или нагрева питательной воды.

Наряду с этим существует комбинированное теплоиспользование, включающее оба перечисленных метода. Таким образом можно до-

Таблица 2. Параметры ВЭР в технологии обработки ячеистого бетона

Вторичные энергоресурсы	Температура, °С	Расход, кг/м ³	Мощность, кВт
Сбросного конденсата и удаленной влаги из бетона (подъем)	118	111	543
Сбросного конденсата и удаленной влаги из бетона (выдержка)	166	62	431
Сбросного пара	180-100	24	654

стичь максимальной эффективности использования энергетических ресурсов в промышленности и уменьшить затраты на выпуск продукции.

Основной принцип экономии энергии заключается в многократном ее использовании. Это значит, что теплоносители с высоким температурным потенциалом следует использовать в следующем порядке:

- для получения работы (выработка электрической или механической энергии);
- для технологических нужд;
- для создания микроклимата (отопление, вентиляция, кондиционирование);

Таким образом для экономии топливно-энергетических ресурсов необходимо проводить тепловую регенерацию в цикле и утилизировать тепловые отходы производства. В технологии производства ячеистого бетона возможны следующие методы оптимизации:

- перепуск пара;
- установка парового аккумулятора Рутса (рис. 2);
- установка нового типа аккумулятора скрытой теплоты (latent heat storage);
- использование тепловых отходов для нагрева воды в теплообменнике;
- выработка электрической энергии с применением утилизационных турбинных установок (ТурбоСфера);
- другие методы.

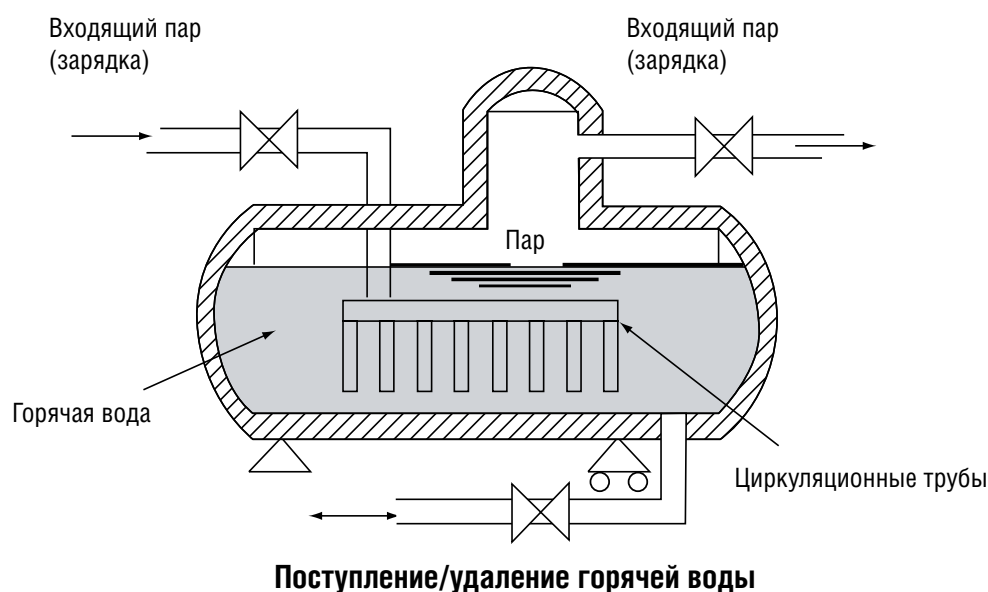
Рассмотрим более подробно основные методы.

При осуществлении перепуска пара он поступает из автоклава, находящегося в режиме сброса давления, в автоклав, находящийся в режиме подъема. Для этого необходимо варьировать технологическими графиками автоклавов и осуществлять последовательный запуск. Данный процесс может сопровождаться нежелательными простоями в производстве, однако позволяет снизить потребление пара из котельной.

Основной сложностью утилизации ВЭР производства ячеистого бетона является крайняя неравномерность работы технологии. Хранение вторичной тепловой энергии в баках-аккумуляторах позволяет гибко использовать энергоресурсы и оптимизировать загрузку утилизирующих мощностей.

Хранение свежего пара может осуществляться в традиционных аккумуляторах Рутса. Эти резервуары зарекомендовали себя простотой и надежностью. Недостаток конструкции — давление и температура пара быстро падают в процессе разгрузки аккумулятора, когда пар направляется для заполнения следующего автоклава. Возможно также применение рассматриваемого аккумулятора для хранения отработанного, сбросного пара.

Рис. 2. Бак аккумулятор Рутса



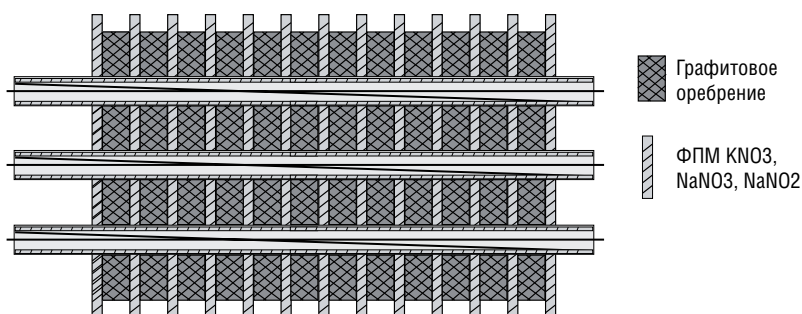
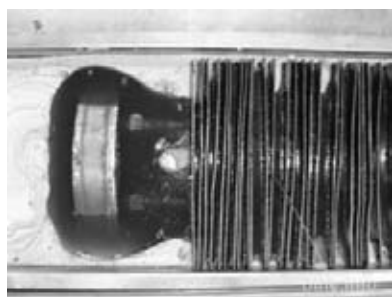


Рис. 3. Схематическое изображение аккумулятора скрытой теплоты

В настоящее время разработан и испытан новый способ хранения потенциала тепловых отходов. Аккумулятор скрытой теплоты (рис. 3), который способен производить технологический пар в диапазоне температур от 120 до 250°C на основе материалов фазового перехода (ФПМ). Различные соляные соединения, каждое из которых плавится в определенном диапазоне температур, используются в качестве накопителя энергии. Так же принято располагать графитовое ребрение в ФПМ, чтобы улучшить теплообмен. Аккумулятор скрытой теплоты преобразует энергию в непрерывный поток для последующего использования в тепловых процессах. Разработка принадлежит фирме Байн (Bain), Германия [3].

Потенциал тепловых отходов позволяет осуществлять подогрев воды до температуры 85-90°C. В этом случае применяют систему теплообменных аппаратов (ТОА) и барботирующего устройства для сбросного пара. Конденсат нагревает воду в ТОА первой ступени, затем он подогревается за счет сбросного пара при помощи барботажа и поступает в ТОА второй ступени. При этом в виду высокой температуры конденсата происходит его вторичное вскипание, снижая эффективность установки.

Данный метод прост в реализации и не требует больших капиталовложений. Однако подогрев питательной воды перед подачей в парогенерирующий источник снизит КПД водяного экономайзера котельной, а использование энергии тепловых отходов для отопительных целей не позволит увеличить технологический КПД технологического процесса. Количество тепловых отходов на подобных предприятиях позволяет получить низкопотенциальную энергию в виде нагретой воды, значительно превышающую необходимость в отоплении.

На сегодняшний день все большую актуальность приобретает новый путь использования тепловых отходов. Речь идет о выработке электрической или механической энергии с применением низкокипящих рабочих тел. К ним относятся углеводороды (пентан, бутан и т.п.), фреоны и другие вещества с низкой температурой кипения.

Традиционно выработка энергии осуществляется при помощи паротурбинных установок, работающих по органическому циклу Ренкина.

Выработанная энергия может быть использована непосредственно на самом предприятии для технологических нужд. Различного рода тягодутьевые и нагнетательные устройства, транспортные средства и вспомогательное оборудование нуждается в электрической или механической энергии. В данном случае промышленный потребитель будет получать выгоду за счет замещения электроэнергии от электрической станции собственной выработанной энергией. Таким образом осуществляется полезное использование тепловых отходов путем перевода их в другую форму энергии в самом технологическом процессе, т.е. имеет место регенеративное теплоиспользование.

Справиться с данной задачей позволяет новый тип турбины «ТурбоСфера» (рис. 4), разработка которого ведется в «Научно-Технологическом парке БНТУ «Политехник». Данный агрегат позволит вырабатывать электрическую энергию на тепловых потоках с темпе-

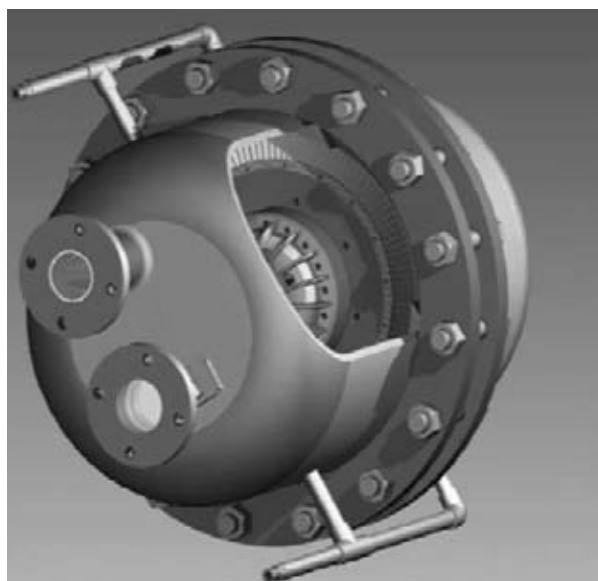


Рис. 4. «ТурбоСфера» — турбоустановка для преобразования тепловых отходов в электроэнергию

ратурой от 100°C. Преимущества: компактность, многократный подогрев газа между ступенями, совмещение турбины, теплообменника и электрогенератора на одном валу. «ТурбоСфера» позволит вырабатывать электрическую энергию, осуществляя своего рода регенеративное теплоиспользование со значительным увеличением качества энергии: низкопотенциальное тепло преобразуется в электроэнергию.

Установка «ТурбоСферы» на предприятиях по производству ячеистого бетона, позволит обеспечить до 15 % бесплатной электроэнергии, полученной за счет сбросного пара и конденсата [4].

Проведенный анализ позволяет судить о перспективности применения аккумуляторов хранения скрытой теплоты, позволяющих обеспечить выравнивание потока свежего пара, снижая нагрузку на парогенерирующий источник, и осу-

ществлять равномерную подачу тепловых отходов в утилизационную установку. Преимущества данного аккумулятора: возможность выпуска пара именно в заданном диапазоне температур, высокая удельная теплоемкость в сравнении с традиционным аккумулятором Рутса, небольшой объем аккумулирующей емкости.

Наиболее востребованным видом энергии на промышленных предприятиях является электрическая. При производстве ячеистого бетона существует возможность бестопливной генерации электроэнергии из тепловых отходов за счет микротурбинной установки «ТурбоСфера».

Основное правило при принятии любого проектного решения: необходимо руководствоваться технико-экономическим анализом и выбирать наиболее рациональный метод оптимизации технологической линии.

Список использованных источников:

Ячеистый бетон: что стоит за популярностью? Рынки газосиликатных строительных материалов Беларуси, России и Украины. Перспективы экспорта отечественной продукции.

Материалы 6-й Международной научно-практической конференции «Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения», 2010.

Голубева Т.Г., Сажнев Н.П., Галкин С.Л., Сажнев Н.Н. Опыт производства и применения ячеистобетонных изделий автоклавного твердения в Республике Беларусь. // Архитектура и строительство 23.07.2008.

Latent heat storage provides process steam. / Kerstin Conrad — Режим доступа: http://www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Englische_Infos/projekt_0908_engl_internetx.pdf — Дата доступа: 12.02.2011.

Агрегат для использования энергии перепада давления газообразного рабочего тела и способ использования энергии перепада давления газообразного рабочего тела. Пат. 10032 Респ. Беларусь, МПК (2006) Левков Л.Ф., Левков К.Л.

Марцинкевич В. Л., Дадышко А.С. Энергосберегающие технологии производства бетона. — Мн., 2001. — 284 с.

Сайт проектировщиков Беларуси [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.proektant.by/content/1057.html>. — Дата доступа: 15.03.2012 г.

ИННОВАЦИИ ДЛЯ ОТРАСЛЕЙ ДОБЫЧИ СЫРЬЯ И ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Перевертов В.А., генеральный директор ООО «Реновация» (г. Москва, Российская Федерация)

В условиях современной конкуренции одним из основных факторов, влияющих на себестоимость продукции, стали затраты на ремонт оборудования, в том числе подшипниковых узлов. Сегодня рынок предлагает множество модификаций подшипников качения с различными уплотнителями, типами смазок, а также всевозможные технические решения по увеличению долговечности подшипников.

По данным исследований компании Schaeffler GROUP куда входит FAG и INA, (раздаточные материалы для дилеров 2011 г.), 72 % подшипников выходят из строя по причине неправильно подобранной смазки.

Компания «Реновация» представляет инновационные подшипники с антифрикционным

заполнителем (АФЗ) типа «Компаунд», применяемые для эксплуатации в экстремальных условиях различных отраслей промышленности и изготавливаемые по ТУ 37.006.143-85.

Для каждого вида производства в состав смазок нашими специалистами вносятся специфические изменения, чтобы подшипни-

Таблица 1. Работа подшипников с АФЗ в отраслях промышленности

Отрасль применения, место установки подшипника	Условия работы	Тип стандартного подшипника/его работоспособность	Тип подшипника с АФЗ — его работоспособность
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ			
напольно-загрузочная машина	среда: $t = 900^{\circ}\text{C}$. абразивная пыль;	312 / 70-240 час.	312 АФЗ — 6 месяцев*
подвесной наждак	рабочая температура подшипника со смазкой АФЗ до 300°C .	308 / 300-400 час.	308 АФЗ — 2500 час.
абразивные станки		205, 307, 308/300 час.	205, 307, 308 АФЗ — 2860 час.
ролики спекательных тележек		315 /зависит от условий эксплуатации	315 АФЗ — 10 месяцев*
анодно-отрезной станок		206 / 700 час.	206 АФЗ — 2910 час.
ЦЕМЕНТНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ			
пластинчатый транспортер	$t = 280^{\circ}\text{C}$. абразивная пыль	213 /зависит от условий эксплуатации	213 АФЗ — 3 года
КЕРАМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ			
сушильные вагонетки	$t = 290^{\circ}\text{C}$. влажность, пыль	207 / 5-6 месяцев	207 АФЗ — 5 лет
ПРОИЗВОДСТВО СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА			
автоклавные вагонетки	$t = 200^{\circ}\text{C}$. пар	308 / 2-3 месяца	308 АФЗ — 1,5 года*
ГОРНОРУДНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ			
ролики ленточных конвейеров	$t = -56^{\circ}\text{C}$. влажность, пыль	205, 206/зависит от условий эксплуатации	205, 206 АФЗ — 6000 час.*
		311, 313 / 6 месяцев	311, 313 АФЗ — 3 года
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ			
трековые тележки	высокая запыленность	308/ 6-8 месяцев	308 АФЗ — 4,5 года*

*Подшипники сохранили свою работоспособность

ки работали долго и в процессе эксплуатации оборудования не требовали дополнительного обслуживания.

Отличительная особенность подшипников с АФЗ перед подшипниками, работающими в пластичной или жидкой смазке, — возможность их применения в запыленной и загрязнен-

ной рабочей среде без какого-либо текущего обслуживания системы смазки подшипниковых узлов и самих подшипников. Благодаря своим инновационным свойствам подшипники с АФЗ высокоустойчивы к различным агрессивным средам в виде кислот, щелочей, растворителей, пыли, влаги и прочим негативным факторам (табл. 1).

Конструктивная особенность подшипников с АФЗ заключается в том, что все пространство между его кольцами заполняется твердой графитовой смазкой, которая плотно прилегает к сепаратору и становится внутренней частью конструкции подшипника. Пастообразными композициями, состоящими из порошкообразных твердых смазок и жидкого связующего, под давлением при высоких температурах заполняется межколечное пространство подшипников. В результате, эти отвердевшие наполнители играют роль защитного уплотнения, позволяя внутренним деталям (сепаратор, тела качения, дорожки качения) смазывать самих себя. Таким образом, АФЗ выполняет роль одновременно и эффективного защитного уплотнения, и смазывающего вещества (взамен существующих смазок).



Основные области применения подшипников с антифрикционным наполнителем охватывают узлы и оборудование, которые подвергаются периодическому воздействию температур от -180°C до $+300^{\circ}\text{C}$ и работают с частотой вращения до 1000 об/мин. Обычно такие подшипники используются в линиях конвейерного транспорта, обжиговых и спекательных тележках, запарочных вагонетках, работающих в условиях повышенной влажности, запыленной среде и подвержены воздействию кислот, щелочей, абразивному износу, устойчивы к работе при давлении, работе в вакууме.

Отмеченные достоинства подшипников с АФЗ позволяют использовать их в разных отраслях. Это — черная и цветная металлургия, агломерационные цеха, чугунолитейное, коксохимическое, доменное производства. А также — при производстве и транспортировке цемента, добыче и конвейерном транспорте угля, минеральных удобрений, руды.

На предприятиях горнодобывающих отраслей подшипники с АФЗ незаменимы, в первую очередь, в роликовых опорах конвейерных линий, где приносят существенную экономию электроэнергии из-за постоянства величины момента страгивания ленты при положительных и отрицательных температурах, а также резких перепадах. Благодаря тому что подшипники

рассчитаны на работу в течение межремонтного периода, не бывает аварийных простоев конвейеров, не происходит заклинивания ленты и не образуется просыпей транспортируемого продукта вдоль конвейерных линий. В конечном итоге дорогостоящая лента меньше изнашивается и не требует эксплуатационного ремонта.

ООО «Реновация» предлагает потребителям шариковые подшипники всех типов (включая двухрядные), а также двухрядные ролико-сферические и корпусные подшипники.

Применение шариковых однорядных и двухрядных, роликовых двухрядных сферических подшипников, а также корпусных с АФЗ значительно — до 5-7 и более раз (в зависимости от условий эксплуатации) — увеличивает срок службы узлов и механизмов при правильной установке и эксплуатации. Использование подшипников с АФЗ позволит снизить долю аварийных простоев оборудования, что сократит финансовые потери, улучшит качество продукции, сделает ее конкурентоспособной, увеличит прибыль предприятия.

Специалисты ООО «Реновация» открыты для обсуждения пожеланий заказчиков и вариантов сотрудничества для наиболее полного и быстрого обеспечения их потребностей в подшипниковой продукции с оптимальными затратами сил, времени и средств.

ОБЪЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ГАЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ В УКРАИНЕ ВОЗРАСТАЮТ

Большаков В.И., д.т.н., профессор, ректор академии, **Мартыненко В.А.**, канд. тех. наук, зав. лаб. ячеистых бетонов, Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры (г. Днепропетровск, Украина)

УДК 666.973.3: 666.973.6

Актуальность вопроса

По своим конструктивно-теплоизоляционным свойствам, т.е. соотношению плотности и прочности, автоклавный газобетон в изделиях точных размеров используется в Украине в качестве основного стенового материала в конструкциях стен многоэтажных каркасных и малоэтажных бескаркасных зданий. Сравнительно малая теплопроводность газобетона, наиболее производимой средней плотности D500, позволяет использовать его в однослойных ограждающих конструкциях во всех климатических зонах Украины.

Особенностью таких однослойных ограждающих конструкций, выполненных из изделий точных размеров газобетонной продук-

ции, является то, что они не имеют «мостиков холода».

В настоящее время вопросы энергосбережения в отапливаемых зданиях являются актуальными и приоритетными в Украине. Другими немаловажными в совокупности свойствами этих изделий являются: звукоизолирующая способность, огнестойкость, технологичность в обработке, что повышает их строительные и эксплуатационные характеристики [1-6]. Признание этих свойств проектировщиками, строителями и заказчиками способствовало стремительному росту объемов производства и использования газобетонных изделий автоклавного твердения в современном энергосберегающем строительстве в Украине за последние годы [7].

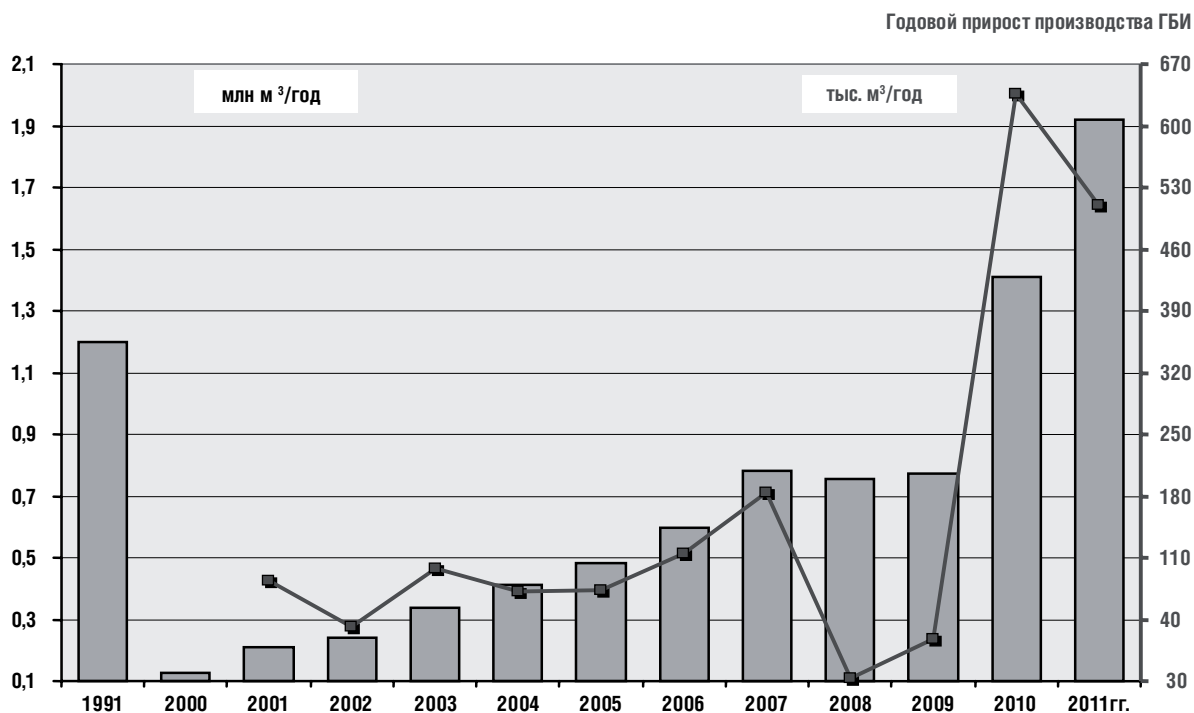


Рис. 1. Объемы и годовой прирост производства газобетонных изделий автоклавного твердения в Украине

Производство газобетонных изделий автоклавного твердения в Украине

В 2011 г. предприятиями стройиндустрии Украины изготовлено примерно 1,9 млн м³ газобетонных изделий (ГБИ). Прирост производства изделий за этот год составил более 500 тыс. м³ (рис. 1.). В 2011 г., как в 2010 г., производство ГБИ превысило объем их производства в 1991 г. Так, с 2001 до 2007 г. среднегодовое увеличение изготовления ГБИ составляет более 180 тыс. м³, а 2008 и 2009 гг. наблюдалось незначительное снижение объема изготовления изделий [7]. Однако за предыдущих два года имеем значительный рост объемов производства ГБИ более чем 0,5 млн м³ в год.

Значительное увеличение производства ГБИ в 2010-11 гг. получено за счет ввода новых предприятий с современными технологиями и достижением ими почти проектной производительности. Этими предприятиями в 2011 г. изготовлено около 1,5 млн м³ ГБИ, что составляет более 75 % годового объема (рис. 2). Это предприятия: ООО «АЭРОК», ООО «Ориентир-Будэлемент» (Киевская обл.), ООО «UDK Газбетон» (г. Днепропетровск), ООО «Завод строительных материалов» (г. Новая Каховка, Херсонская обл.). Именно эти предприятия организовали Всеукраинскую ассоциацию производителей автоклавного газобетона и стали проводить наступательную позицию на украинском рынке в сегменте стеновых материалов.

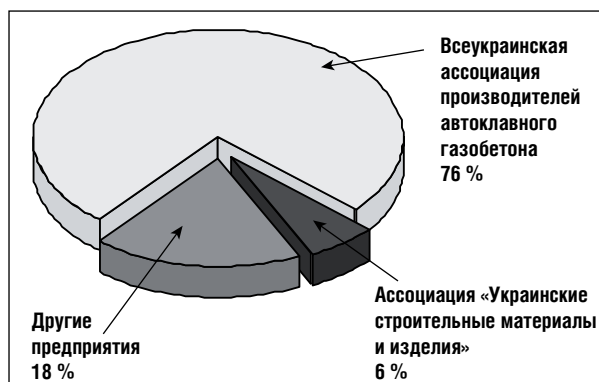


Рис. 2. Долевое производство газобетонных изделий предприятиями Украины в 2011 г.

За счет проведенных целенаправленных региональных семинаров с потенциальными потребителями и создания широкой сети дилерских подразделений удалось увеличить объемы регионального использования ГБИ среди индивидуальных потребителей. Немаловажное значение в увеличении объемов потребления ГБИ оказало понимание проектировщиками и строителями отличительных свойств газобетона автоклавного твердения в сравнении со свойствами других стеновых материалов и в особенности с пенобетонными изделиями неавтоклавного твердения.

Стремительное увеличение производства и потребления ГБИ за последние годы — результат многолетней и целенаправленной рабо-

ты специалистов этой отрасли. Так, завоеваны новые рынки потребления, увеличена доля их использования в современном энергосберегающем строительстве Украины.

Удельные показатели отрасли

Удельные показатели производства ГБИ на 1 тыс. человек все-таки находились еще на малом уровне в сравнении с показателями соседних стран (рис. 3). Украина по этому удельному показателю производства ГБИ отстает и от России, и от Польши и тем более от Республики Беларусь. Считаем, что этот показатель минимально должен составлять более 50, а достаточный — более 100 м³/1000 человек.

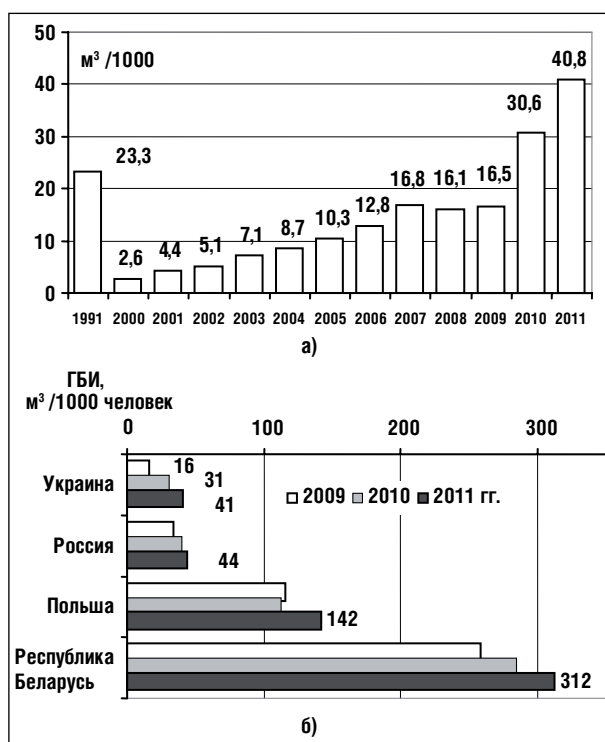


Рис. 3. Удельное производство газобетонных изделий автоклавного твердения в Украине по годам (а) и удельное производство их в ближайших странах в 2009-2011 гг. (б)

Доля ГБИ в объеме стеновых материалов Украины

С увеличением производства ГБИ изменилась их доля в сегменте стеновых материалов Украины. В начале 2000-х гг. их доля составляла 3-5 %, а в 2008 г. — примерно 10 %. В 2010-2011 гг. за счет перераспределения сегмента стеновых материалов доля ГБИ уже составила, соответственно, около 30 и 50 %.

Возрастающая тенденция использования ГБИ является подтверждением того, что укра-

инский потребитель начинает переходить на более энергоэффективный стеновой материал. Так, стены отапливаемых зданий из газобетонных изделий не требуют дополнительного утепления, трудоемкой отделки и возводятся втрое быстрее, чем дома из кирпича. За счет увеличения объема производства ГБИ и при некотором снижении производства силикатного и керамического кирпича за предыдущий год показатель доли производства газобетонных изделий в сегменте стеновых материалов составил около 50 % (рис. 4).



Рис. 4. Примерное долевое распределение видов стеновых материалов в Украине за 2010 и 2011 гг.

Удельные показатели строительства

В Украине есть возможности увеличения объемов производства ГБИ за счет полного использования мощности существующих предприятий (около 3,5 млн м³/год), ввода в эксплуатацию новых заводов и проведения реконструкции предприятий с морально устаревшими технологиями [8]. Это будет способствовать возрастанию объемов производства ГБИ, что позволит более широко их использовать в современном энергосберегающем строительстве в Украине. Такое увеличение может быть достигнуто, в большей мере, с возрастанием объемов строительства жилья в Украине. Так, за последние годы, его уровень не превышает уровня докризисных годов и, соответственно,

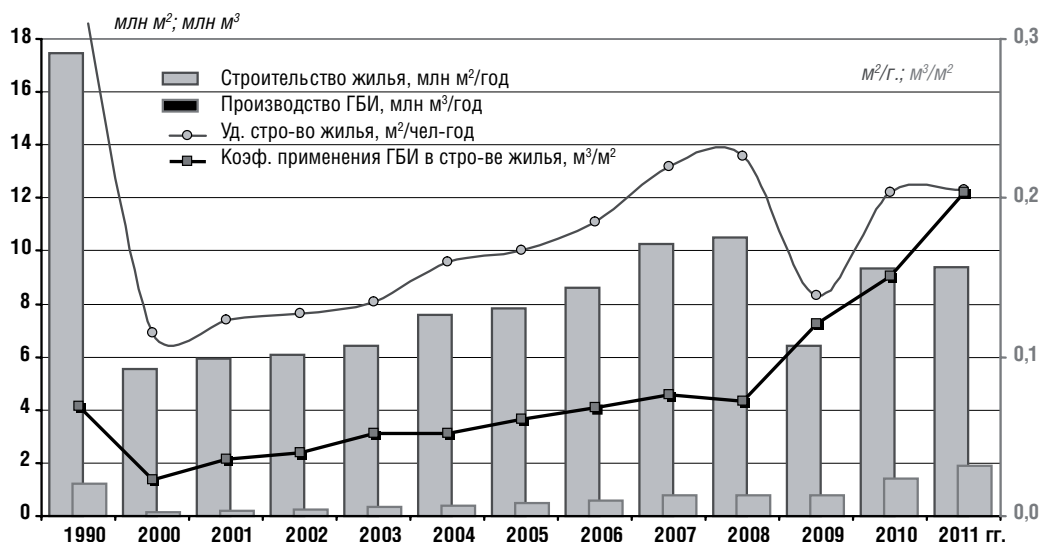


Рис. 5. Объемы строительства жилья, производство ГБИ и коэффициент удельного использования ГБИ в общем объеме жилищного строительства по годам в Украине

не превысил уровня 90-х гг. прошлого столетия (рис. 5).

Максимальный расчетный коэффициент удельного строительства жилья в Украине был достигнут в 2008 г. — 0,23, в 2011 г. он составил 0,21 м² на человека. Для сравнения: в России, в Республике Беларусь уровень вводимого жилья в 2011 г. составил примерно 0,46 и 0,62 м² на одного человека, соответственно. Это говорит о том, что объемы строительства жилья у нас находятся на низком уровне и увеличение можно стимулировать только за счет новых экономических решений на уровне государственных программ. Соответственно, тогда возрастут объемы производства и использование ГБИ.

Даже при таком малом коэффициенте удельного строительства жилья закономерно наблюдается увеличение общего коэффициента

использования газобетонных изделий в строительстве Украины с 0,023 — в 2000 г. до 0,2 м³/м² в 2011-м. Это 10-кратное возрастание отражает, соответственно, увеличение объемов производства ГБИ за этот период примерно на порядок. Коэффициент использования ГБИ в строительстве жилья в 2011 г. в России и Республике Беларусь составил, соответственно, 0,1 и 0,5 м³/м².

За прошедшее десятилетие объем производства газобетонных изделий автоклавного твердения в Украине увеличился примерно в 10 раз. В стране создана производственная база, способная изготавливать газобетонные изделия автоклавного твердения в объеме примерно 3,5 млн м³ в год, что обеспечивает на большем уровне строительства энергосберегающего жилья, отапливаемых зданий общественного назначения.

Список использованных источников:

1. Большаков В.И., Мартыненко В.А., Ястребцов В.В. Производство изделий из ячеистого бетона по резательной технологии. — Днепропетровск: Пороги, 2003. — 141 с.
2. Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве. Сб. науч. трудов. Вып. 1. — Днепропетровск: ПГАСА, 2003. — 306 с.
3. Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве. Сб. науч. трудов. Вып. 2. — Днепропетровск: ПГАСА, 2005. — 216 с.
4. Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве. Сб. науч. трудов. Вып. 3. — Днепропетровск: ПГАСА, 2007. — 287 с.
5. Строительство, материаловедение, машиностроение: серия «Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве» / Сб. науч. трудов. Вып. 4. — Днепропетровск: ПГАСА, 2009. — 397 с.
6. Мартыненко В.А., Середа С.Ю. Автоклавный газобетон — самый экологически чистый строительный материал // ЭКОЛОГИЯ плюс. — 2010. — № 3. — С. 2-10.
7. Мартыненко В.А., Мартыненко Т.В. Производство газобетонных изделий автоклавного твердения в Украине за 2010 г. // Бетон и железобетон в Украине. — 2011. — № 2. — С. 2-6.
8. Червяков Ю.М. Участь НДІБМВ у провадженні розробок та інноваційних технологій у виробництво для імпортозаміщення будівельних матеріалів // Будівельні матеріали та вироби. — 2012. — № 1. — С. 6-7.

КЛЮЧЕВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА АРМИРОВАННОГО ПОРИЗОВАННОГО БЕТОНА АВТОКЛАВНОГО ОТВЕРЖДЕНИЯ (ПБАО)

Инновационный характер ПБАО исходя из перспективы производства и применения

В.М. ван Богелен, инженер (W.M. van Boggelen), Компания «Aircrete Europe B.V.», Ольдензаал (Oldenzaal) (Нидерланды)

РЕЗЮМЕ: На производстве армированного ПБАО будет сделан акцент как на обязательном направлении в современной отрасли производства строительных материалов. Кризисы, сокращение объемов строительства, избыток мощностей и требования к долговечности вынуждают производителей в этой отрасли предлагать новые идеи применения, продукты лучшего качества и более эффективное, быстрее строительство и меньшие производственные издержки. Будет представлен обзор последних достижений в технике и технологии, позволяющих открывать новые рынки для супергладких панелей из ПБАО.

1. Введение

За последние десятилетия было построено несколько заводов по производству ПБАО, большинство из них в значительной мере ориентировано на блочную технологию, что обусловлено наличием ресурсов, сырья и спросом на их конечную продукцию. Основные инновационные решения, предложенные системными поставщиками, приходятся на сферу подготовки материалов и их обработки, автоматизацию, технологии резки и армирования, отверждения и управление энергоресурсами. В результате продукты на основе ПБАО могут лучше конкурировать с другими строительными материалами. Что же касается применения продукта и развития рынка, здесь по-прежнему стоят грандиозные задачи по использованию уникальных свойств ПБАО для «интеллектуально-го» строительства.

Реклама и стимулирование лучшего и более быстрого строительства медленно, но верно становится обычной практикой. Планировщики городов, разработчики проектов, архитекторы и, что более важно, конечные пользователи все больше осознают преимущества долговечных сооружений. Перспективный срок службы становится важнейшим аспектом дизайнерских подходов в строительных проектах. Во внимание принимают все этапы жизни продукта при принятии решений относительно строительных материалов. Энергоэффективные новаторские идеи, обеспечивающие также и сокращение количества отходов, новые продукты и более быстрое строительство дает ПБАО преимущества по сравнению с конкурирующими продуктами.

Если эти преимущества вместе с выгодой от ПБАО на этапе применения могут быть донесены до сведения принимающих решения в части строительных проектов, можно добиться значительного увеличения доли рынка.

Хотя данная статья сосредоточена главным образом на инновациях в производстве ПБАО на этапе изготовления, следует всегда учитывать и перспективный срок службы продукта.

2. Новые тенденции в гражданском строительстве и применение газобетона

2.1. Применение ПБАО

Газобетон, также называемый «Поризованным бетоном автоклавного отверждения» (ПБАО) или «ячеистым бетоном автоклавного отверждения» достаточно хорошо известен на рынке строительных материалов. При огромном разнообразии продукции (от блоков до панелей) газобетон широко используют при строительстве жилых, торговых и промышленных зданий и сооружений.

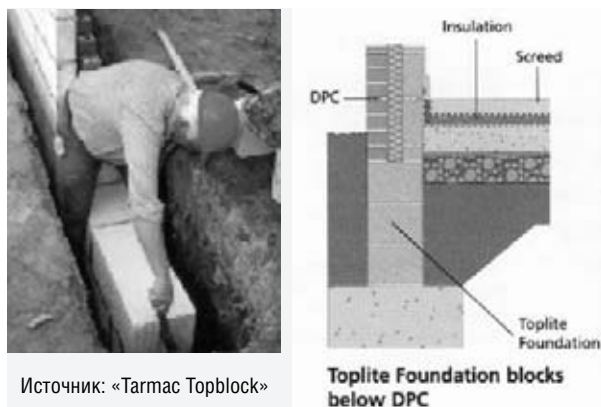
Универсальность газобетона позволяет использовать его в различных климатических поясах и в самых разнообразных целях, что отвечает строительным традициям многих стран. Например, в Великобритании блоки из газобетона применяют в пустотных стенах и стенах облегченной кладки. В Нидерландах, Германии и Японии супергладкие панели из газобетона и плиты пола и кровли находят свое применение.

ние в конструкциях модульного типа. Газобетон используют при строительстве одноквартирных и многоквартирных жилых домов, многоэтажных домов, небоскребов, торговых и промышленных объектов.

Как правило, рынок продукта можно разделить следующим образом.

Блоки

- блоки для стен без армирования;
- суперлегкие блоки с минипорами только для теплоизоляции (без нагрузки);
- кирпич небольшого размера и блоки фундамента (Великобритания) (рис. 1).



Источник: «Tarmac Topblock»

Рис. 1. Напольные блоки и блоки фундамента



Рис. 2.
Традиционные
блоки

Блоки из газобетона, представленные на рынке в широком размерном диапазоне, также можно использовать для сооружения стен (рис. 2). Благодаря небольшому весу размер блоков из газобетона несколько превосходит стандартные блоки, и они изготовлены с большей точностью. Их продают на рынках как выгодный товар, и часто они жестко конкурируют с

керамическим кирпичом, изделиями из легкого бетона и/или силикатным кирпичом. В гражданском строительстве блоки рассматривают как крайне важный материал, имеющий глубокие корни во многих строительных культурах.

Армированные (усиленные) продукты:

- несущие нагрузку панельные продукты с армированием (пол, стены, кровля);
- перемычки над оконными и дверными проемами с армированием, несущие нагрузку и без нагрузки;
- перегородки с небольшим усилением;
- каско-элементы с незначительным усилением, несущие нагрузку (до 5 этажей);
- облицовочные панели с незначительным армированием (проволочная сетка либо вытянутый металл).
- сухие строительные панели, армированные для сейсмоопасных регионов;
- армированные угловые профили.

Супергладкие панели из газобетона продаются на рынках, ориентированных на полные строительные решения, чтобы удовлетворять быстро растущий спрос на более экологичные, эффективные, совершенные строительные материалы. Интеллектуальное армирование в сочетании с супергладкими поверхностями изделий из газобетона сокращает время и расходы на отделочные работы в процессе строительства.

Продукты данного типа в значительных объемах экспортируются из Нидерландов, Германии и Японии в другие регионы (новые возникающие рынки) по всему миру. Хотя история применения панелей из газобетона для сухих и влажных систем еще не слишком продолжительна, данный строительный материал исключительно успешно применяют в Японии (рис. 3), Австралии и Нидерландах.

В настоящее время не вызывает сомнений возрастающий интерес к применению газобетона в строительном секторе. В большинстве случаев конкуренцию составляют такие строительные материалы, как гипс, пластик, дерево и металл.

Рис. 3. Применение армированных панелей в Японии на основе «сухого» строительства



В последнее время рынок гражданского строительства требует от изготовителей повышения производительности и качества работ непосредственно на строительной площадке при сохранении при этом гибкости, адаптируемости, безопасности и долговечности. В сущности, изготовители должны обеспечивать системы, отвечающие потребностям строительного сектора: быстрые, точные, гибкие и долговечные строительные решения.

Строительство с использованием газобетона эффективно, т.к. при этом используют сборный стандартизованный материал. Все продукты, т.е. блоки, стеновые панели, плиты пола и кровли, перемычки дверных и оконных проемов изготавливаются в ассортименте размеров в зависимости от конкретного применения. Например, в ассортимент стеновых блоков входят продукты, начиная от неармированных блоков до больших армированных панелей.

Супергладкие панели из газобетона, разработанные для большого количества применений, превосходно отвечают потребностям строительного сектора в быстрых эффективных решениях.

Начиная от наружных и внутренних стен и заканчивая полами, перемычками над дверными и оконными проемами, системами быстрого строительства, супергладкие панели из газобетона представляют собой универсальный материал, который экономит время, позволяет избежать излишних отходов, в то время как его акустическое и температурное сопротивление делает его идеальным решением с точки зрения рентабельности и соблюдения Европейских нормативов. Его плотность равна одной пятой величины плотности обычного бетона при сохранении существенного предела прочности при сжатии, что может быть использовано в несущих стенах в 5-этажных (уровневых) сооружениях (рис. 4).

Более того, супергладкие панели из газобетона не требуют отдельной подготовки изоляционных материалов либо штукатурки, что



Рис. 4. Концепция 5-уровневого здания с использованием супергладких готовых панелей из газобетона и ПБАО

позволяет наносить краску либо иную облицовку стен непосредственно на их поверхность. Все эти факторы в конечном итоге способствуют значительному снижению общей стоимости строительства и делают его более ценным для конечного пользователя.

Таким образом, супергладкие панели из газобетона становятся настоящей сенсацией в строительной индустрии, представляя собой быстрый в применении, гибкий, легко адаптируемый к ситуации и долговечный материал (рис. 5).



Рис. 5. Каско-дом с супергладкими панелями из газобетона и ПБАО для строительства социального жилья

2.3 Успешный путь строительства завода по производству ПБАО и супергладких панелей из газобетона под заказчика

Успех завода по производству ПБАО и газобетона зависит экономической, технологической и технической осуществимости и целесообразности. Планирование и выбор надлежащего процесса изготовления, связанного с рынками, является, вероятно, наиболее важным решением для цикла жизни продукта и завода (рис. 6).



Рис. 6. Маршрут выбора надлежащего процесса производства

Technical feasibility	Техническая осуществимость и целесообразность
Transport curing	Транспортировка, отверждение
Market feasibility	Рыночная целесообразность и осуществимость
market	Рынок
Financial feasibility	Финансовая целесообразность
Raw materials	Сырье
Technological feasibility	Технологическая осуществимость
Mixing, cutting	Смешивание, резка
AAC plant	Завод по производству ПБАО и газобетона
Building applications	Применение в строительстве

Крайне важно тщательно провести подробное и глубокое инженерное обследование строительства «под заказчика», от технической подготовки до проектирования завода, чтобы получить все необходимые технологические ноу-хау, финансовую информацию и логистический анализ. Такие факторы, как рынок, географическое положение, культура строительства, приемка, сырье и материалы, инфраструктура и, наконец, последнее, но не менее важное — ассортимент продукции — относятся к ключевым, определяющим параметрам, подлежащим анализу и определению до выбора технологии производства ПБАО, которая будет использована в заводском производственном процессе.

По существу, в данном случае технологию можно отнести к разряду алхимических процессов, где неизменным является изготовление пилотных партий с использованием местных материалов, чтобы избежать сюрпризов и наилучшим образом разработать заводские соотношения и рецептуры.

Для новых заводов критичным является высокий уровень потребления энергии и процент отходов. Энергоресурсы, поставляемые в виде электроэнергии и ископаемых видов топлива, должны поддерживаться на минимальном уровне, а выбросы CO₂ должны быть ничтожно малыми. Каждый завод сталкивается с проблемой сокращения и повторного использования энергии и иных ресурсов согласно обновляющимся нормативам.

3. Завод по производству супергладкого газобетона ПБАО и технологический процесс

3.1. Технологии

Производство газобетона ПБАО может осуществляться с использованием большого количества разнообразных технологий и систем оборудования. Выбор правильной технологии и соответствующих процессов изготовления газобетона является ключевым моментом для реализации жизнеспособного, успешного, долговечного, перспективного производства (рис. 7). Эти составляющие напрямую связаны с доступностью и наличием сырья и требуемым конечным продуктом.

Производственный процесс, реализуемый на отдельном комплекте оборудования, должен устойчиво и бесперебойно соответствовать требуемой производительности, качеству и ассортименту продукции. Наряду с этим разработка рецептуры завода, потре-

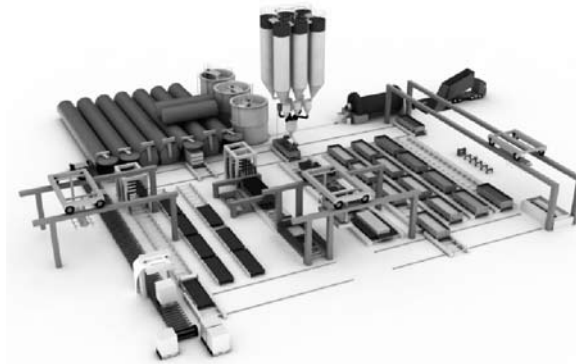


Рис. 7. Стандартная общая планировка завода по производству супергладкого газобетона

бляемая мощность, использование ресурсов (сырья), трудозатраты, техническое обслуживание и ремонт оказывает серьезное влияние не только на стоимость кубического метра ПБАО, но также и окружающую среду (социальная сознательность и ответственность). Анализ и проведение новых проектов, следовательно, являются важнейшими неизменными этапами для определения завода газобетона ПБАО «под заказчика».

Производительность завода:

- 150–1800 м³/сутки;
- плотность: 300-800 кг/м³;
- блоки по стандарту EN 771 часть 4 TLMB + T&G + переносные;
- армированные панели по стандартам DIN 4223; EN 12602;
- перегородки с супергладкой поверхностью: толщина 37*-50-75-100-150 мм, длина 1-3 метра, ширина 500-625-750 мм;
- армированные напольные и стеновые элементы с гладкой и супергладкой поверхностью;
- перемычки над дверными и оконными проемами: с нагрузкой и без нагрузки

* Японский, корейский, австралийский рынки

3.2. Технологический процесс

Химические процессы (рис. 8) осуществляются на основе 9-компонентной полностью автоматизированной системы дозирования. Рецептуру и соотношения для завода разрабатывают, тщательно и точно исходя из местного сырья. В триаде из прочности на сжатие, сухой плотности и температурных характеристик технология супергладких ПБАО газобетонов зарекомендовала себя наилучшим образом. Процесс пригоден для сухого и влажного измельчения сырья. Это представляется важной составляющей, когда однородность и качество сырья, равно как

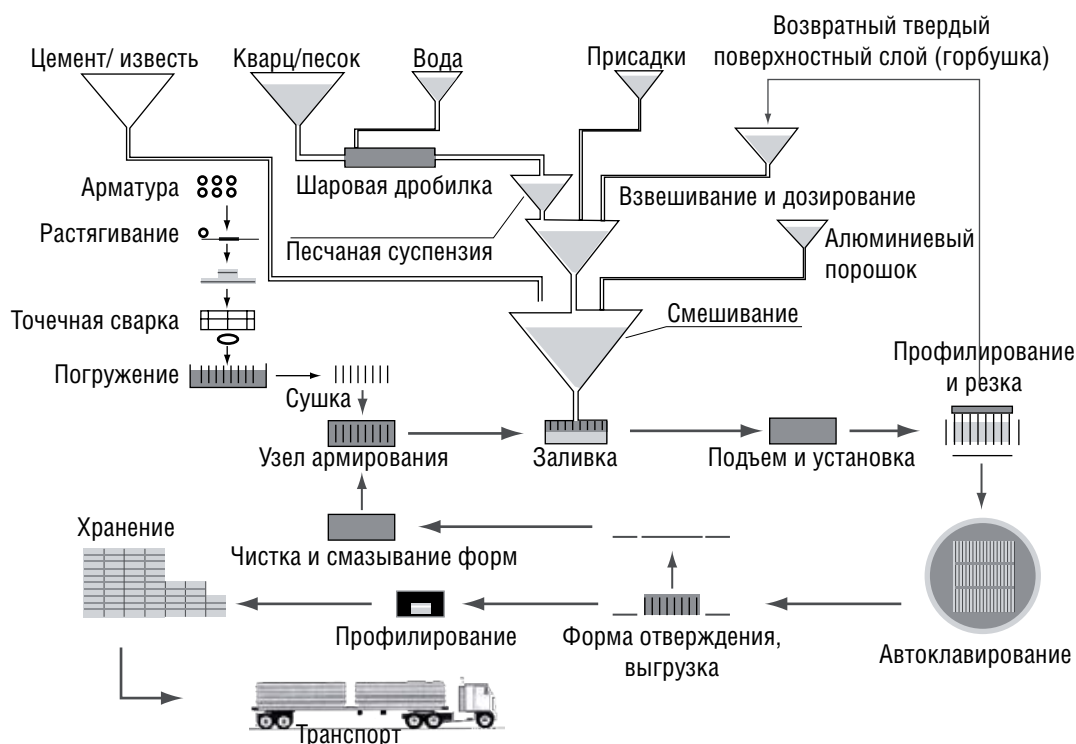


Рис. 8. Упрощенный процесс производства супергладкого газобетона

и условия окружающей среды, могут меняться почти ежедневно.

Уникальная технология смешивания с использованием нескольких мешалок в сочетании с «горячей заливкой» позволяет сократить до минимума потребление электроэнергии и сырья. Реагенты в виде алюминиевого порошка в сочетании с системой безопасного использования алюминия создают непревзойденную равномерность и однородность в структурах пор. В частности на рынках сухих с низкой плотностью <math> < 400 \text{ кг/м}^3 </math> и тонких армированных перегородок, это становится неизменным условием.

Участок резки супергладкого газобетона ПБАО — это центральная часть системы, где заготовки в виде мягких брикетов выкладываются на узкие подложки и фиксируются в горизонтальном положении (рис. 9).

Мягкая пластичная заготовка (массив сырца) не наклоняется и не поворачивается, сохраняя свое положение. Материал заготовки разрезается, находясь в зафиксированном положении на узкой станине, при помощи сильно натянутой проволоки (струны) из высокоуглеродистой стали с минимальными допусками в соответствии с действующими стандартами. Растворы режущего устройства остаются открытыми в промежутках между подачей продукта, что обеспечивает лучшее поступление (пара) тепла в процессе вулканизации и позволяет не допускать прилипания.

3.3. Технология резки — основа процесса

Система резки супергладкого газобетона основана на использовании двойных вертикальных режущих струн; горизонтально-вертикальных режущих струн, движущихся в поперечном направлении; и горизонтальных, движущихся вверху и/или посередине режущих струн. Также для резки сверху или снизу можно использовать профилирующие ножи. Процесс резки часто называют основой процесса. Некоторые системы резки называют аналогично названию их торговой марки, известной на рынке ПБАО. Почти все системы резки для профилирования используют недорогие, высокопрочные стальные струны и резаки. Точность при производ-



Рис. 9. Вырезанные заготовки панелей с профилями

стве строительных материалов за последнее десятилетие возросла, благодаря чему появилась возможность кладки на клею. На большинстве рынков строительных материалов использование тонкослойных растворов в процессе кладки стало стандартной практикой.

3.3.1. Поперечная резка

Поперечную резку с гладкой поверхностью используют в направлении по высоте блоков и длине панелей. Резка выполняется при помощи вибрирующих с частотой 3 и 5 Гц струн, предварительно натянутых и движущихся в противоположных направлениях под действием пневматических устройств. Таким образом достигается лучшая точность и к пластичным заготовкам в форме брикетов прикладывается меньшее режущее усилие (рис. 10).

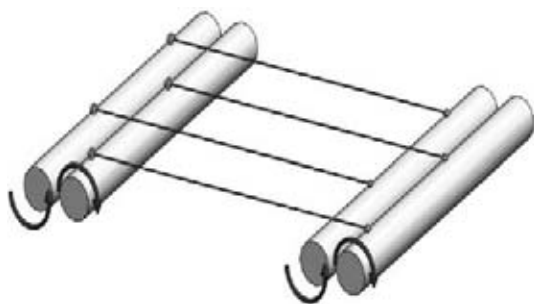


Рис. 10. Поперечная резка проволоками совершающими возвратно-поступательные движения

По сравнению с неподвижным проволочным резаком вибрирующие режущие струны сокращают усилие, прилагаемое к заготовке продукта на 40 %. Вибрация создает из микрочастиц твердый и гладкий поверхностный слой. На поверхности отсутствуют незакрепленные либо легкие липкие свободные частицы, которые могут ухудшить качество присоединения. Мелкая пыль, содержащая кварцевые частицы, снижает фактор риска для здоровья персонала, занятого строительными работами.

Благодаря возвратно-поступательным движениям струн, внутренние силы трения в процессе резки можно не принимать во внимание. Эта характеристика снижает внутренний стресс в массиве, а также и в основаниях установок. Каждая струна по отдельности натягивается и снабжена датчиком управления процессом. Если происходит разрыв либо перегрузка струны, то параметры резки могут быть адаптированы к новым условиям.

Метод резки «голландского сыра» («чизкейк») (рис. 11) либо метод поперечной резки был реализован в течение последних 5 лет. Данный метод сокращает время поперечной резки на

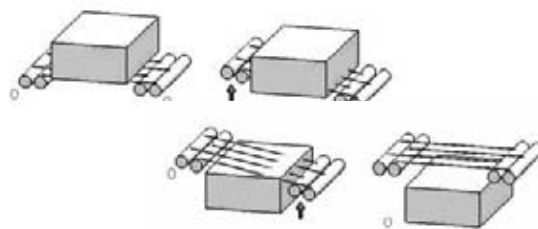


Рис. 11. Метод резки «чизкейк»

40 %, повышает точность, и, наконец, последнее, но не менее важное, сокращает отходы залитого массива. Брикет-заготовка ниже на 3 см от первоначальных 68 см, что позволяет сэкономить 4,4 % ресурсов и избежать потерь энергии, за сутки давая существенную экономию.

3.3.2. Вертикальная резка

Вертикальная резка является самой важной функцией в процессе резки. В ходе этой операции устанавливается ширина блока и толщина панели. От нее зависит внешний вид и презентабельность изделия. Для перегородок и облицовки толщиной 37 - 50 - 75 и 100 мм это ключевой аспект качества. Данная функция реализована при помощи Технологии супергладкого газобетона БПАО. В любом случае неаккуратные, неровные панели требуют нанесения слоя штукатурки для выравнивания, что значительно увеличивает стоимость строительства.

3.3.3. Быстродействующая режущая рамка

Данная разработка (рис. 12) открыла новые возможности применения изделий из газо-

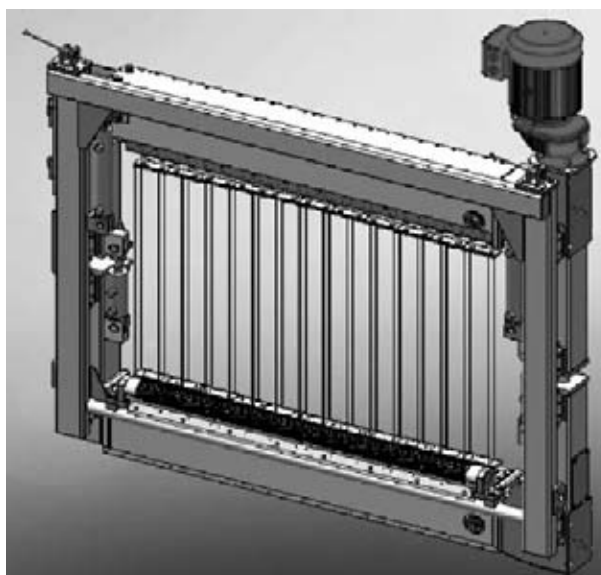


Рис. 12. Быстродействующая режущая рамка с сервоприводом

бетона для более быстрого и качественного строительства. Кроме этого была уже разработана система для производства относительно простых блоков с профилированием и возможностью перемещения вручную для рынков Германии и Нидерландов. Устойчивость процесса обеспечивает относительно продолжительное время открытия между заливкой и резкой. Это существенное необходимое преимущество, когда требуется адаптируемость и гибкость производства.

Технология скоростной резки (вибрация с частотой 10-30 Гц) с двойной проволокой для резки и выравнивания, сглаживания (рис. 13) превратилась в стандартную типовую технологию на рынке изделий для внутренних стеновых перегородок, стен противопожарной защиты и сооружений Каско из сборных конструкций.



Рис. 13. Режущая и буксировочная проволока при работе с частотой 20 Гц

Первая струна выполняет основную работу по резке. Материал вжимается снаружи в поры и выстраивает первую часть верхнего слоя (рис. 14). Вибрирующая проволока втирает материал для хорошей установки. Вторая проволока называется буксировочной либо выравнивающей. Она толкает материал с большой частотой, и в результате выходящая наружу влага способствует уплотнению и полировке поверхности (рис. 15). Все частицы будут укладываться в жесткий поверхностный слой ПБАО. Микропоры на поверхности по-прежнему обеспечивают выход влаги и воздуха. Кристаллы между панелями четко отделены один от другого, поэтому слипания не происходит.

Экономия непосредственно на строительной площадке для подрядчиков при сокращении сроков строительства и отсутствии штукатурных работ существенно сокращает расходы на каждый квадратный метр. Легкое армирование перегородок и Каско-продукты удерживают расходы на каждый кубический метр на относительно низком уровне. Материалы легко устанавливаются, а лучшая

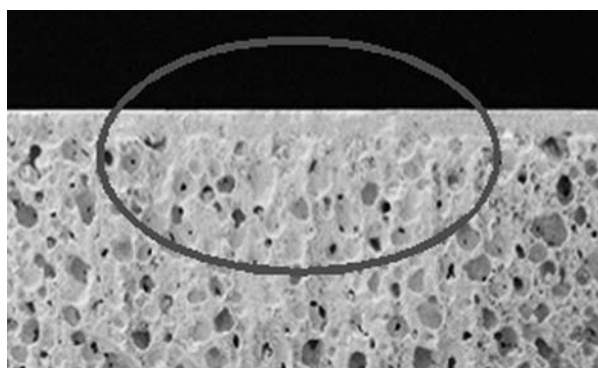


Рис. 14. Поверхность с жестким твердым верхним слоем



Рис. 15. Вид сверху процесса скоростной резки и гладкой поверхности при производстве панелей

изоляция дает возможность пользователям снижать потребление электроэнергии. Эти факторы больше нельзя игнорировать. Панели и даже плиты для облицовочных работ могут быть нарезаны на листы толщиной до 35 мм.

3.3.3. Резка в горизонтальном направлении

Горизонтальный резак либо профилирующие ножи будут отрезать верхнюю часть «пирога». Верхняя «горбушка» толщиной от 5 до 8 см будет аккуратно снята при помощи вакуумного подъемника после выхода с линии резки. Горизонтальная резка определяет длину блока либо ширину панели. Большинство размеров составляет 440, 500, 600, 625 и 750 мм. Она организована по тому же принципу, что и система поперечной резки с вибрирующими проволоочными резаками и расположена перед установкой вертикальной резки. Поверхность прочная и гладкая.

3.3.4. Линия резки

Все струны в технологическом процессе «Супергладкий газобетон» двигаются, обеспечивая тем самым превосходное качество поверхности и точность. Как показывает опыт, есть смысл производить все режущие операции на одной установке: при этом достигается

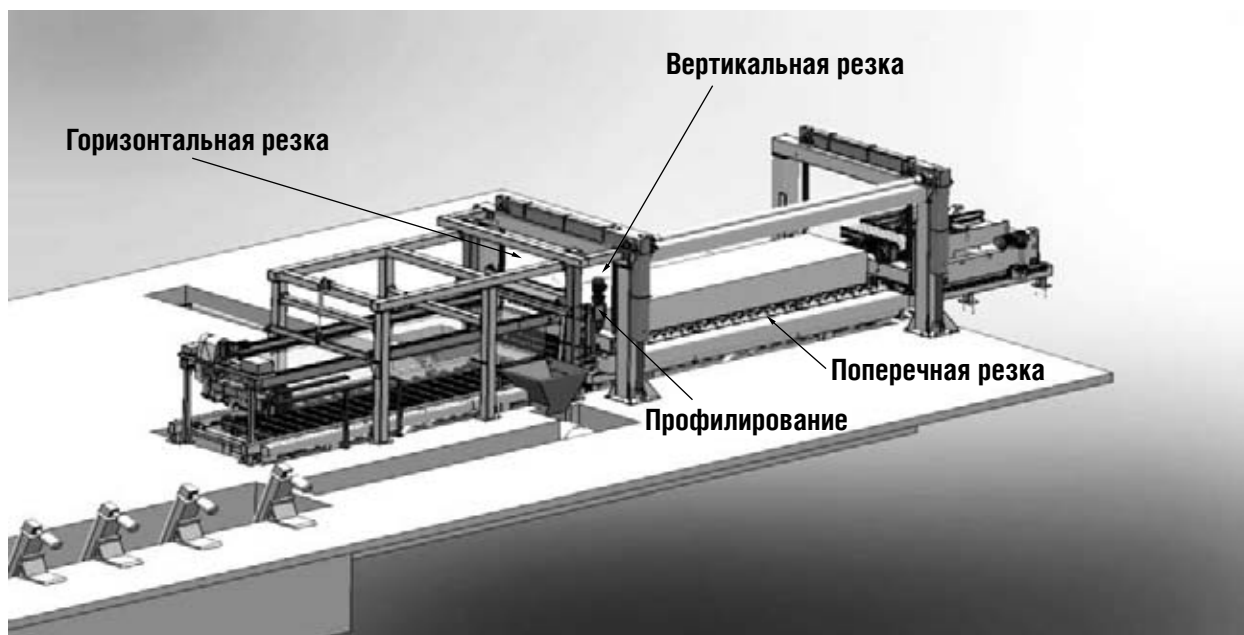


Рис 16. Все в одной режущей установке (технология супергладкого газобетона)

максимальная точность и не образуется никаких отходов (рис. 16).

Система не требует дополнительной обработки для отделения заготовок после резки либо разделения после обработки в автоклаве. Заготовка устойчиво располагается на транспортной раме благодаря низкому положению центра тяжести с несущими стальными профилями. Длинный раствор резака, который в большинстве случаев оценивается на глаз, составляет от 1 до 1,2 мм. Тепло в форме пара может беспрепятственно подаваться к продукту и способствовать автоклавированию.

Как показывает практика, целесообразно перемещать заготовки непосредственно в горячие автоклавы либо в предварительно разогретое складское помещения во избежание остывания заготовок.

3.4. Разработки в области армирования

Стальное армирование используют в производстве перегородок, стен, перемычек над дверными и оконными проемами, напольных и облицовочных материалов. В изделиях, несущих нагрузку, на слой стали по-прежнему необходимо наносить покрытие для защиты от коррозии в щелочной среде. Новое поколение станков для наваривания сетки специально для изделий из газобетона могут производить эту операцию с высокой производительностью и степенью автоматизации с достаточной экономической выгодой. Только в тонких панелях, а также в Каско-продуктах предусмотрены длинные стержни и использован вытянутый листовый материал.

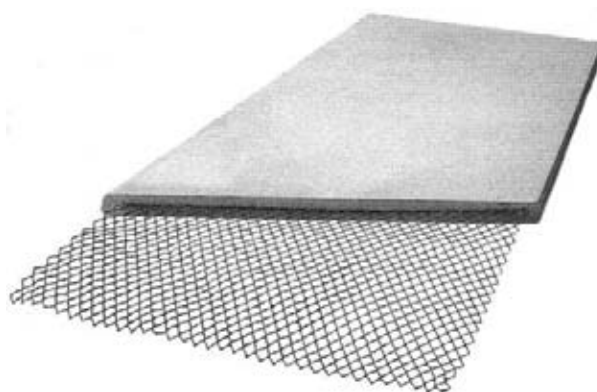


Рис.17. Тонкие облицовочные панели толщиной 37 мм с вытянутым листовым армированием

Новая разработка (рис. 17) состоит в удалении ранее используемых стержней для удержания арматурных каркасов в их положении в формах в процессе транспортировки и предварительного запаривания. Специальные зажимные приспособления удерживают каркасы в фиксированном положении. Эта уникальная система снижает трудоемкость, исключает необходимость промывки, позволяет экономить электроэнергию по сравнению со старыми системами.

Глубокие отверстия от стержней в изделиях, повреждения и отходы, возникающие при вытягивании стержней, — все это в прошлом. Каско и стеновые панели могут быть изготовлены для сухого строительства в «навинчивающихся» версиях для монтажа и демонтажа.

4. Заключение

Разработки в новом поколении армированных материалов открывают двери для новых применений и конкурентоспособности продуктов из газобетона среди архитекторов и подрядчиков. Простые блоки также всегда будут востребованы, но эти продукты будут всегда рассматриваться как товар, находящийся под высоким ценовым давлением, что объясняется наличием на рынке материалов, пригодных для замены (керамические и бетонные блоки). Ассортимент новых продуктов, включая и армированные продукты, прокладывает путь к полной системной концепции в отрасли, производящей строительные материалы.

«Умное» строительство — это новый взгляд на строительство и ремонт в тесной связи со стоимостью жизненного цикла, с возможностью соответствовать непрерывно изменяющимся нормативам в строительном секторе.

«Умное» строительство отвечает интересам производителей, конструкторов и пользователей. Потребность в промышленных, оперативных, гибких и долговечных строительных решениях растет.

«Умные» плиты из газобетона и Каско-панели с гладкими поверхностями, которые можно использовать повторно, относятся к жизненно важным продуктам долговечного строительства в будущем. Потребность в наличии компонентов концепции регенеративного дизайна встречается с каждым днем все большее понимание. Давайте работать над этим в отрасли в целом.

Снижение количества отходов и повторное использование энергоресурсов обладают значительным потенциалом для отрасли, производящей газобетон, чтобы вносить свой вклад в долговечное будущее. Исключительно экономное производство, основанное на самой передовой технологии, где сырье, технология и системы выстроены под потребности местного рынка и клиентов, предлагает многообещающие возможности и убедительные перспективы для изготовителей по снижению текущих производственных расходов, что позволит сделать их деятельность в строительном секторе более прибыльной и конкурентоспособной. Современная производственная технология поддерживает разработки продуктов из газобетона для строительства лучших, более долговечных сооружений.

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БЛОКОВ АВТОКЛАВНОГО ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

Высочкин А.В., главный специалист ОАО «Тяжмехпресс» (г. Воронеж, Российская Федерация)

Для нужд стройиндустрии ОАО «Тяжмехпресс» начал выпускать оборудование в 1992 г. Тогда здесь были изготовлены автоматизированные комплексы для производства силикатного кирпича на базе гидравлического пресса усилием 460 т.с. Эти комплексы успешно работают в Гомеле (Республика Беларусь), Воронежском комбинате строительных материалов, Смоленске, Костроме и т.д.



Рис. 1. Цех по изготовлению блоков из автоклавного ячеистого бетона

В связи с увеличением требований к теплозащитным свойствам стен с 2000 г. имеющимися технологическими возможностями и техническим потенциалом предприятия ОАО «Тяжмехпресс» приступил к проектированию и изготовлению оборудования для автоклавного ячеистого бетона. В 2003 г. на ЗАО «ВКСМ» (г. Воронеж) была завершена реконструкция одного из цехов по производству кирпича и введен в эксплуатацию цех по изготовлению блоков из автоклавного ячеистого бетона. При этом использовались автоклавы диаметром 2 × 17 м, в связи с чем были спроектированы и изготовлены формы длиной 4 м и, соответственно, все оборудование под них (рис. 1).

С целью улучшения качества и геометрии выпускаемых изделий была проведена модернизация с заменой формовочно-резательного оборудования заводов ячеистого бетона на ОАО «Любанский завод стеновых блоков» и ОАО «Оршастройматериалы» (Республика Беларусь), где уже были использованы формы длиной 5 м.

Учитывая положительный опыт работы линий ячеистого бетона, качество и точные геометрические характеристики выпускаемых блоков на них, в 2011 г. ОАО «Тяжмехпресс» изготавливает конструктивно и технологически новую линию ячеистого бетона для нового цеха ЗАО «ВКСМ» (г. Воронеж).

Основными техническими характеристиками новой линии (рис. 2) являются: размеры массива после резки имеют длину 6 м, высоту 1,2 м, ширину 0,6 м. Размеры готовых блоков имеют длину 550-600 мм, ширину 100-400 мм, высоту 200-400 мм, отклонение размеров — плюс-минус 1 мм. Возможно выполнение в блоках «паз-ребня» и «карманов» для удобства кладки.

Линия имеет дополнительные машины, улучшающие технологические возможности. После комплекса резки установлен кантователь, на котором выполняется удаление подрезного слоя. Отходы, образующиеся при резке массива, полностью возвращаются в сыром виде в производство, что сокращает расход материалов и упрощает конструктивную схему производства. Размеры используемых автоклавов — 2,7 × 32 м.

В линии используется вибрационный способ формования, что обеспечивает ряд известных преимуществ по сравнению с литьевым и, по некоторым показателям — с ударным

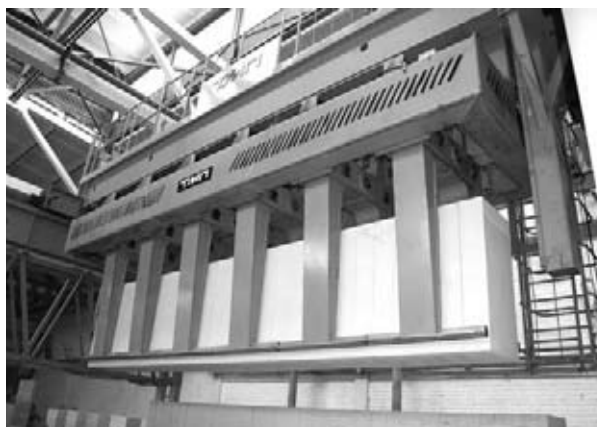


Рис. 2. Новая линия ячеистого бетона

способом. Запарка массивов производится в вертикальном положении. При этом несмотря на необходимость применения разделительной машины-разборщика, упрощается схема подготовки блоков к упаковке и отгрузке по сравнению со способом запарки массивов в горизонтальном положении на решетчатых поддонах, при этом также требуется разделение блоков.

Вновь введенный цех укомплектован основным технологическим оборудованием российского производства, изготовленным по отечественным нормам и стандартам, что имеет существенное преимущество при его эксплуатации и проведении ремонтных работ.

В результате запуска нового цеха ЗАО «Воронежский комбинат строительных материалов», выйдя на проектную мощность, дополнительно будет производить 700 м³ качественных блоков ячеистого бетона в сутки

Частное белорусское предприятие ПРЕДЛАГАЕТ ДОЛЕВОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО ИЛИ ПРОДАЖУ ПРОЕКТА по строительству ЗАВОДА ПО ВЫПУСКУ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ АВТОКЛАВНОГО ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА производительностью до 140 000 м³ /год по ул. Полевой, 31 в г. Иваново Брестской области, Республика Беларусь.

Состояние проекта:

1. Разработан технологический проект.
2. Разработан бизнес-план.
3. Разработана проектно-сметная документация.
4. Построены:
 - ▣ административное здание;
 - ▣ бытовые помещения;
 - ▣ деревообрабатывающий цех;
 - ▣ склад хранения сырья;
 - ▣ фундаменты под сложное оборудование;
 - ▣ наружные сети и коммуникации.
5. Заключен контракт на поставку оборудования.
6. Закуплена грузовая техника.
7. Разработан карьер силикатных песков.
8. Железнодорожный подъездной путь на территории.



Место реализации проекта:
Беларусь, Брестская область,
г. Иваново

Контактное лицо:
Кучер Игорь Анатольевич
+375-29-654-45-76,
+3751652-2-19-41,
+3751652-2-17-36
e-mail: eurosilicate@tut.by

2

Применение ячеистобетонных изделий

РОЛЬ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ В ФОРМИРОВАНИИ МИКРОКЛИМАТА ЗДАНИЙ

Сидоров А.Л., главный специалист по теплоснабжению и вентиляции института ОАО «Брест-проект» (Республика Беларусь)

Под микроклиматом помещения понимают климат ограниченного пространства, который представляет собой совокупность следующих параметров среды: температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха, освещенности, шума, аэроионов, содержания в воздухе газов, а также взвешенных частиц пыли и микроорганизмов. Перечисленные параметры оказывают существенное влияние на физиологические процессы в организме людей, их здоровье. Окружающая среда, которая не содержит раздражающих и возбуждающих факторов, препятствующих физической и умственной работе, а также отдыху, называется **комфортной**.

В значительной мере достижимая степень комфортности обеспечивалась за счет конструкции и теплозащиты здания в сочетании с относительно простыми отопительно-вентиляционными устройствами.

Установленные нормативными документами параметры микроклимата в помещениях зданий различного назначения и воздушно-тепловой режим определяются не только работой систем отопления и вентиляции, но и архитектурно-планировочными и конструктивными решениями этих зданий, а также теплофизическими характеристиками ограждающих конструкций.

В формировании микроклимата большое значение имеют строительные материалы. Они должны быть малотеплопроводными и обеспечивать достаточное термическое сопротивление и теплоустойчивость ограждений, обладать достаточной воздухопроницаемостью,

микроскопической пористостью и достаточной огнестойкостью, обеспечивать прочность сооружения, быть дешевыми и легкодоступными в местных условиях, не обладать гигроскопичностью и влагоемкостью.

В современных зданиях обеспечение внутренних комфортных условий представляет сложную техническую задачу. Увеличение этажности приводит к существенному изменению перепада давления воздуха снаружи и внутри здания по его высоте. В результате возникает вертикальное перетекание воздуха и интенсивное газовое и бактериологическое загрязнение верхних этажей, переохлаждение нижних этажей и повышение опасности их радонового загрязнения.

Вентиляция и отопление помещений способствует нормализации влажностного режима помещения, а, следовательно, увеличению долговечности ограждений.

Усиление герметичности заполнений световых проемов, желательное из условия энергосбережения, актуализирует проблему вентиляции помещений, особенно в жилых зданиях массовой застройки, в которых проветривание ведется естественным путем. Вместе с тем требование интенсивного вентилирования современных помещений связано с применением как новых отделочных материалов ограждений, так и синтетических материалов мебели, оборудования, оргтехники, акустических и видеосистем.

Одно из актуальных требований современности — повышение энергетической эффективности зданий реализуется прежде всего за счет усиления их теплозащиты, что прямо сказывается на улучшении теплового комфорта помещений в холодное время года. Кроме того, уменьшение тепловой нагрузки на отопление при усилении теплозащиты позволяет понизить температуру теплоносителя. Это приводит к улучшению теплового комфорта и качества воздуха в помещении.

Как упоминалось выше, микроклимат помещения характеризуется комплексом параметров, определяющих тепловое состояние помещения и газовый состав воздуха в нем. Параметры микроклимата формируются под воздействием на помещение потоков тепла, влаги, газовых примесей.

Перечисленные потоки поступают в помещение через наружные ограждения из наружной среды, через внутренние ограждения из соседних помещений здания и от внутренних источников, действующих в технологическом процессе. При взаимодействии с объемом помещения потоки трансформируются и преобразуются, вызывая изменение соответствующих параметров микроклимата. Отклонение параметров от заданных значений компенсируется системами отопления-охлаждения и вентиляции, которые, в свою очередь, также подают в помещение потоки тепла, влаги и свежий воздух, нейтрализующие вредные воздействия на микроклимат.

Влажностный режим ограждающих конструкций тесно связан с их тепловым режимом. С повышением влажности строительных материалов увеличивается и их способность проводить теплоту. Следовательно, при прочих равных условиях, сырые ограждения будут иметь пониженные теплозащитные качества по сравнению с такими же, но сухими ограждениями. Переувлажнение ограждения приводит не только к выпадению конденсата, но и к его замерзанию, так как основная часть зоны конденсации находится в области отрицательных значений температуры. А многократное чередование оттаивания и замерзания является, в конечном счете, причиной разрушения конструкции.

От теплотехнических качеств наружных ограждений зависят теплопотери здания, влияющие на мощность отопительных систем и расход тепла ими за отопительный период. Влажностный режим наружных ограждений влияет на их теплозащиту, а, следовательно, на мощность систем, обеспечивающих заданный микроклимат здания. Коэффициенты теплообмена на внутренней поверхности наружных ограждений играют роль не только в оценке общего приведенного сопротивления теплопередаче конструкции, но и в оценке температуры на внутренней поверхности этого ограждения.

Так называемые плотные окна имеют вполне определенное сопротивление воздухопроницанию. При «плотных» окнах в малоэтажных зданиях до пяти этажей инфильтрацией в расчете теплопотерь можно пренебречь, а в более высоких домах на нижних этажах она уже будет ощутимой. От воздушного режима здания зависит не только наличие или отсутствие инфильтрации, но и работа систем вентиляции, особенно естественных. Радиационная температура внутренних поверхностей наружных и внутренних ограждений, важнейшая составляющая оценки микроклимата помещений, в основном является производной от теплозащиты здания. Теплоустойчивость ограждений и помещений влияет на постоянство температуры в комнатах при переменных тепловых воздействиях на них, особенно в современных зданиях, в которых воздухообмен близок к минимальной норме наружного воздуха.

К средствам регулирования микроклимата принято относить системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Совместно с ограждающими конструкциями эти системы обеспечивают поддержание требуемых параметров как воздуха, так и известной нам среднерadiационной температуры. При этом ограждения играют в данном случае, пассивную роль, а названные системы — активную.

Системы отопления предназначены для обеспечения заданного температурного режима. Влажностный режим при функционировании только отопительных систем не регулируется, хотя, как правило, при работающем отоплении в зимнее время относительная влажность воздуха в помещениях не превышает 40 %, а часто поддерживается на уровне 20-30 %, что, безусловно, нельзя признать удовлетворительным. При этом разновидность отопительной системы практически не имеет значения.

Под **кондиционированием воздуха** обычно понимают создание и поддержание в помещениях с необходимой степенью точности метеорологических параметров воздуха,

его чистоты и газового состава вне зависимости от состояния наружной атмосферы.

Все более широкое распространение эти системы находят еще и из-за неудовлетворительного состояния атмосферного воздуха во многих наших городах, которое характеризуется запыленностью и загазованностью с недопустимо высокими уровнями концентраций, наличием в нем тяжелых металлов и их солей, кислых аэрозольных примесей и т.д.

В проектировании и теплотехнической оценке наружных ограждений имеется ряд особенностей. Утепление здания — дорогостоящая и ответственная составляющая современного строительства, поэтому важно обоснованно принимать толщину утеплителя. Специфика сегодняшнего теплотехнического расчета наружных ограждений связана: с повысившимися требованиями к теплозащите зданий; с необходимостью учитывать роль эффективных утеплителей в ограждающих конструкциях, коэффициенты теплопроводности которых настолько малы, что требуют очень аккуратного отношения к подтверждению их величин в эксплуатационных условиях; с тем, что в ограждениях появились различные связи, сложные примыкания одного ограждения к другому, снижающие сопротивление теплопередаче ограждения.

Совокупность всех факторов и процессов (внешних и внутренних воздействий), влияющих на формирование теплового микроклимата помещений, называется **тепловым режимом здания**.

Ограждения не только защищают помещение от наружной среды, но и обмениваются с ним теплом и влагой, пропускают воздух сквозь себя как внутрь, так и наружу. Задача поддержания заданного теплового режима помещений здания (поддержания на необходимом уровне температуры и влажности воздуха, его подвижности, радиационной температуры помещения) возлагается на инженерные системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Однако определение тепловой мощности и режима работы этих систем **невозможно без учета влияния тепловлагозащитных и теплоинерционных свойств ограждений**. Поэтому система кондиционирования микроклимата помещений включает в себя все инженерные средства, обеспечивающие заданный микроклимат обслуживаемых помещений: ограждающие конструкции здания и инженерные системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Таким образом, современное здание — сложная взаимосвязанная система тепломассообмена — единая энергетическая система.

Нельзя забывать о таком важном параметре, как **требуемый воздухообмен помещений**

(иначе говоря, их вентиляция), необходимый для поддержания требуемого уровня микроклимата в здании. При вентиляции происходит удаление пыли, бактерий, лишней влаги, поддерживается уровень кислорода в необходимой для нормальной жизнедеятельности и работоспособности концентрации. В зимний, и в общем случае в любой период, в течение которого производится отопление помещений, энергия затрачивается в том числе на подогрев входящего холодного воздуха, причем в достаточно значительных количествах. При этом требуемый уровень воздухообмена необходим как в «холодных» домах, так и в «теплых». Отсюда следует, что как бы мы не утепляли здание, а расходы тепла на вентиляцию без использования специальных инженерных методов уменьшатся от этого не будут, и чем теплее у здания будет «шуба», тем большими в относительном выражении будут затраты на вентиляцию.

В современных домах затраты энергии на вентиляцию и инфильтрацию составляют до 40-50 % всех расходов энергии на отопление зданий, а в отдельные, наиболее холодные периоды времени года, могут достигать 60 %.

Под понятием **энергоэффективности** в жилищном строительстве подразумевается комплекс мероприятий, направленных на снижение потребления зданиями энергии и поддержание требуемых параметров микроклимата при экономическом обосновании их внедрения. Таким образом, понятие энергоэффективности неразрывно связано с вопросами энергосбережения.

Казалось бы, данный вопрос решается несложным образом. Чем меньше здание теряет тепла, тем меньшее количество энергии требуется для восполнения тепловых потерь. В этой связи, на первый взгляд, наиболее простым и рациональным способом экономии энергии на отопление выглядит увеличение теплозащитных свойств ограждающих конструкций.

Переход в массовом жилищном строительстве на герметичные окна со стеклопакетами наряду с положительными факторами, такими как уменьшение теплопотерь и улучшение акустических характеристик жилища, привел к ухудшению воздушного режима помещений с традиционными системами естественной вентиляции. С введением новых нормативных требований к теплозащите наружных ограждающих конструкций здания доля трансмиссионных потерь тепла в тепловом балансе значительно снизилась и, соответственно, расход тепла на нагрев наружного воздуха для вентиляции вырос и достигает 50-60 %. В современных зданиях при полностью закрытых окнах инфильтрация незначительна — на порядок ни-

же требуемого по нормативам воздухообмена. Старые окна в деревянных переплетах обладают в несколько раз большей воздухопроницаемостью, чем современные металлопластиковые конструкции со стеклопакетами.

Полностью закрытые деревянные окна обеспечивают режим инфильтрации, близкий к нормативному уровню воздухообмена в квартирах, и только при низких наружных температурах возникает необходимость в заклеивании переплетов. Учитывая малый размер щелей в окнах и их большую протяженность, наружный инфильтрующийся воздух быстро смешивается с конвективным потоком от отопительных приборов и не создает в большинстве случаев дискомфортных зон.

К сожалению, в целом прогрессивные новые строительные требования к ограждающим конструкциям не были своевременно поддержаны изменением требований к системам вентиляции жилых многоэтажных зданий.

Распространенные в Западной Европе окна с откидной фрамугой по всей высоте окна в наших условиях мало пригодны для комфортной естественной вентиляции, т.к. поток холодного наружного воздуха поступает в помещение с уровня нижней отметки окна сосредоточенно, не успевает нагреться конвективными потоками отопительного прибора и выхолаживает нижнюю зону помещения, создавая ощущение «сквозняка». Мощность конвективных потоков от отопительных приборов в современных зданиях примерно в 1,5 раза меньше, чем в старых домах. Это также больше дискредитирует систему естественной вентиляции в современных зданиях.

Регулирование объемов приточного воздуха с помощью открывания фрамуг стабилизирует работу системы вентиляции, но часто приводит к выхолаживанию нижней зоны помещений. Попытки устанавливать на верхних этажах зданий бытовые вентиляторы в вытяжные проемы туалетов, ванных комнат, кухонь не привели к серьезному улучшению работы вентиляции, так же, как и устройство центральных систем вытяжной механической вентиляции. Из-за несбалансированности объемов приточного и вытяжного воздуха эти системы работают неустойчиво.

Сформулируем основные положения, которые должны определять подходы к системам вентиляции многоэтажных жилых зданий.

1. Расход тепла на вентиляцию современных квартир соизмерим, а в ряде случаев превышает трансмиссионные теплотери жилых зданий.
2. Система вентиляции — один из основных факторов инженерного обеспечения зданий, который определяет комфортность среды обитания и здоровье жителей.

3. Жители должны иметь возможность контролировать и регулировать воздухообмен вне зависимости от гравитационного и ветрового перепада давления в квартире и снаружи.
4. Организация воздухообмена не должна приводить к ухудшению акустического режима и должна предусматривать меры как по защите от «городского» шума, так и от шума, генерируемого системами механической вентиляции.
5. Движение воздуха в квартире должно быть организовано так, чтобы направление потоков приточного воздуха из жилых помещений было направлено в зоны выделения вредных веществ на кухню, в ванные комнаты, туалеты. Интенсивность удаления воздуха из отдельных загрязненных зон не должна «опрокидывать» вытяжку из других. Например, включение надплиточного зонта на кухне не должно существенно снижать объем удаляемого воздуха в ванной комнате и туалете.

Возможно ли, основываясь на этих положениях, реализовать экономичную систему вентиляции?

Направление и скорость ветра, температура наружного воздуха могут существенно изменять режимы работы традиционной системы естественной вентиляции квартир. Эти изменения могут соответствовать весьма широкому диапазону: от «опрокидывания», когда вытяжные устройства начинают работать на приток, до увеличения воздухообмена по отношению к расчетному в 2-3 раза. Неустойчивость работы систем вентиляции, с одной стороны, может привести к воздушнотепловому дискомфорту, с другой — к перерасходу тепловой энергии.

Нарушения режима работы системы вентиляции связаны с изменениями перепада давления воздуха снаружи и внутри отдельной квартиры.

Специалисты Западной Европы ограничивают эффективную область применения естественной системы вентиляции районами с температурой наружного воздуха не ниже -10°C .

Для решения этой проблемы получили распространение системы вентиляции многоэтажных жилых домов с подогревом приточного воздуха с помощью теплоутилизаторов за счет тепла вытяжного воздуха.

Системы вентиляции с теплоутилизаторами обладают рядом достоинств, к числу которых следует отнести:

- высокий уровень воздушнотепловой комфортности, обусловленный аэродинамической устойчивостью системы вентиляции и сбалансированностью расходов приточного и вытяжного воздуха;

- существенную экономию тепловой энергии, расходуемой на нагрев вентиляционного воздуха — от 50 до 90 % в зависимости от типа применяемого утилизатора;
- принципиальную возможность защиты от городского, внешнего шума при использовании герметичных светопрозрачных ограждений;
- принципиальную возможность гибкого регулирования воздушнотеплового режима в зависимости от режима эксплуатации отдельной квартиры, в т.ч. с использованием рециркуляционного воздуха;
- принципиальную возможность поддержания оптимальной влажности воздуха в квартире при использовании регенеративных теплоутилизаторов;
- принципиальную возможность очистки приточного воздуха с помощью высокоэффективных фильтров.

Реализация указанных достоинств связана с решением следующих проблем:

- необходимо предусмотреть соответствующие объемно-планировочные решения отдельной квартиры и выделить место для размещения теплоутилизаторов и дополнительных воздуховодов;
- утилизаторы должны быть малошумными и при необходимости оборудованы дополни-

тельными шумоглушителями;

- следует предусмотреть защиту от замораживания теплоутилизаторов при низких температурах наружного воздуха (-10°C и ниже);
- необходимо обеспечить квалифицированное техническое обслуживание теплоутилизаторов (замена или чистка фильтров, промывка теплообменника).

В современных системах вентиляции с утилизаторами тепла указанные проблемы решаются, но, соответственно, капитальные затраты в этих системах по сравнению с традиционными выше.

С целью решения этих вопросов в Республике Беларусь 1 июня 2009 г. была принята и утверждена «КОМПЛЕКСНАЯ ПРОГРАММА по проектированию, строительству и реконструкции энергоэффективных жилых домов в Республике Беларусь на 2009-2010 годы и на перспективу до 2020 года».

В программе отражено, что важнейшим направлением, позволяющим снизить энергопотери жилых домов и, следовательно, потребление тепловой энергии на отопление, является повышение теплозащиты зданий за счет увеличения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций и применения энергоэффективных инженерных систем.

ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Данилевский Л.Н., канд. физ.-мат. наук, первый заместитель директора ГП «Институт жилища — НИПТИС им. Атаева С.С.» (г. Минск, Республика Беларусь)

Энергосбережение является одним из приоритетных направлений национальной экономической политики и одновременно важнейшим фактором сохранения благоприятной экологической среды для населения отдельных регионов и нашей планеты в целом. Кроме повышения энергоэффективности экономики, снижения зависимости от импорта топливно-энергетических ресурсов, повышения уровня энергетической безопасности, энергосбережение и развитие нетрадиционных и возобновляемых источников энергии является одним из путей снижения негативного влияния жизнедеятельности человека на окружающую среду.

На отопление и горячее водоснабжение жилых и общественных зданий в нашей стране ежегодно используется свыше трети всех потребляемых энергоресурсов, поэтому важное место в решении проблем энергосбережения занимают организационные, инженерно-технические и проектные решения, которые реализуются Министерством архитектуры и строительства и подведомственными ему организациями совместно с Ми-

нистерством жилищно-коммунального хозяйства, Госстандартом в области проектирования и строительства энергоэффективных жилых домов.

В эксплуатируемых в настоящее время жилых домах застройки прошлого века уровень энергопотребления составляет 90-110 и более кВт·ч/м² в год. В то же время опыт строительства в европейских странах энергоэффективных («пассивных») домов показыва-

ет, что этот показатель может быть снижен до 15 и менее кВт·ч/м² в год. Недостатком идеологии пассивных зданий является жесткость в требованиях к уровню теплоснабжения здания (15 кВт·ч/м² в год), не учитывающая особенности объемно-планировочных решений здания, экономические условия, климатические и социальные особенности регионов строительства.

На наш взгляд, удельные затраты тепла на отопление энергоэффективных зданий должны планироваться с учетом экономических, климатических и урбанистских особенностей места строительства зданий. Требования к теплотехническим характеристикам домов меняются вместе с изменением стоимости энергоносителей. Если в стандартах советского времени требования к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций выбирались только из соображения теплового комфорта, то в современных нормативных документах установлены не только нормируемые значения для сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, но и нормативные значения для удельного годового потребления тепла на отопление зданий, которое устанавливается и в нормативных документах стран ЕС.

Однако эта характеристика относится не к зданию как конструктивной системе, а учитывает также климатические условия и условия эксплуатации объекта. Поэтому сравнительный анализ зданий, находящихся в различных климатических зонах, для различных условий эксплуатации по удельному потреблению тепловой энергии на отопление некорректен в силу отмеченных особенностей.

В книге Богословского В.Н. «Строительная теплофизика» для сравнительного анализа домов используется понятие удельной тепловой характеристики здания, значение которой равно отношению удельной мощности тепловых потерь при разности температур в 1°K к объему здания. Для жилых домов удобнее нормировать эту величину не к объему, а к отапливаемой площади здания, которую можно получить в эксплуатирующей организации.

Значение удельной тепловой характеристики здания можно найти из соотношения:

$$q = f_1 \cdot \Delta T, \quad (2.3)$$

где:

$\Delta T = T_{in} - T_{out}$ T_{in} и T_{out} — значения температуры воздуха внутри и снаружи здания;

f_1 — удельная тепловая характеристика здания Вт/м²°K, значение которой равно величине:

$$f_1 = \left(\left(\frac{1 - K_{ost}}{R_{ogr}} + \frac{K_{ost}}{R_{ost}} \right) \cdot \frac{S_{st}}{S_{ot}} + \frac{R_{per} + R_{pokr}}{R_{per} \cdot R_{pokr} \cdot k} + c_v \cdot \rho_v \cdot h_1 \cdot \frac{k_{kr}}{3600} \right),$$

K_{ost} — коэффициент остекленности стены;

R_{ogr} — приведенное сопротивление теплопередаче стен, м²·°C/Вт;

R_{ost} — приведенное сопротивление теплопередаче окон, м²·°C/Вт;

S_{st} — площадь наружных стен, м²;

R_{per} — приведенное сопротивление теплопередаче перекрытия верхнего этажа, м²·°C/Вт;

R_{pokr} — приведенное сопротивление теплопередаче покрытия над подвалом, м²·°C/Вт;

k — количество этажей;

h_1 — высота одного этажа, м;

k_{kr} — кратность воздухообмена в единицу времени относительно объема здания, 1/ч.

Для «Пассивного дома» в условиях Германии значение удельной тепловой характеристики равно 0,83. Для условий г. Минска удельное потребление тепла на отопление такого же здания достигнет 40 кВт·ч/м² в год, что соответствует нормативному значению для многоэтажных объектов в нашей стране. Для условий Казахстана удельное потребление тепла на отопление немецкого пассивного дома составит около 60 кВт·ч/м² в год. Эти цифры подтверждают мысль о том, что выбор критериев энергоэффективного строительства должен основываться на технико-экономических расчетах для условий строительства.

Снижение затрат энергии источников на отопление и горячее теплоснабжение зданий может быть достигнуто комплексом мероприятий:

- утеплением оболочки здания;
- утилизацией тепла вентиляционных выбросов;
- утилизацией тепла сточных вод;
- использованием энергии возобновляемых источников;
- оптимизацией систем теплоснабжения.

Задача экономии энергии не может решаться «любой ценой», а должна быть экономически оправданной. При этом следует различать задачи, решаемые при выполнении пилотных проектов, когда важно определить направление развития энергосберегающих технологий и при подготовке новых нормативных документов, определяющих развитие строительной отрасли на несколько лет. Во втором случае определяющим фактором при выборе энергосберегающих решений является их экономическая целесообразность.

Энергоэффективное здание понимается как открытая энергетическая система с оптимальным для существующих технико-экономических условий уровнем потребления тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение и интерфейсом для подключения энергоэффективных модулей.

Такое определение энергоэффективного здания открывает возможность их массового строительства, используя в каждом конкретном случае экономически оправданные технические решения.

В Советском Союзе основным критерием при выборе технических решений был срок окупаемости капитальных затрат, т.е. величина отношения:

$$T=Z_0/\Delta\mathcal{E}, \quad (1.3)$$

где:

Z_0 — капитальные затраты;

$\Delta\mathcal{E}$ — дополнительный годовой доход от внедрения.

При этом нормативный срок окупаемости задавался в пределах 8-12 лет.

В настоящее время используют новые экономические подходы к определению экономической эффективности инновационных мероприятий, учитывающие предполагаемую доходность вложенных средств. Основным экономическим показателем эффективности вложенных инвестиций может служить полный дополнительный доход \mathcal{E} , который может быть получен за срок эксплуатации энергосберегающих мероприятий с учетом наращивания под проценты промежуточных доходов от реализации мероприятия, т.е. наращенный доход.

Основным критерием эффективности энергосберегающих мероприятий является срок окупаемости затрат. Для заданного срока окупаемости при известных экономических условиях отношение стоимости энергии, сэкономленной за год эксплуатации, к затратам на

выполнение энергосберегающего мероприятия должно быть равно:

$$\frac{\Delta\mathcal{E}}{Z_0} = \frac{(\alpha \cdot (1+p))^n \cdot (\alpha \cdot (1+p) - (1+p_1))}{(\alpha \cdot (1+p))^n - (1+p_1)^n},$$

где:

$\Delta\mathcal{E}$ — дополнительный годовой доход от внедрения, руб;

Z_0 — капитальные затраты, руб.;

p^*100 — процентная ставка по кредиту в банке;

p_1 — коэффициент ежегодного увеличения стоимости энергии;

$\alpha < 1$ — коэффициент инфляции в стране.

На рис. 1 приведено значение зависимости отношения стоимости энергии, сэкономленной за год эксплуатации, к затратам на выполнение энергосберегающего мероприятия, с учетом современной стоимости энергии и затрат на выполнение энергосберегающих мероприятий. В табл. приведены значения срока окупаемости мероприятий в зависимости от изменения стоимости энергии.

Нецелесообразно использование фотоэлектрических элементов, срок использования которых подойдет через 4-9 лет, в зависимости от величины изменения стоимости энергии.

Из результатов, приведенных в таблице, и данных на графике рис. 1 можно сделать вывод, что в нашей стране созданы технико-экономические условия для строительства энергоэффективных зданий. Из приведенных данных можно сделать вывод, что в современном базовом варианте энергоэффективного здания, задав срок окупаемости менее 10 лет, целесообразно использовать в энергоэффективных домах следующие мероприятия:

- утилизацию тепла сточных вод;
- утепление оболочки здания до $5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;
- утилизацию тепла вентиляционных выбросов;
- применение солнечных коллекторов для нагрева воды.

Таблица. Срок окупаемости в зависимости от изменения стоимости энергии

Энергоэффективная технология	Отношение $\Delta\mathcal{E}/Z_0$	Срок окупаемости, n, лет		
		$p_1=0,36$	$p_1=0,25$	$p_1=0,15$
Утилизатор тепла сточных вод	0,4	<3	<3	<3
Утепление до $R=5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$	0,06	9	7	6
Солнечный коллектор	0,06	9	7	6
Рекуператор тепла	0,04	11	9	7
Фотоэлектрические элементы	0,01	19	14	11

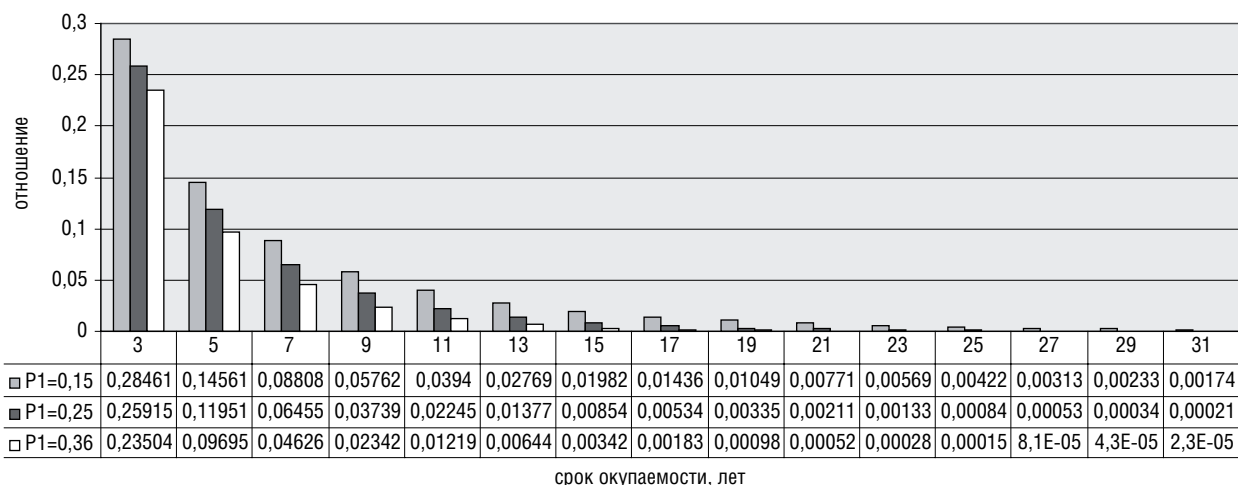


Рис. 1. Зависимости отношения стоимости энергии, сэкономленной за год эксплуатации, к затратам на выполнение энергосберегающего мероприятия

В диапазоне возможного изменения стоимости энергии срок окупаемости их использования не превышает 11 лет. В то же время, следующей энергоэффективной системой может стать система электроснабжения с использованием фотоэлектрических батарей. Ее время, предположительно, начнется с 2020 г., что делает в энергоэффективном здании целесообразным обеспечение возможности подключения фотоэлектрических элементов.

Рассмотрим составляющие теплового баланса зданий на рис. 2.

Здесь представлены дома современной постройки (первый столбец) и энергоэффективные здания трех поколений: соответствующе

щие современным возможностям строительства (строящиеся в рамках программы энергоэффективного строительства в Республике Беларусь), прогноз для энергоэффективных зданий 2015-2020 гг. и 2020-2030 гг. постройки. Средние затраты тепла на отопление и по прогнозу затраты на отопление и горячее водоснабжение снизятся для энергоэффективных зданий от 67 кВт·ч/м² в год до 12 кВт·ч/м² в год для энергоэффективных зданий 2020-2030 гг. строительства. Прогноз строился на предположении, что с течением времени изменяются как составляющие теплового баланса жилых зданий, так и экономически оправданные энергоэффективные технические средства для снижения тепловых потерь.

Составляющие теплотерь энергоэффективных зданий: 9 этажей, 4 подъезда

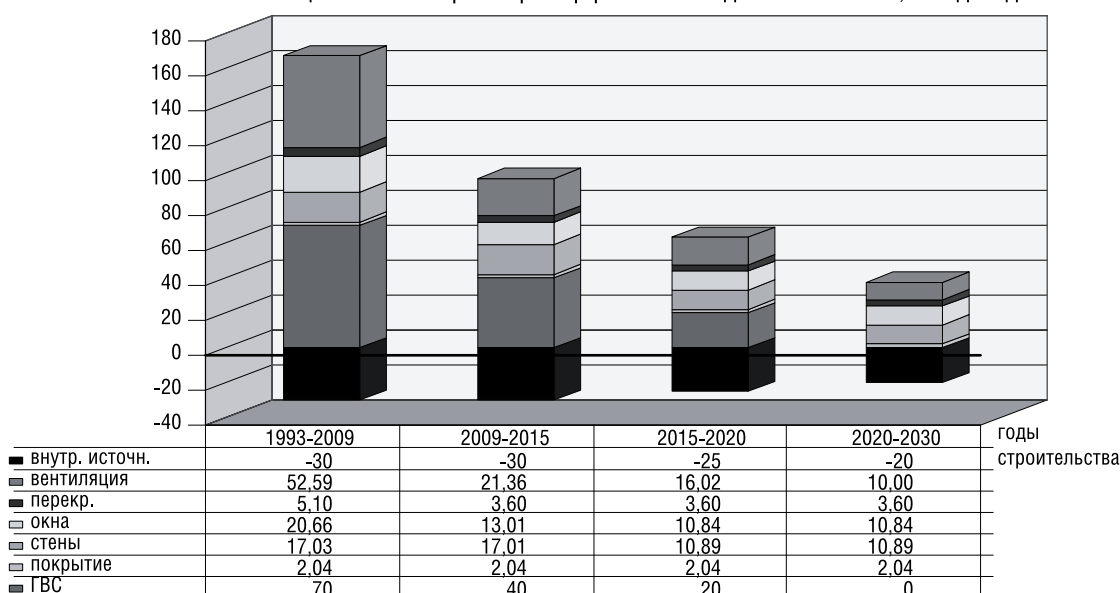


Рис. 2. Составляющие теплового баланса энергоэффективных зданий в развитии

Особенности конструкции и энергосберегающие решения энергоэффективного дома в г. Минске по ул. Притыцкого, 107

Первый энергоэффективный дом в стране был построен в г. Минске в 2007 г. (рис. 3). Целью проекта ставилась отработка технических и проектных решений по снижению уровня затрат тепловой энергии на отопление жилого здания до 30 кВт·ч/м² в год без изменения существующих планировочных решений серии и без модернизации технологического оборудования на предприятиях. Для достижения планируемого уровня были предложены следующие технические решения:

- новый принцип вентиляции жилых помещений на основе квартирных систем принудительной приточно-вытяжной вентиляции с механическим побуждением и рекуперацией тепла вентиляционных выбросов с эффективностью возврата тепла более 85 %;
- для заполнения светопрозрачных проемов использованы разработанные институтом на основе использования композитного профиля (дерево-пенополиуретан-дерево) и двухкамерного стеклопакета с двумя низкоэмиссионными стеклами и аргоновым заполнением окна нового поколения с сопротивлением теплопередаче $R = 1,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;
- неоднородное по контуру здания утепление оболочки, что позволило уменьшить разницу в потреблении тепловой энергии для квартир, расположенных в различных частях здания, включая торцы и верхние этажи;
- стеновые панели с увеличенным сопротивлением теплопередаче в среднем от значения $3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ в середине фасада здания до $5,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;
- в квартирах реализована система отопления с горизонтальной разводкой, автономная автоматизированная система регулирования режимов отопления и воздухообмена с автоматическим климат-контролем в каждой квартире и поквартирным учетом тепла;
- система автоматического контроля работы квартирных блоков управления, обеспечивающая регистрацию параметров микроклимата и мониторинг здания на стадии эксплуатации, а также устранения аварийных ситуаций в работе индивидуальных блоков.

В период эксплуатации дома за отопительный сезон 2007-2008, 2008-2009 и 2009-2010 гг. получены фактические данные по расходу тепловой энергии на отопление квартир экспериментального энергоэффективного дома.

Фактические удельные расходы тепла на отопление квартир в здании по итогам первых



Рис. 3. Энергоэффективный дом в г. Минске по ул. Притыцкого, 107

двух отопительных сезонов показали, что средний уровень удельного теплоснабжения равен $44 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ в год. Эта цифра выше расчетного уровня, равного $30 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ в год. Разница объясняется тем обстоятельством, что расчет теплопотерь выполнялся на температуру воздуха в жилых помещениях, равную 18°C , в то время как средняя температура в помещениях по данным наблюдения была равна 21°C . Разность температур 3°C дает дополнительно 15 % увеличение уровня теплопотерь, т.е. $4,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ в год. К этому следует добавить, что дом сдавался в эксплуатацию без выполнения отделочных работ и заселение его происходило медленно. Поэтому в теплоснабжении здания отсутствовали внутренние источники тепла.

Результаты анализа потребления тепла в течение отопительного сезона 2009-2010 гг. показывают тенденцию к снижению этого уровня. Ожидаемый окончательный уровень удельного потребления тепла на отопление составит около $35 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ в год.

На основе накопленного опыта в Республике Беларусь разработана и функционирует «Комплексная программа по проектированию, строительству и реконструкции энергоэффективных жилых домов с поэтапным расширением энергоэффективного строительства в стране с выходом на 60 % строительства энергоэффективных зданий в 2015 г. Одновременно принято решение об организации в стране выпуска комплектующих изделий для обеспечения необходимых объемов строительства энергоэффективных зданий.

В 2009-2010 гг. выполнены проекты и строительство зданий в областных центрах страны: в Гомеле, Гродно, Витебске. Проектирование выполнялось институтами Гродногражданпроект, Гомельгражданпроект и Витебскгражданпроект при участии и научном сопровождении Государственного предприятия «Институт жилища — НИПТИС им. Атаева С.С.».

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОЭТАЖНО ОПЕРТЫХ СТЕН, ВЫПОЛНЕННЫХ КЛАДКОЙ ИЗ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ БЛОКОВ

Рыхленок Ю.А., зав. лабораторией ограждающих конструкций, **Сапоненка О.В.**, н.с. научно-исследовательского республиканского унитарного предприятия по строительству «Институт БелНИИС» (г. Минск, Республика Беларусь)

Нынешний этап в истории развития производства и применения ячеистобетонных изделий в Республике Беларусь ознаменовался строительством и вводом в эксплуатацию в 1997 г. завода по выпуску изделий из автоклавного газобетона на оборудовании фирмы Hebel ОАО «Забудова» и повлек последовательную модернизацию других предприятий-изготовителей, а также строительство новых заводов и линий по производству ячеистого бетона. Отличительными особенностями современных ячеистобетонных изделий являются их более низкая плотность (D250-D400 — для плит теплоизоляционных, D400-D500 — для стеновых блоков, D600-D1100 — для армированных конструкций); более высокое соотношение прочности и плотности бетона; высокая точность геометрических параметров изделий.

В настоящее время в республике действует 12 заводов, которые в течение последних пяти лет ежегодно производят от 2,5 до 3,0 млн м³ ячеистобетонных изделий (рис. 1), среди которых наибольшую долю в объеме выпуска (порядка 99,5 %) составляют мелкие стеновые блоки. Учитывая, что экспорт изделий из автоклавного газобетона составляет в среднем около 20 %, от 2 до 2,4 млн м³ этой продукции ежегодно потребляется отечественным строительным производством. Таким образом, в настоящий период ячеистобетонные стеновые изделия — наиболее востребованный матери-

ал для устройства ограждающих конструкций жилых и общественных зданий в Республике Беларусь. Массовому применению мелких ячеистобетонных блоков в строительстве способствует еще и то, что они являются объективно самым дешевым и доступным стеновым материалом.

С развитием каркасного метода строительства гражданских и, в первую очередь, жилых зданий ячеистый бетон в конструкциях наружных стен явился тем материалом, который позволяет обеспечивать их архитектурную выразительность, высокие потре-

Объемы производства ячеистобетонных изделий предприятиями Республики Беларусь за 2006-2011 г. в тыс. м³

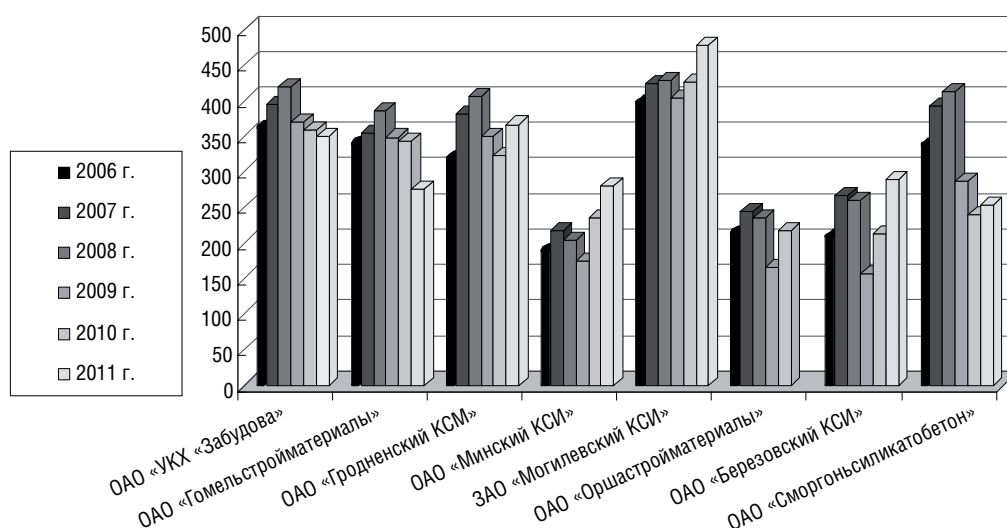


Рис.1. Диаграмма объемов производства ячеистобетонных изделий



Рис. 2. Комплекс 25-этажных жилых домов с несущим каркасом из монолитного железобетона и поэтажно опертыми стенами из ячеистобетонных блоков в микрорайоне Каменная горка-1 в Минске



бительские качества помещений и конкурентоспособность домов по сравнению с традиционными решениями (рис. 2). Считаем, что кладка из автоклавных ячеистобетонных блоков (D400-D500) в стеновых заполнениях каркасных зданий в Республике Беларусь будет иметь и в дальнейшем широкое распространение по следующим объективным причинам.

Применение ячеистобетонных изделий при строительстве зданий жилого и общественного назначения позволяет успешно решать проблему сокращения энергопотребления на отопление, снижать нагрузки на фундаменты и основания и тем самым способствует сокращению общей стоимости строительства.

Современные несущие системы многоэтажных гражданских зданий, к которым относятся не только каркасные, но и системы зданий с поперечными несущими стенами (рис. 3), имеют выгодно отличающиеся их конструктивные особенности. Повышение потребительских свойств зданий, комфортные и эстетические условия их помещений обеспечиваются, в первую очередь, применением эффективных решений наружных стен.

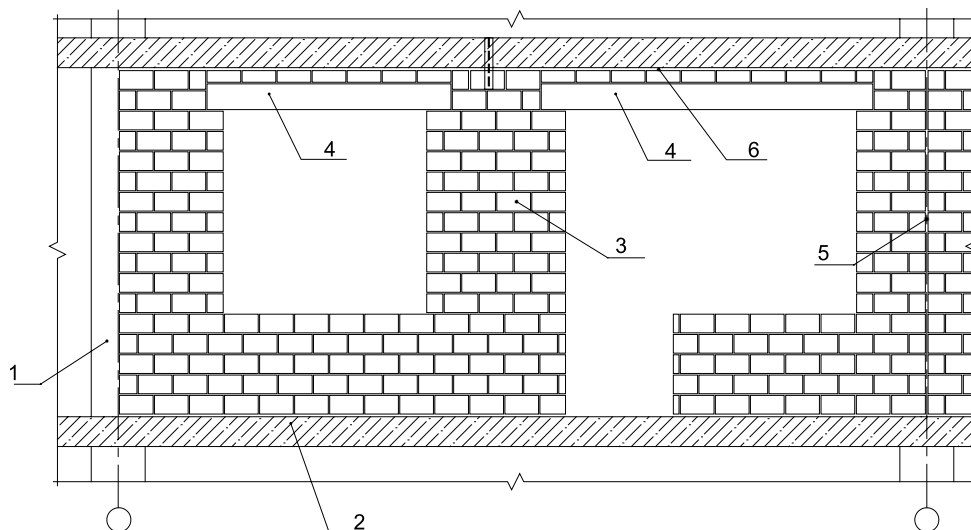
Рис. 3. 16-этажное жилое здание с поперечными несущими стенами из железобетонных панелей и продольными поэтажно опертыми наружными стенами из ячеистобетонных блоков

В таких зданиях наружные стены выполняют, как правило, с поэтажным опиранием на междуэтажные перекрытия. При этом конструкция стены расчленена на отдельные участки, ограниченные высотой этажа и шагом колонн.

Наружные стены и внутренние перегородки, опертые на перекрытия (поэтажно опертые) в пределах каждого этажа, явля-

Рис. 4. Схема устройства поэтажно опертых наружных стен из мелких ячеистобетонных блоков

1 — колонна или поперечная несущая стена; 2 — диск перекрытия; 3 — кладка из ячеистобетонных блоков; 4 — армированная перемычка из ячеистого бетона; 5 — вертикальный деформационный шов; 6 — горизонтальный деформационный шов



ются ненесущими. Действующие на них нагрузки незначительны, что позволяет в таких случаях применять материалы с невысокой прочностью. Конструкция поэтажно опертых стен (рис. 4) предполагает выполнение ими, в первую очередь, ограждающих функций, направленных на создание комфортных условий в помещениях.

Проектирование ограждающих конструкций зданий сопряжено с необходимостью учета разнообразия выполняемых ими функций, применяемых технических решений и свойств материалов, условий работы и природы действующих нагрузок.

Наружные поэтажно опертые стены жилых и гражданских зданий следует проектировать по возможности минимальной массы при обеспечении нормируемых теплофизических характеристик (сопротивления теплопередаче, температурно-влажностного режима, воздухопроницаемости), а также прочности, жесткости, трещиностойкости, огнестойкости и других требований, предъявляемых нормативной и проектной документацией.

В первую очередь, при проектировании поэтажно опертых наружных стен крайне важно обеспечить температурный режим конструкции ограждения. Увеличение требований по величине приведенного сопротивления теплопередаче, регламентированное с 2010 г. на территории Республики Беларусь, потребовало переработки большинства традиционных технических решений наружных стен. В то же время, используя блоки из ячеистого бетона и принимая толщину стен в пределах 500 мм,

можно добиться нормируемого сопротивления теплопередаче по полю стены $R_T = 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$. Следует отметить, что однослойные конструкции наружных стен из ячеистобетонных блоков имеют наилучший температурно-влажностный режим по сравнению с любыми многослойными конструкциями и наиболее экономически оправданы. Кладку наружных стен из ячеистобетонных изделий рекомендуется вести с применением тонкослойных («клеевых») растворов, повышающих не только ее тепло-техническую, но и конструкционную однородность. Они позволяют снизить теплопотери через наружные стены до 20 % по сравнению с кладкой на традиционных растворах (плотностью 1700-1800 кг/м³) с толщиной шва 10-12 мм. При невозможности ведения кладки на клеевых растворах (например, при больших отклонениях от геометрических размеров блоков при устройстве криволинейных участков) для кладки наружных стен следует применять «теплые» (имеющие плотность 400-1500 кг/м³) растворы.

Элементы несущего остова здания — колонны (поперечные несущие стены) и перекрытия, изготовленные, как правило, из тяжелого бетона, располагаются в теле кладки и образуют теплопроводные включения. Конструкция наружных стен в местах примыканий к несущим элементам здания должна обеспечивать нормируемый температурный режим внутренней поверхности.

Для повышения уровня тепловой защиты и обеспечения комфортных условий помещений следует не только учитывать дополни-

тельные теплопотери, определять наиболее подверженные действиям холодных потоков участки и принимать соответствующие меры по обеспечению требуемых теплотехнических параметров, но и стремиться обеспечить теплотехническую однородность участков сопряжений по отношению к полю стены. С переходом на новые конструктивные решения расчет и последующий анализ температурных полей наружных стен стал жизненной необходимостью и неотъемлемой составляющей процесса проектирования.

Следует отметить, что наиболее уязвимым местом в кладке из ячеистобетонных блоков являются откосы оконных и балконных проемов. Современные оконные и дверные коробки, толщина которых приблизительно в полтора раза меньше применявшихся ранее, приводят к заметному изменению температурного режима стен вблизи проемов и распределения температурных полей. В связи с этим возрастает вероятность образования конденсата на откосах вблизи коробок. Для предупреждения возникновения указанных дефектов в кладке наружных стен по боковым и нижнему откосу размещают теплоизоляционные вставки, размеры которых (ширину и глубину) определяют расчетом.

Большое значение для нормальной эксплуатации наружных стен имеет также отделка откосов по периметру проемов, поскольку эти участки кладки особо подвержены перепаду температур, а с наружной стороны — и увлажнению атмосферными осадками. Известно, что на откосах могут образовываться участки застоя влаги, насыщающей раствор, что впоследствии может привести к его размораживанию, разрушению и обнажению кладки. Для исключения подобных негативных явлений следует применять дополнительное сетчатое армирование защитно-декоративных штукатурных покрытий, наносимых на откосы, предусматривать отлив по нижнему откосу для отвода атмосферных осадков от заполнения проема.

Особое внимание необходимо уделять обеспечению требуемого ТКП 45-2.04-43-2006 [3] сопротивления воздухопроницанию наружных стен. Если для устройства стен используются блоки с тычковыми поверхностями, имеющими профиль типа «паз-гребень», необходим особенно тщательный контроль плотного примыкания блоков по вертикальным швам, которые выполняются насухо. Рекомендуем при выполнении кладки из пазогребневых блоков производить затирку или инъектирование наружных полостей вертикальных швов, а в случае выполнения на-

ружной отделки по системе «вентилируемый фасад» — обязательно оштукатуривать стену с одной или с двух сторон.

Следует иметь в виду, что сопротивление воздухопроницанию неоштукатуренной кладки из легкобетонных изделий на порядок ниже аналогичного показателя кладки, оштукатуренной с двух сторон [5].

Определившись с конструктивным решением наружных стен, следует произвести расчеты конструкции стены на действие нагрузок, возникающих в стадии возведения стен и эксплуатации здания.

Наружные поэтажно опертые стены должны быть рассчитаны на восприятие следующих нагрузок и воздействий:

- в плоскости стены — от собственного веса кладки стен с учетом наружного и внутреннего отделочных слоев, веса перемычек и элементов заполнения проемов (в стадии эксплуатации) и от возможных воздействий, передающихся от элементов каркаса при их деформации;
- из плоскости — от ветрового давления с наветренной и подветренной сторон и от температурных деформаций в результате существующего градиента температуры внутреннего и наружного воздуха (для зимнего и летнего периодов).

При проектировании поэтажно опертых стен необходимо учитывать совместную работу несущих элементов здания (каркасной или стеновой несущей системы) и стенового заполнения. Несущие элементы здания, деформируемые под действующими на них нагрузками, могут передать воздействия на поэтажно опертые стены и перегородки, в том числе и через предусмотренные в контактных зонах упругие прокладки. Эти воздействия должны быть учтены в расчетах, которые следует выполнять методом конечных элементов.

Для оценки влияния вертикальных и горизонтальных деформаций несущего каркаса здания на заполнение поэтажно опертых стен необходимо выполнить расчет пространственной несущей системы здания и определить усилия и деформации в ее элементах. По результатам расчета модели поэтажно опертой стены следует выполнить оценку прочности кладки стены, для чего значения полученных напряжений σ_y и σ_x нужно сравнить с расчетными сопротивлениями кладки сжатию R и срезу по неперевязанному сечению R_{sq} .

Проверку кладки стены при работе ее на изгиб по перевязанному сечению следует выполнить путем сравнения изгибающего момента M_x по формуле (1) в нормальном сечении наиболее неблагоприятного участка

стены с несущей способностью рассчитываемого сечения:

$$M_x = \sum(M_{xi} \cdot \Delta_{yi}) / \sum(\Delta_{yi}) \leq R_{th} \cdot W \quad (1),$$

где:

M_x — изгибающий момент, кН/м;

M_{xi} — изгибающий момент в конечном элементе, кН/м;

Δ_{yi} — размер конечного элемента по оси Y, м;

R_{th} — расчетное сопротивление кладки растяжению при изгибе по перевязанному сечению, МПа.

W — момент сопротивления сечения кладки при упругой ее работе, м³.

Если величина полученных в расчете напряжений $R=M_x/W$ в элементах кладки окажется выше расчетного сопротивления R_{th} , то необходимо предусмотреть армирование соответствующих участков кладки, например устройство армированного пояса в нижней зоне на высоту до 500 мм (рис. 5). Верхний армированный пояс рекомендуется располагать в уровне надпроемных перемычек при устройстве последних сборно-монолитными с применением лотковых блоков или по верхнему обрезу кладки.

Основным видом эксплуатационных воздействий, которые следует учитывать при проектировании поэтажно опертых стен, являются ве-

тровые нагрузки, значения которых принимаются в соответствии с положениями СНиП 2.01.07 [1]. В общем случае, участки наружных стен, расположенные в пределах одного этажа между двумя соседними колоннами (поперечными несущими стенами), необходимо проверять расчетом на ветровое воздействие для двух состояний: из условия опрокидывания из плоскости и смещения в горизонтальной плоскости за счет действия отрицательного ветрового давления (рис. 6 (а), (б)).

В первом расчетном случае условием равновесия служит преобладание удерживающего опорного момента M_{yo} , обусловленного собственным весом участка стены, над опрокидывающим M_{on} от ветрового воздействия с подветренной стороны (рис. 6 (а)). При этом расчет стены при ее работе из плоскости должен учитывать техническое решение узла опирания стены на диск перекрытия с учетом эксцентриситета. Конструктивно повышению устойчивости поэтажно опираемых участков стенового ограждения способствуют следующие мероприятия:

- устройство постели толщиной 20 мм из цементно-песчаного раствора марки не ниже М 100 под первым рядом кладки в пределах этажа;
- заполнение деформационного зазора между кладкой и верхним перекрытием упругой прокладкой;
- наличие связей кладки с верхним перекрытием и колоннами.

Рис. 5. Варианты устройства горизонтального армирования однослойных поэтажно опертых стен

1 — перекрытие с перфорированным бортовым элементом; 2 — рядовой блок; 3 — лотковый блок; 4 — арматурный каркас; 5 — монолитный бетон; 6 — теплоизоляционный вкладыш; 7 — сплошное перекрытие; 8 — опорный блок с горизонтальной штрабой; 9 — арматурный стержень; 10 — раствор; 11 — брусовая перемычка

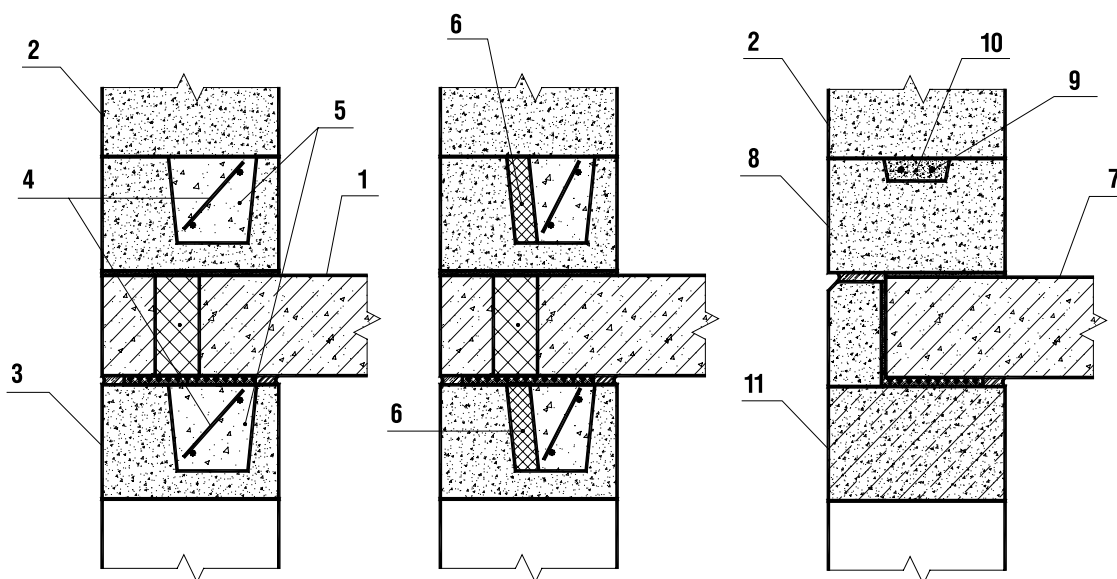
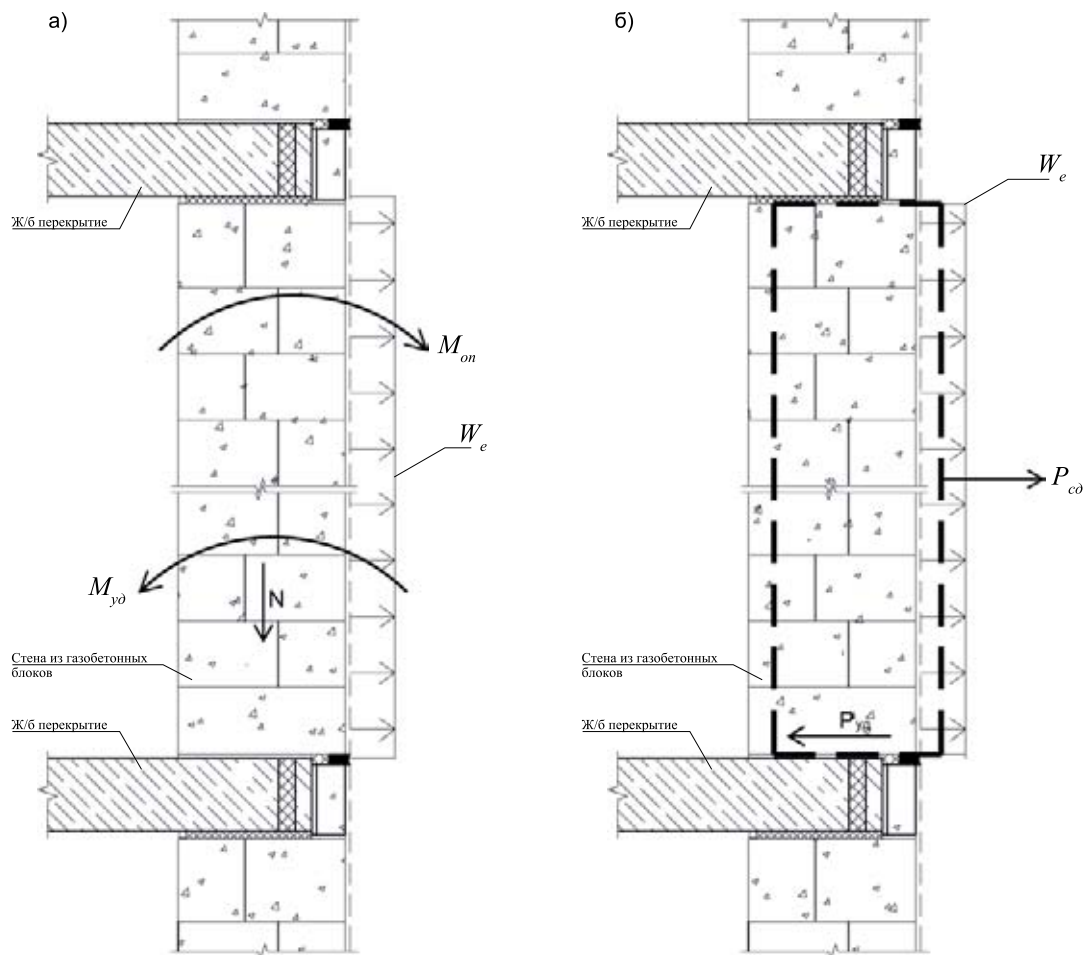


Рис. 6. Расчетные схемы поэтажно опертых наружных стен на ветровое воздействие



Во втором расчетном случае удерживающее усилие $P_{уд}$, обеспечиваемое сцеплением нижнего слоя раствора с бетоном перекрытия и связями кладки с несущим остовом здания, должно превысить сдвигающее усилие $P_{сд}$ от отрицательного ветрового давления w_e (рис. 6 б).

Если по результатам расчета на нагрузки, действующие из плоскости стены, напряжения в кладке окажутся выше значения расчетного сопротивления кладки растяжению по неразрывному сечению, то необходимо предусмотреть установку дополнительных гибких связей и повторить проверочный расчет. Шаг и количество гибких связей, препятствующих деформациям кладки из плоскости и перераспределяющих нагрузку на каркас здания, назначается из условия оценки прочности по формуле (2):

$$M_{уд} + M_{св} < M_{он} \quad (2),$$

где:

$M_{уд}$ — удерживающий момент, который создается нагрузкой от собственного веса стены,

$M_{св}$ — момент, воспринимаемый гибкими связями;

$M_{он}$ — опрокидывающий момент, возникающий при работе кладки из своей плоскости от возможных расчетных сочетаний усилий.

Температурную нагрузку следует установить по результатам теплотехнических расчетов кладки наружной стены для соответствующих условий эксплуатации здания, рассчитанных для наиболее неблагоприятных периодов теплого и холодного времени года. В расчетах следует учитывать прямую и рассеянную солнечную радиацию, поступающую на вертикальную поверхность стены. По результатам теплотехнического расчета определяют сечение с максимальным градиентом температур. На указанный градиент температур выполняют расчет кладки стены. При этом максимум и минимум расчетных значений температур следует выбирать не в местах теплопроводных включений.

Необходимо отметить, что современные ограждающие конструкции требуют высокопрофессионального подхода, основанного на всесторонних знаниях смежных наук, накопленном опыте и анализе допущенных ошибок. Только при наличии этих трех составляющих возможно

создание эффективных и экономичных ограждающих конструкций, на которые возложены ответственные функции обеспечения комфорта и безопасности объектов строительства.

РУП «Институт БелНИИС» совместно с ГП «Институт НИИСМ», исследовательской лабораторией БНТУ проведены исследования теплофизических и деформационно-прочностных характеристик ячеистобетонных блоков и кладок из них. Результаты этих исследований, а также накопленный опыт проектирования, строительства и эксплуатации многоэтажных зданий с устройством поэтажно опертых стен, выполняемых кладкой из ячеистобетонных блоков, и проведенный анализ допущенных ошибок, учтены в разработанном РУП «Институт БелНИИС» комплекте документов, в состав которых входят:

- **серия Б2.030-13.10** «Узлы и детали поэтажно опертых стен жилых и общественных зданий из эффективных мелкоштучных материалов»;

- **P5.02.088.11** «Рекомендации по проектированию поэтажно опертых стен и перегородок из эффективных мелкоштучных материалов».

Предлагаемые технические решения наружных стен, их узлов и деталей сопряжений с другими элементами зданий, учитывают особенности стеновых конструкций из современных мелкоштучных кладочных материалов (в первую очередь, блоков из ячеистого бетона), и призваны обеспечить правильное их применение, создавать долговечные и надежные ограждающие конструкции.

В настоящий период большинство проектных организаций страны ознакомлены с вышеуказанными документами, производят их апробацию при разработке новых проектов, в связи с чем авторы будут признательны за предложения по усовершенствованию и дополнению серии Б2.030-13.10 и рекомендации P5.02.088.11, направленные в наш адрес, которые будут учтены в следующем издании.

Список используемых источников

1. Галкин С.Л., Сажнев Н.П., Сажнев Н.Н., Соколовский Л.В. Применение ячеистобетонных изделий. Теория и практика. — Мн.: НП ООО «Стринко». — 2004. — 448 с.
2. ТКП 45-2.04-43-2006 Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования.
3. ГОСТ 25891-83 Здания и сооружения. Методы определения сопротивления воздухопроницанию ограждающих конструкций.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА НАРУЖНЫХ СТЕН ИЗ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ БЛОКОВ

Крутилин А.Б., зав. сектором теплофизических исследований РУП «Институт БелНИИС» (г. Минск, Республика Беларусь)

УДК 697.1

1. Введение

В настоящее время в Республике Беларусь (РБ) приоритетным направлением в строительстве является энергосбережение, одним из путей которого является снижение тепловой энергии на отопление зданий и сооружений.

Изменением № 1 к ТКП 45-2.04-43-2006 [1], утвержденным приказом Минстройархитектуры РБ от 29 декабря 2008 г., установлены новые нормативные значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий. В том числе для жилых и общественных зданий приняты следующие значения: наружные стены — $R_{Т.н.} = 3,2$ ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт, совмещен-

ные покрытия, чердачные перекрытия и перекрытия над проездами — $R_{Т.н.} = 6,0$ ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт, перекрытия над неотапливаемыми подвалами и техническими подпольями — $R_{Т.н.} = 2,5$ ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт, заполнения световых проемов — $R_{Т.н.} = 1,0$ ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт. Указанные в изменении № 1 значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий должны применяться при проектировании с 1 июля 2009 г. и обеспечиваться при вновь начинаемом строительстве (реконструкции, модернизации) с 1 января 2010 г.

Для обеспечения нормативных величин сопротивления теплопередаче наружных стен зданий основным проектным решением стало увеличение толщины теплоизоляционного

(конструкционно-теплоизоляционного) слоя ограждающих конструкций. В то же время известно, что при увеличении сопротивления теплопередаче наружных стен по «глади» возрастает сток теплоты через теплопроводные включения, откосы проемов, стыки с плитами перекрытий и покрытий и т.п.

Расчеты приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен с уровнем теплозащиты по «глади» $R \gg 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ указали на существенное влияние теплопроводных включений. В ряде случаев достижение приведенного сопротивления теплопередаче $R_{т.пр} = 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ подбором толщин теплоизоляционного (конструктивно-теплоизоляционного) материала оказалось вообще невозможным.

2. Влажностный режим наружных стен из ячеистобетонных блоков

Одним из способов увеличения теплозащитных характеристик наружных стен зданий является улучшение их влажностного режима. В настоящее время конструктивными решениями наружных стен из ячеистобетонных блоков возможно исключить зону конденсации водяного пара в толще при расчетных температурах наружного и внутреннего воздуха. В то же время в РБ используются конструкции наружных стен с различными облицовками и штукатурками с низкими коэффициентами паропроницаемости без проверки их влажностного режима. При этом влажностный режим конструкций может значительно отличаться, отличаться будут и коэффициенты теплопроводности кладок из ячеистого бетона.

В общем случае принимаемые расчетные массовые отношения влаги в материалах яв-

ляются **искомой** величиной в зависимости от конструктивного решения стен [3].

Рассмотрим влажностный режим двух конструкций наружных стен жилых зданий для климатических условий г. Минска.

Стена 1. Наружная стена выполнена кладкой из ячеистобетонных блоков ($\rho = 400 \text{ кг}/\text{м}^3$) на клеевом растворе толщиной $\delta = 500 \text{ мм}$ с наружной штукатуркой полимерцементным раствором ($\delta = 8 \text{ мм}$, $\mu = 0,02 \text{ мг}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$) и внутренней известково-песчаной штукатуркой толщиной $\delta = 10 \text{ мм}$.

Анализ влажностного режима стены № 1 ежемесячно показал что с ноября по март в толще стены имеется зона конденсации (рис. 1-5). Определение массовых влажностей материалов стены № 1 выполнено методом последовательного увлажнения. Начальные теплофизические характеристики материалов, принятые в расчетах, приведены в табл. 1.

Температура внутреннего воздуха в осенний, зимний и весенний периоды года принята постоянная и равная $t_{в} = + 20 \text{ °C}$, относительная влажность — $\varphi = 55 \text{ %}$.

Температура внутреннего воздуха в летний период года принята равной $t_{в} = + 22 \text{ °C}$, относительная влажность — $\varphi = 60 \text{ %}$.

Параметры наружного воздуха приняты по СНБ 2.04.02-2000 [2].

Результаты расчетов показали, что стена № 1 выходит на квазистационарный влажностный режим на второй год эксплуатации. Распределения массовой влажности для наиболее характерных периодов года показаны на рис. 6-10. Средние влажности ячеистого бетона ежемесячно приведены в табл. 2.

Результаты показали, что несмотря на систематическую конденсацию водяного пара в толще стены в зимние месяцы, накопления влаги за многолетний период в толще ячеистого бетона не происходит.

Таблица 1. Начальные теплофизические характеристики материалов

Наименование материала	Начальная массовая влажность, %	Начальный коэффициент теплопроводности, соответствующий принятой влажности материала, Вт/(м·°C)	Коэффициент паропроницаемости материала, мг/(м·ч·Па)
Известково-песчаный раствор	2,0	0,70	0,12
Ячеистобетонные блоки	4,0	0,12	0,23
Полимерцементный раствор	2,0	0,70	0,02

Таблица 2. Средние влажности ячеистого бетона

Средняя, по толщине, массовая влажность ячеистого бетона, %									
исходная	ноябрь, 1 год	декабрь, 1 год	январь, 2 год	февраль, 2 год	март, 2 год	апрель, 2 год	май, 2 год	июнь, 2 год	июль, 2 год
4,0	6,8	8,5	9,8	10,3	9,4	8,2	6,7	4,7	4,5

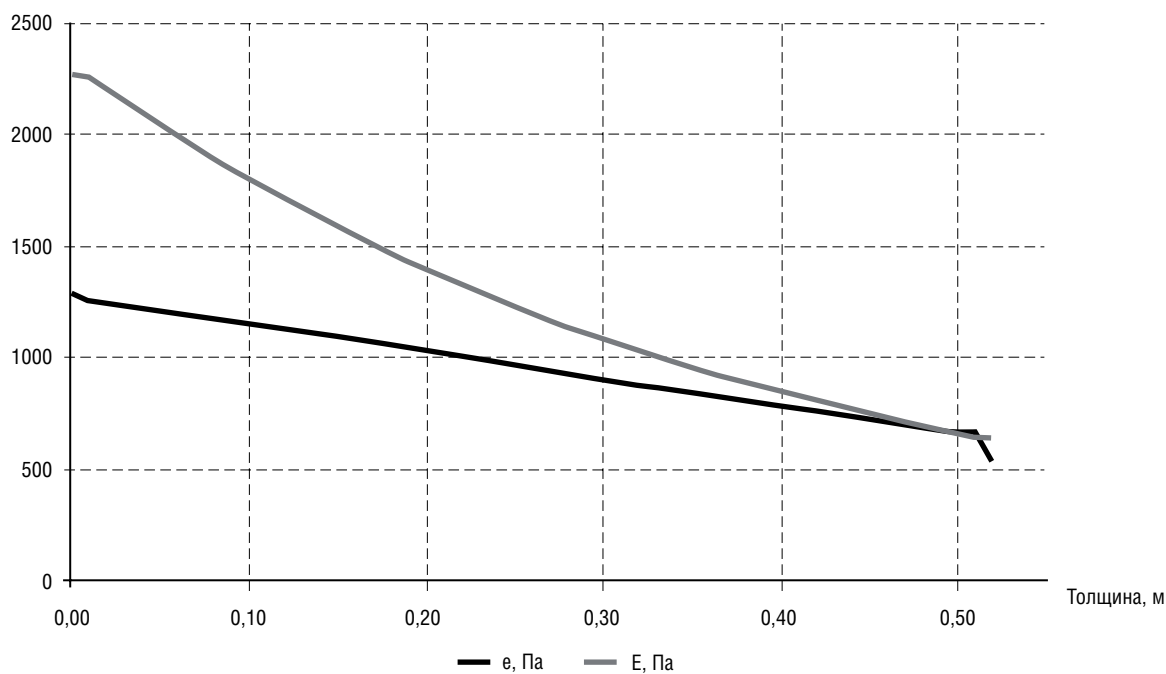
Парциальное
давление, Па

Рис. 1. Распределение парциальных и максимальных парциальных давлений по толщине наружной стены № 1 (ноябрь месяц)

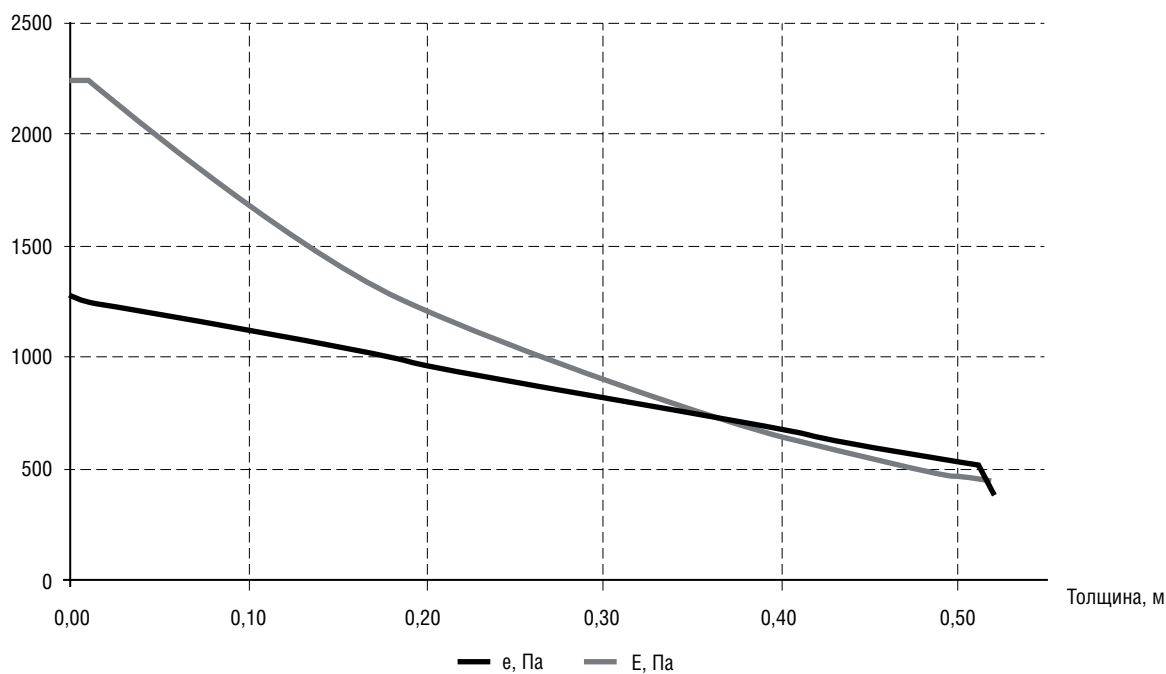
Парциальное
давление, Па

Рис. 2. Распределение парциальных и максимальных парциальных давлений по толщине наружной стены № 1 (декабрь месяц)

Парциальное
давление, Па

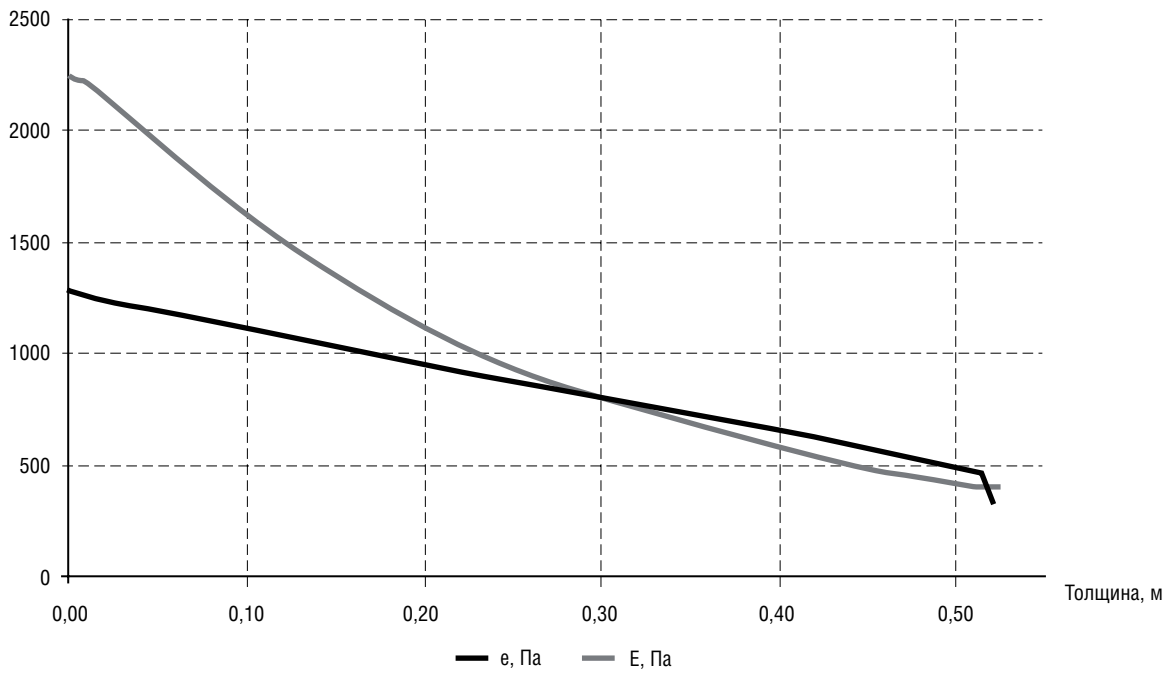


Рис. 3. Распределение парциальных и максимальных парциальных давлений по толще наружной стены № 1 (январь месяц)

Парциальное
давление, Па

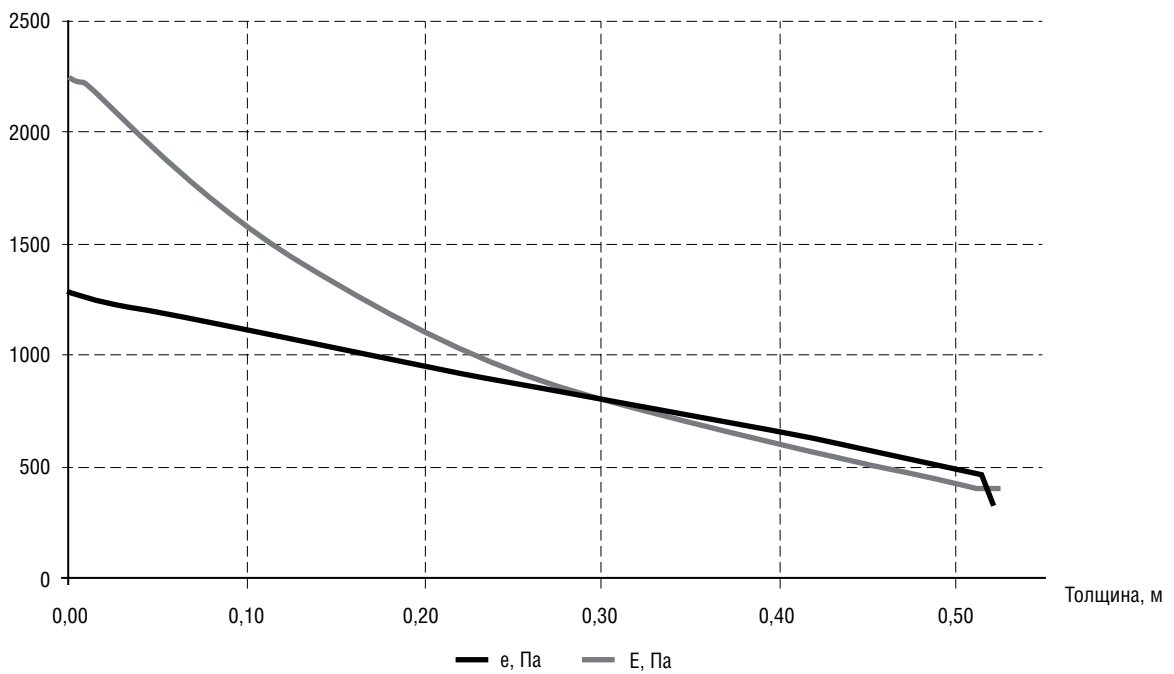


Рис. 4. Распределение парциальных и максимальных парциальных давлений по толще наружной стены № 1 (февраль месяц)

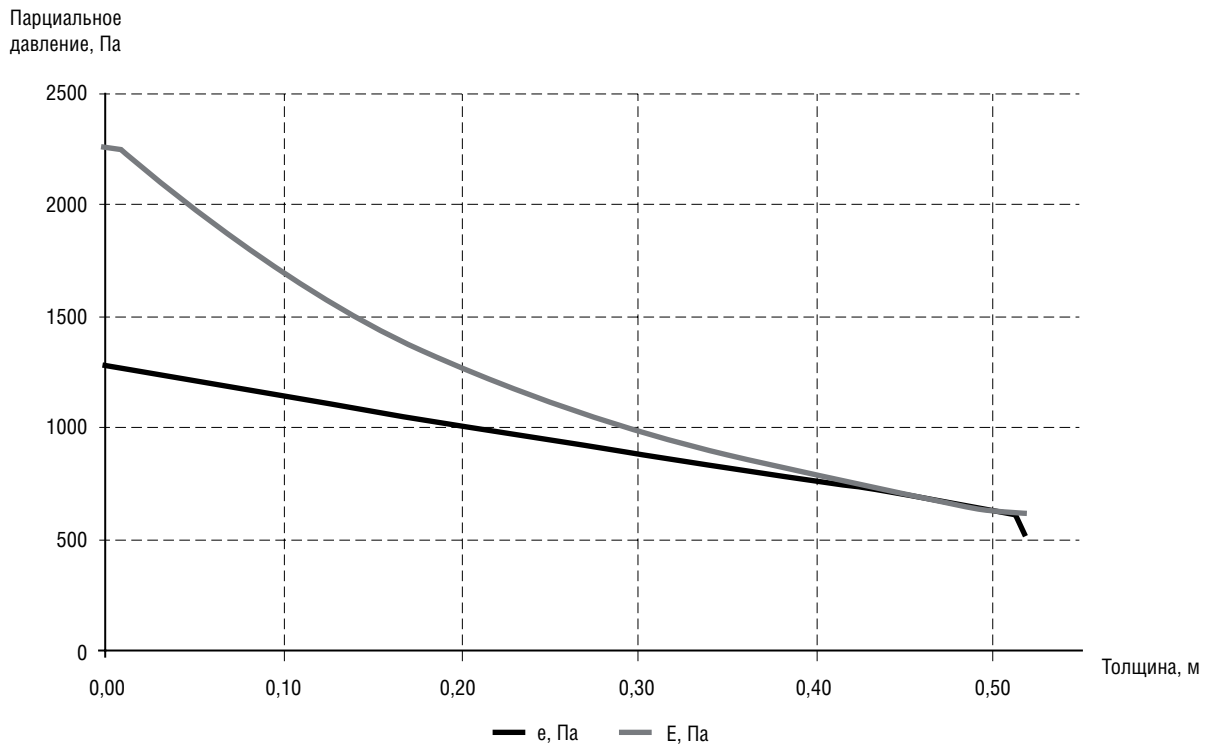


Рис. 5. Распределение парциальных и максимальных парциальных давлений по толще наружной стены № 1 (март месяц)

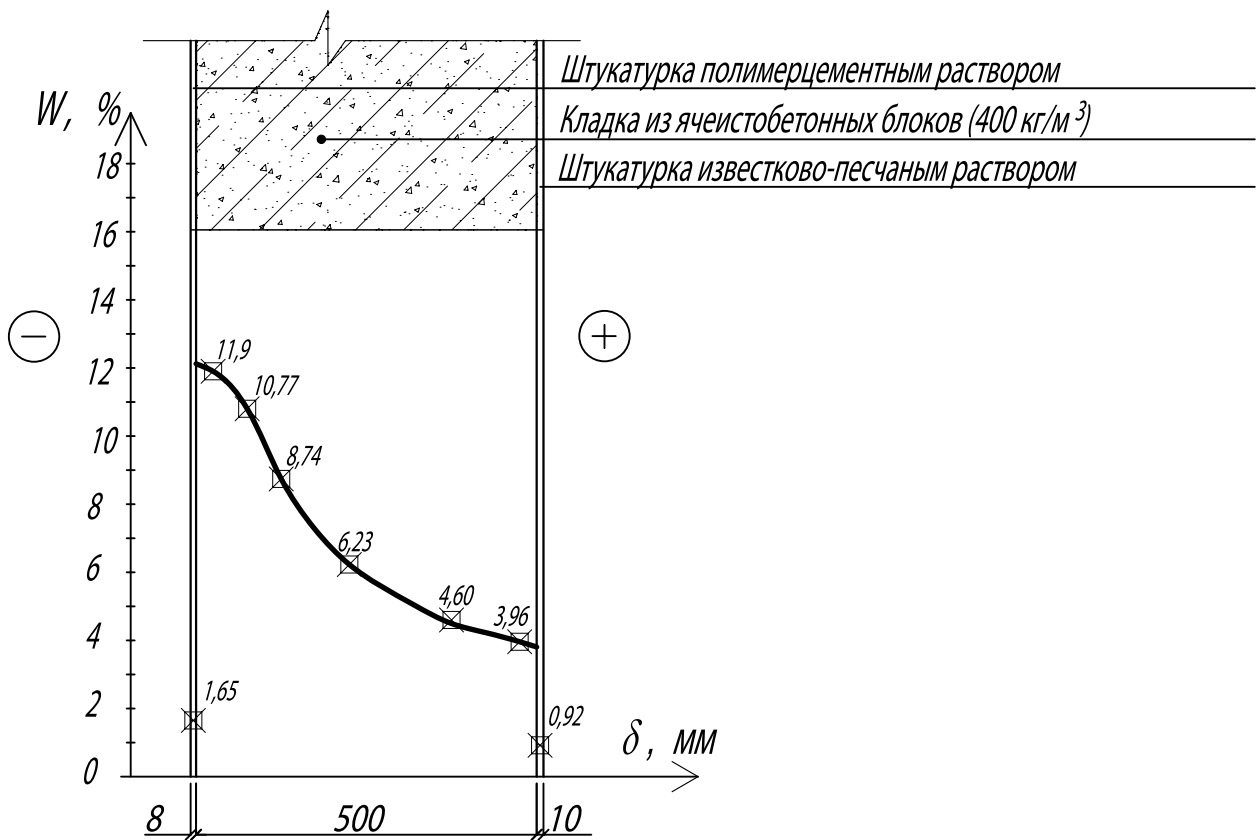


Рис. 6. Распределение массовой влажности по толще наружной стены № 1 (ноябрь, год 1-й)

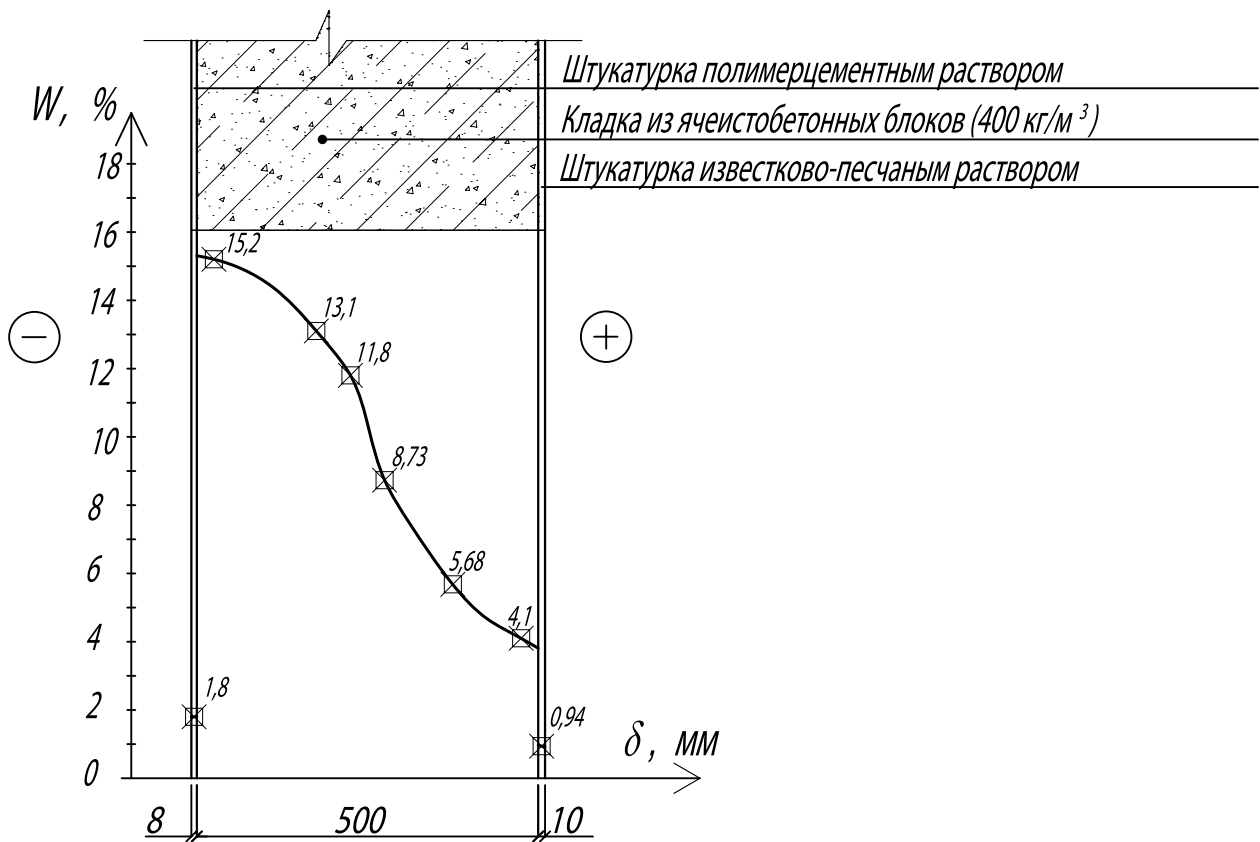


Рис. 7. Распределение массовой влажности по толще наружной стены № 1 (январь, год 2-й)

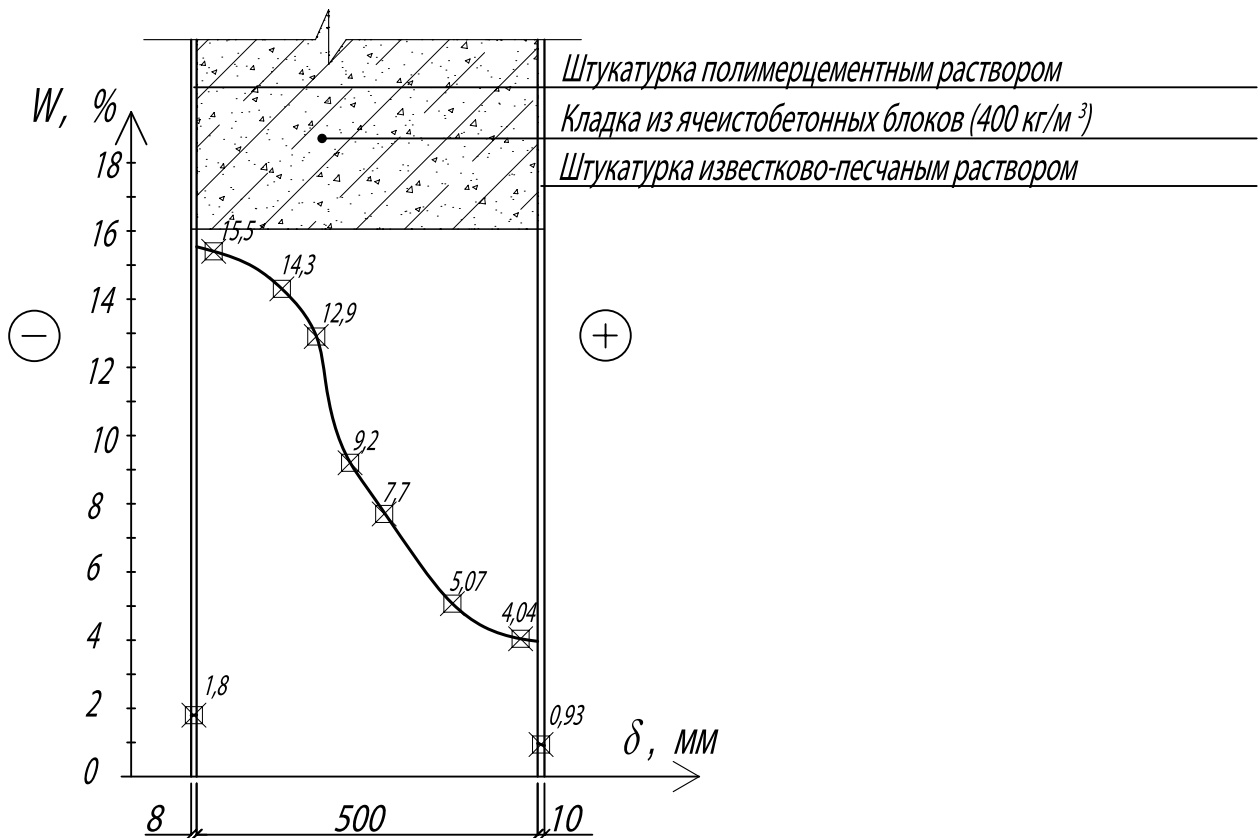


Рис. 8. Распределение массовой влажности по толще наружной стены № 1 (март, год 2-й)

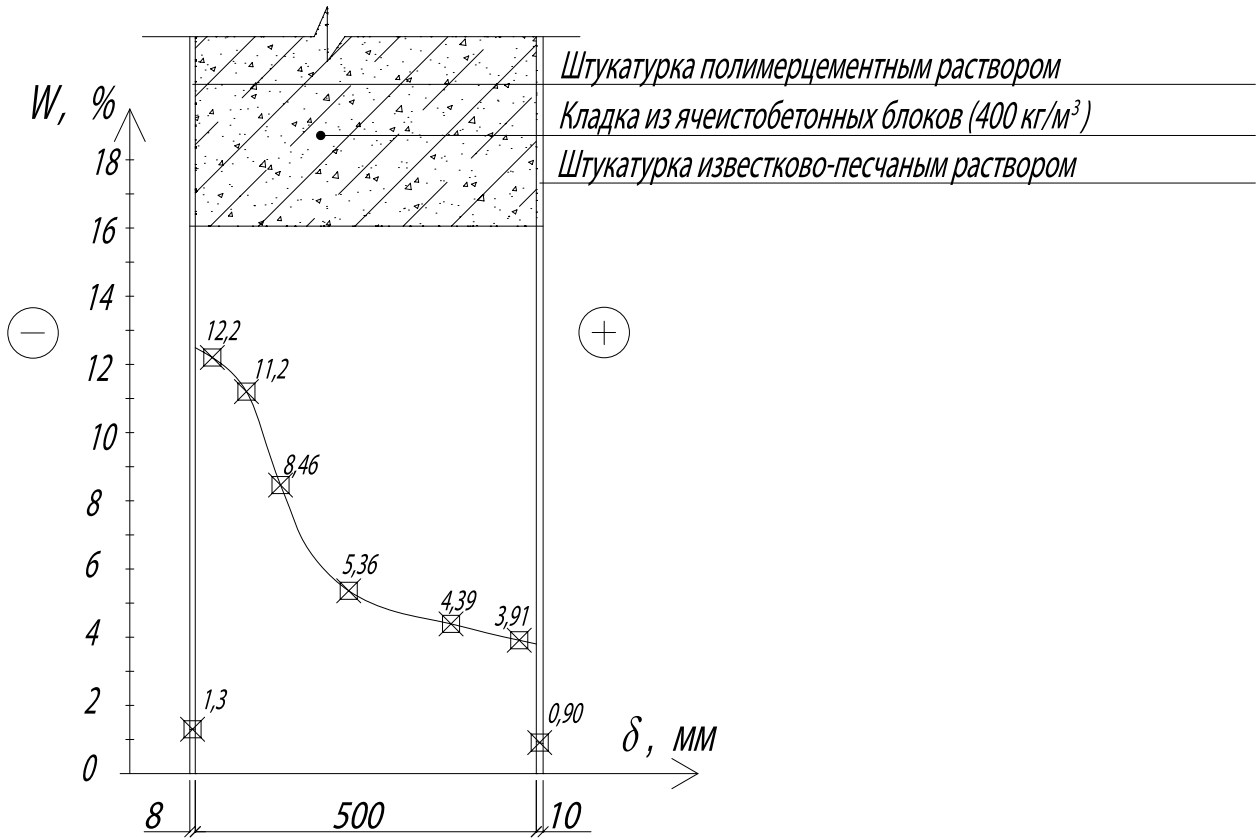


Рис. 9. Распределение массовой влажности по толще наружной стены № 1 (май, год 2-й)

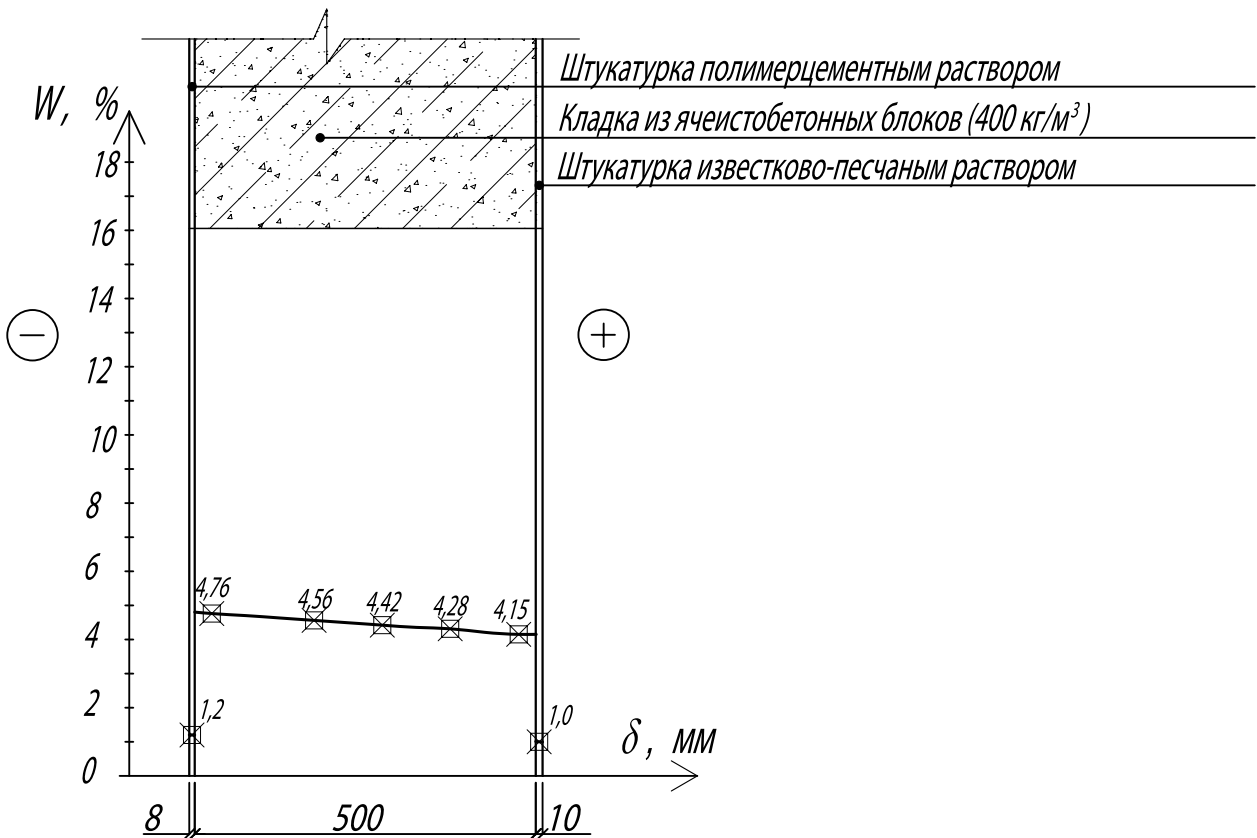


Рис. 10. Распределение массовой влажности по толще наружной стены № 1 (июль, год 2-й)

Таблица 3. Сопротивление теплопередаче по «глади» наружной стены

Сопротивление теплопередаче по «глади» наружной стены, м ² ·°С/Вт, на конец месяца									
исходный	ноябрь, 1 год	декабрь, 1 год	январь, 2 год	февраль, 2 год	март, 2 год	апрель, 2 год	май, 2 год	июнь, 2 год	июль, 2 год
4,35	3,78	3,57	3,39	3,33	3,43	3,59	3,81	4,13	4,16

Наибольшая средняя влажность слоя ячеистого бетона наблюдается в конце февраля и составляет $W \approx 10,3$ % по массе, что значительно выше величины расчетного массового отношения для условий эксплуатации «Б» $W_B = 5$ % по ТКП 45-2.04-43-2006 [1]. Минимальный уровень теплозащиты по «глади» стены (табл. 3) приходится на конец февраля; сопротивление теплопередаче на данный период составляет $R_T = 3,33$ м²·°С/Вт, что более чем на 20 % ниже принятой величины для исходных условий и более чем на 15 % ниже величины, рассчитанной по ТКП 45-2.04-43-2006 [1] как для условий эксплуатации «Б».

Следует отметить, что в ряде случаев при строительстве стен из ячеистобетонных блоков с наружными и внутренними штукатурными слоями проектировщиками используется понятие «однослойная» стена, и ее влажностный режим согласно ТКП 45-2.04-43-2006 [1] не определяется, принимая для дальнейших расчетов заниженные коэффициенты теплопроводности материала.

Стена 2. Стена выполнена кладкой из ячеистобетонных блоков ($\rho = 600$ кг/м³) на клеювом растворе толщиной 400 мм с наружной

вентилируемой фасадной системой, утеплителем — плитами минераловатными на основе базальтового волокна ($\rho = 135$ кг/м³) толщиной 120 мм и внутренней известково-песчаной штукатуркой толщиной 10 мм.

Распределение парциальных и максимальных парциальных давлений по толще наружной стены № 2 показано на рис. 11, относительной влажности в порах материалов — на рис. 12. Видно (см. рис. 11), что линии не пересекаются, что свидетельствует об отсутствии конденсации водяного пара в толще стены. При этом материалы эксплуатируются в области сорбционного увлажнения.

Массовые влажности материалов стены № 2, соответствующие относительной влажности воздуха в их порах, приведены в табл. 4.

Влажность слоя ячеистого бетона в среднем составила $W \approx 3,2$ % по массе, что меньше расчетного массового отношения влаги, приведенного в ТКП 45-2.04-43-2006 [1] для условий эксплуатации «А».

Результаты расчетов показали, что влажностный режим наружных стен, в том числе и из ячеистобетонных блоков, в первую оче-

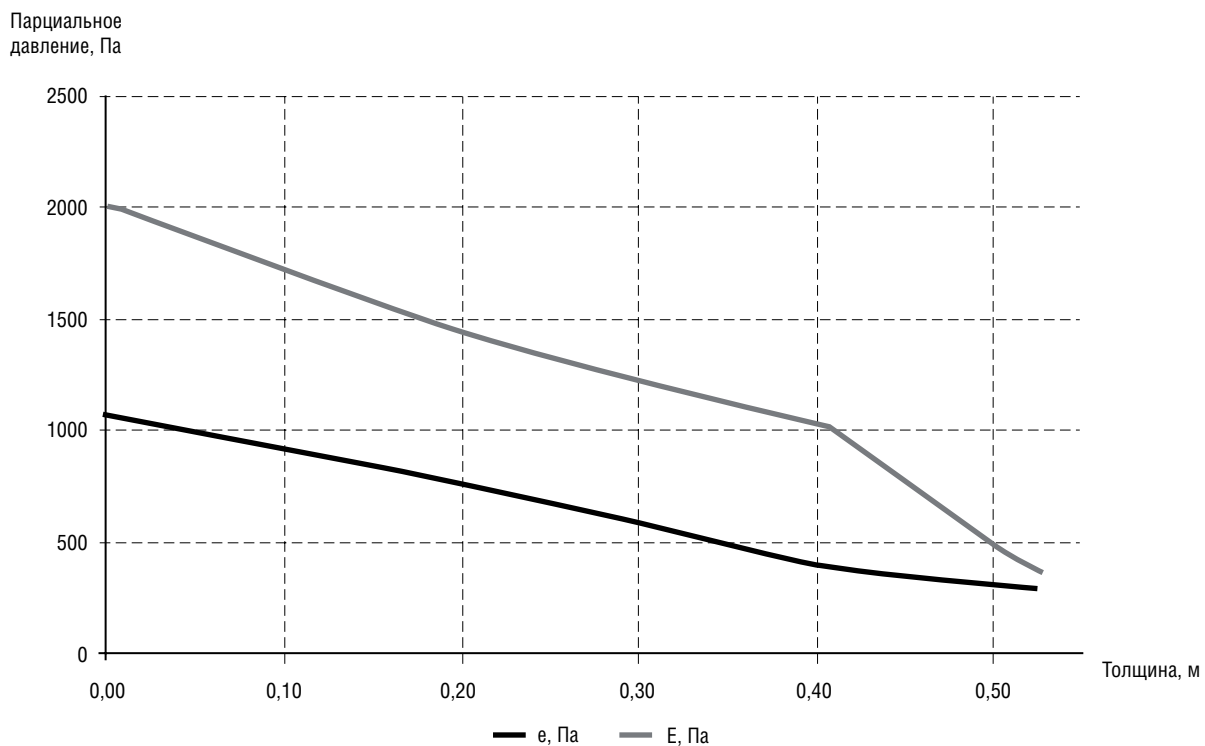


Рис. 11. Распределение парциальных и максимальных парциальных давлений по толще наружной стены № 2

Таблица 4. Массовые влажности материалов стены № 2

№ слоя	Наименование материала конструкции стены	Средняя относительная влажность воздуха в порах материалов φ , %	Массовая влажность, соответствующая относительной влажности воздуха в порах материалов W , %
1	Известково-песчаный раствор	55,7	0,92
2	Ячеистобетонные блоки	51,3	3,18
3	Минеральная вата	59,9	0,235

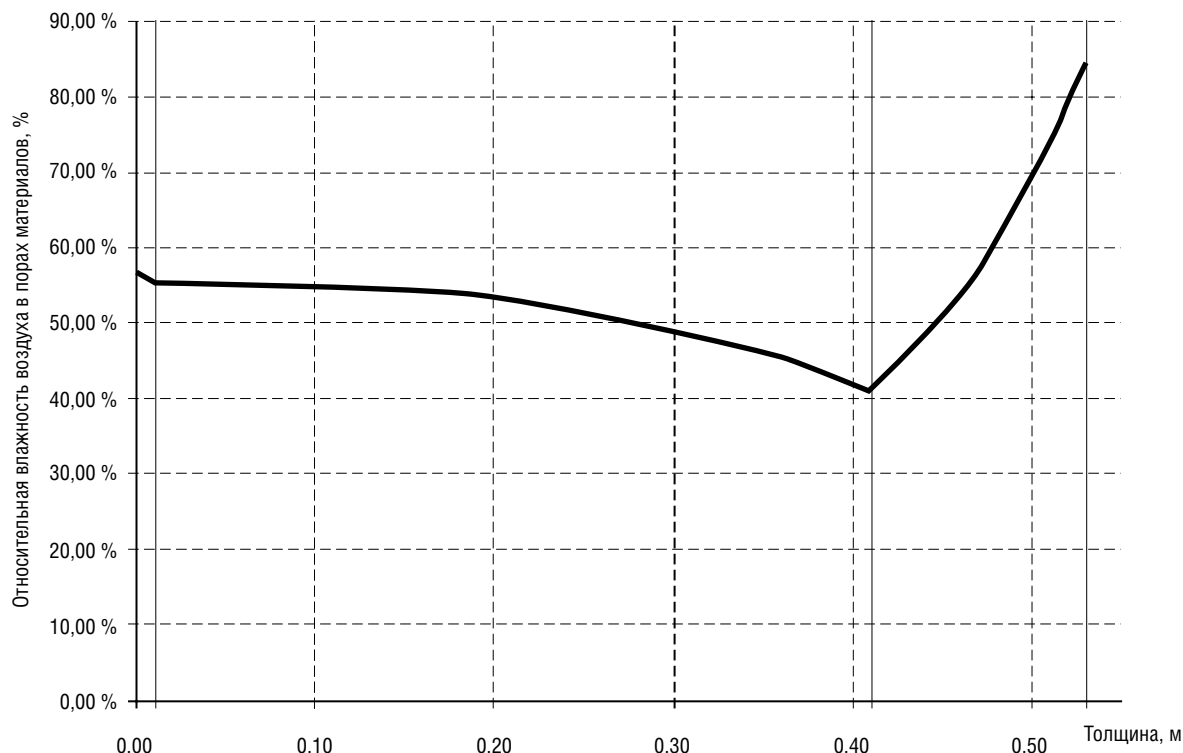


Рис. 12. Распределение относительной влажности в порах материалов по толщине наружной стены № 2

редь зависит от их конструктивного решения и, в значительно меньшей степени — от условий эксплуатации ограждающих конструкций, приведенных в ТКП 45-2.04-43-2006 [1].

3. Заключение

При проектировании наружных стен с повышенным уровнем теплозащиты необходимо в полной мере использовать теплозащитные характеристики строительных материалов, в том числе и ячеистого бетона, а также минимизировать влияние теплопроводных включений.

Конструктивными решениями наружных стен возможна эксплуатация материалов в области сорбционного увлажнения, при этом их расчетные величины коэффициентов теплопроводности должны соответствовать их массовым влажностям. Необходимо для принятой в первом приближении конструкции наружной стены производить расчет ее влажностного режима с определением средних массовых влажностей слоев, корректировкой принятых коэф-

фициентов теплопроводности и, при необходимости, толщин слоев материалов.

Список использованных источников

1. Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования ТКП 45-2.04-43-2006. — Мн.: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2007. — 32 с.
2. Строительная климатология. СНБ 2.04.02-2000. — Мн.: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2001. — 35 с.
3. Крутилин, А.Б. К вопросу определения расчетных массовых отношений влаги в материалах и уровня теплозащиты наружных стен, выполняемых кладкой из ячеистобетонных блоков / А.Б. Крутилин // Современное производство автоклавного газобетона: Сб. докладов научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 16–18 ноября 2011 г. / Под редакцией научнотехнического совета Национальной Ассоциации Производителей Автоклавного Газобетона — СПб., 2011. — С. 96-103.

ЯЧЕИСТЫЙ БЕТОН АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ: ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ И ВЛАЖНОСТЬ

Гарнашевич Г.С., Подлузский Е.Я., Сажнев Н.П., канд. тех. наук, Носуля А.П., ГП «Институт НИИСМ» (г. Минск, Республика Беларусь)

Учитывая высокие теплофизические и физико-технические свойства изделий из ячеистого бетона по сравнению с другими материалами аналогичного функционального назначения, основными направлениями развития материально-технической базы строительства Республики Беларусь на период 1998-2015 гг. ячеистобетонные изделия определены главным стеновым материалом на указанный период.

Ячеистый бетон представляет собой систему, которая уникальным образом обладает основными преимуществами, отвечающими современным требованиям к строительным стеновым материалам. Более чем за столетний период развития науки о ячеистом бетоне автоклавного твердения проведено огромное количество исследовательских работ, посвященных процессу управления структурообразованием, морозостойкости, трещиностойкости при влагообменных и карбонизационных процессах, использованию различного рода добавок, аспектам эксплуатационной надежности, теплофизическим свойствам. Ячеистый бетон автоклавного твердения и до настоящего времени является предметом постоянных исследований.

По теплофизическим свойствам ячеистый бетон отвечает всем требованиям действующих в настоящее время ТНПА и в строительном комплексе Республики Беларусь занимает одно из ведущих мест, широко применяется не только в массовом строительстве, но и при сооружении уникальных объектов (Национальная библиотека Беларуси и др.).

Ячеистый бетон следует рассматривать как сложно организованную систему, в которой могут быть выделены макроструктурный и микроструктурный уровни, обуславливающие его физико-технические и теплофизические свойства.

Высокие теплозащитные свойства ячеистого бетона автоклавного твердения подтверждают результаты выполненных государственным предприятием «Институт НИИСМ» многолетних лабораторных и натурных исследований по определению его теплофизических свойств (табл.).

Ячеистый бетон обладает высокой стойкостью к сверхнизким температурам. В результате исследований на стойкость к сверхнизким температурам образцов ячеистого бетона автоклавного твердения плотностью 700,0-500,0 кг/м³ производства предприятий Республики Беларусь установлено (Т.А. Ухова, г. Москва, НИИЖБ), что после 15 циклов попеременно-го замораживания при температуре -180°С и оттаивания при температуре +20°С максимальное снижение прочности от циклического воздействия сверхнизких температур составило 10,5 %

Таблица. Теплофизические свойства ячеистого бетона автоклавного твердения

Плотность, с, кг/м ³	Теплопроводность, л, Вт/(м·°К)	Теплопроводность, л, Вт/(м·°К) для условий эксплуатации		Паропроницаемость, м, мг/(м·ч·Па) для условий эксплуатации
		А	Б	
150,0	0,055	0,062	0,072	0,368
200,0	0,060	0,071	0,083	0,337
250,0	0,070	0,082	0,092	0,308
300,0	0,080	0,090	0,100	0,260
350,0	0,090	0,105	0,115	0,240
400,0	0,100	0,120	0,130	0,230
450,0	0,110	0,135	0,145	0,215
500,0	0,120	0,150	0,160	0,200
550,0	0,130	0,165	0,175	0,185
600,0	0,140	0,180	0,190	0,170
650,0	0,160	0,205	0,215	0,165
700,0	0,180	0,230	0,240	0,160

Рис. 1. Кладка стен из ячеистобетонных блоков



(ОАО «Сморгоньсиликатобетон») и минимальное — 0,6 % (ОАО «Гродненский КСМ»).

Ячеистый бетон, несмотря на особенности своего структурного строения, отличается достаточно высокой способностью отдавать поглощенную им влагу в окружающую среду.

В результате лабораторных исследований, выполненных ГП «Институт НИИСМ», установлено, что у образцов ячеистого бетона автоклавного твердения плотностью 500,0-700,0 кг/м³, увлажненных до 53,0-62,0 % по массе, за 150 суток в среде с относительной влажностью воздуха 52,0-55,0 % установилось равновесное влагосодержание и не превышало 5,0 % по массе.

Следует отметить, что еще в 1977 г. в Лондоне Евро-Международным комитетом по бетону была создана рабочая группа по автоклавному ячеистому бетону в виду существенных различий между ячеистым бетоном и бетонами на легких заполнителях как относительно их физико-технических свойств, так и применения в практике строительства, которая одним из главных показателей выделила эксплуатационную влажность, составляющую 4,0-5,0 % по массе и устанавливающуюся через 1-2 года эксплуатации [1, 2]. По результатам исследований ведущих зарубежных фирм по производству ячеистых бетонов («Хебель», «Итонг», «Верхан», «Грайзел», «Сипорекс», «Калсилоскс», «Дюрокс», «Селком» и др.) эксплуатационная влажность составляет 3,0-5,0 % по массе.

Впервые в 1993 г. в Республике Беларусь были введены в действие СНБ 2.01.01-93 «Строительная теплотехника», разработанные на основании СНиП П-3-79** «Строительная

теплотехника», теплотехнические и эксплуатационные показатели которого получены в различных научно-исследовательских организациях на различном лабораторном оборудовании и в разное время. В соответствии с требованиями СНБ 2.01.01-93 «Строительная теплотехника» величина эксплуатационной влажности для ячеистого бетона плотностью 600,0-300,0 кг/м³ для условий эксплуатации А и Б составляла, соответственно, 8,0-12,0 % по массе, а для ячеистого бетона плотностью 1000,0-800,0 кг/м³ соответственно 10,0-15,0 % по массе, что не корреспондировалось как с действительными величинами эксплуатационной влажности, так и величинами эксплуатационной влажности, нормированными зарубежными стандартами и полученными ведущими фирмами по производству ячеистого бетона.

Опыт производства и исследований ячеистых бетонов автоклавного твердения, проектирования, строительства и эксплуатации зданий различного функционального назначения на их основе показал, что изготовленный при строгом соблюдении всех требований технологического процесса ячеистый бетон представляет собой высококачественный строительный материал, удовлетворяющий таким основным требованиям, как экологичность, высокие теплозащитные свойства, долговечность, огнестойкость, комфортность при достаточно низкой стоимости и ресурсоемкости.

Отвечая современным требованиям к строительным материалам по теплозащитным и прочностным свойствам, ячеистый бетон требует достаточно высокой культуры производства строительных работ (рис. 1).

По всей вероятности эксплуатационная влажность ячеистого бетона в соответствии с требованиями СНиП 2-3-79** «Строительная теплотехника» и СНБ 2.01.01-93 «Строительная теплотехника», составлявшая для условий эксплуатации А и Б, соответственно, 8,0-10,0 % и 12,0-15,0 % по массе, в сочетании с низкой культурой производства строительных работ обусловила в свое время негативное отношение к ячеистому бетону со стороны как проектных, так и строительных организаций, хотя известно, что прямое попадание влаги в конструктивные элементы из любого строительного материала приводит к различного рода разрушениям.

В связи с создавшимся положением в вопросе нормирования эксплуатационной влажности ячеистого бетона автоклавного твердения Институтом НИИСМ выполнен комплекс многолетних исследований по определению величины эксплуатационной влажности. Исследования проводились в лабораторных и натуральных условиях. Эксплуатационная влажность определялась в лабораторных условиях на основании результатов экспериментального определения сорбционной влажности по известным зависимостям [12]. Определение эксплуатационной влажности в натуральных условиях выполнялось как на фрагментах стеновых ограждений, так и на натуральных объектах с различным сроком службы. В натуральных условиях определена эксплуатационная влажность фрагментов ячеистобетонных стеновых панелей плотностью 700,0 кг/м³ и толщиной 0,30 м, а также фрагментов наружного стенового ограждения толщиной 0,30 м из ячеистобетонных блоков плотностью 700,0, 600,0 и 500,0 кг/м³. Кладка из ячеистобетонных блоков плотностью 700,0, 600,0 и 500,0 кг/м³ выполнялась на клею с толщиной шва 2-3 мм, а также на цементно-песчаном растворе с толщиной шва 10-20 мм.

Равновесное влагосодержание фрагментов стенового ограждения устанавливалось практически для всех исследованных видов кладок к началу периода влагонакопления 2-го года эксплуатации. За первый год эксплуатации влагосодержание исследованных фрагментов снижалось примерно на 21,6-36,4 %. К концу второго года эксплуатации влагосодержание фрагментов устанавливалось постоянным и составляло:

- для кладки на клею — 3,8-4,1 %;
- для кладки на цементно-песчаном растворе с толщиной шва 10 мм — 4,4-4,3 %;
- для кладки на цементно-песчаном растворе с толщиной шва 20 мм — 4,1-4,3 %.

При этом теплопроводность для фрагментов из ячеистобетонных блоков плотностью 700,0, 600,0 и 500,0 кг/м³ составила, соответственно, 0,0,223, 0,191 и 0,156 Вт/(м·К) [11].

Натурные исследования эксплуатационной влажности на жилых объектах выполнялись ГП «Институт НИИСМ» совместно с ОАО «Гродненский КСМ» в городах Гродно, Сморгони и Могилеве. Величина эксплуатационной влажности, полученная на натуральных объектах, не превышала 5,0 % по массе.

На основании результатов выполненного Институтом НИИСМ комплекса лабораторных и натуральных исследований по определению величины эксплуатационной влажности разработано и внесено в СНБ 2.01.01-93 «Строительная теплотехника» приказом Минстройархитектуры № 374 от 29 августа 1997 г. Изменение № 1 (введено в действие 01.10.97 г.), устанавливающее для ячеистого бетона плотностью 700-300 кг/м³ величину эксплуатационной влажности для условий эксплуатации А и Б, соответственно, 4,0 и 5,0 % по массе, и Изменение № 1 в СНБ 2.04.01-97 «Строительная теплотехника» приказом Минстройархитектуры № 363 от 17.07.2001 г. (введено в действие 01.09.2001 г.), устанавливающее для ячеистого бетона плотностью, 1000,0-800,0 кг/м³ величину эксплуатационной влажности для условий эксплуатации А и Б, соответственно, 6,0 и 7,0 % по массе. Внесение указанных изменений позволило снизить величину расчетной теплопроводности ячеистого бетона автоклавного твердения в среднем на 23 %. Термическое сопротивление стенового ограждения толщиной 0,4 м из ячеистого бетона плотностью 500,0 кг/м³ при эксплуатационной влажности 5,0 % по массе составляет 2,5 м²·°К/Вт, а при плотности 400,0 кг/м³ — 3,1 м²·°К/Вт, что соответствовало нормативным требованиям к показателю сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий до июля 2009 г.

Исследования, выполненные специалистами НИИЖБ, ЦНИИЭП жилища, ЛенЗНИИЭП по определению величины эксплуатационной влажности наружных ограждающих конструкций из ячеистого бетона, показали, что фактическая величина эксплуатационной влажности ячеистого бетона в наружных стенах через 3 года эксплуатации составляет 5,0 % по массе в климатических условиях Санкт-Петербурга и 4,2 % по массе для Москвы, что коррелируется с результатами, полученными ГП «Институт НИИСМ», и основных зарубежных фирм по производству ячеистого бетона автоклавного твердения.

В результате выполненного комплекса экспериментальных исследований по определению эксплуатационной влажности строительных материалов в лабораторных условиях установлено, что расчетное массовое отношение

влаги в материале при условиях эксплуатации А и Б равно значению сорбционной влажности материала при относительной влажности воздуха 75 % для условий эксплуатации А и значению сорбционной влажности материала при относительной влажности воздуха 90 % для условий эксплуатации Б.

На основании полученных Институтотом НИИСМ результатов разработана методика определения эксплуатационной влажности строительных материалов и в виде Изменения № 2 утверждена и введена в действие с 01.01.2004 г. приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь № 179 от 10 сентября 2003 г. (ТКП 45-2.04-43-2006 «Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования»; обязательное приложение А, таблица А. 1, примечание п. 4).

Производство автоклавного ячеистого бетона в Республике Беларусь — одна из самых динамично развивающихся отраслей промышленности строительных материалов.

Для Беларуси при наличии своей сырьевой базы и развитого производства, оснащенного современным технологическим оборудованием, автоклавный ячеистый бетон является стратегическим материалом. После введения с 01.07.2009 г., повышенных требований к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций ячеистый бетон с учетом его теплофизических и эксплуатационных свойств остался практически единственным строительным материалом, который автономно обеспечивает выполнение нормативных требований строительной теплотехники.

Следует отметить, что ограждающие конструкции в зданиях различного функционального назначения выполняются из ячеистого бетона, а их фасады, как правило, отделываются различными защитно-декоративными покрытиями с использованием строительных смесей (СТБ 1307-2002 «Смеси растворные и растворы строительные») [3-10].

В республике сложилась негативная ситуация по обеспечению эксплуатационной надежности и долговечности жилых домов (особенно малоэтажных) с несущими и самонесущими конструкциями стен из ячеистого бетона автоклавного твердения с фасадами, защитно-отделочные покрытия которых выполнены на основе модифицированных (полимерсодержащих) строительных смесей.

В результате выполненных отдельных обследований стен из ячеистого бетона были обнаружены существенные дефекты, требующие проведения комплекса восстановительных мероприятий, в том числе и усиления конструкций.

Наиболее распространенным дефектом является трещинообразование в виде сетки трещин с шириной раскрытия до 1,0 мм по защитно-декоративному покрытию и кладке стен из ячеистобетонных блоков, а также отслаивание защитно-декоративного покрытия, как правило, вместе со слоем ячеистого бетона.

Указанные дефекты вызваны различного рода нарушениями в проектной документации, технологии производства строительных работ (сразу после укладки блоков с повышенной влажностью бетона на стены наносятся различные защитно-декоративные покрытия с низкой паропроницаемостью с последующей покраской), что в конечном результате приводит к разрушению бетона под покрытием в период эксплуатации зданий, а также появлению грибков и плесени на внутренних поверхностях стен. Влажность ячеистого бетона в наружных стенах после 5-10 лет эксплуатации в отдельных случаях составляет 20-40 % по массе, что вызывает как разрушение кладки, так и значительно снижает теплозащитные свойства, долговечность ограждающих конструкций и комфортность внутренних помещений.

Ячеистый бетон, наряду с низкой теплопроводностью, обладает достаточно высокой паропроницаемостью (ТКП 45-2.04-43-2006, обязательное приложение 1, таблица А. 1). Однако в указанном документе отсутствуют требования к смесям на полимерной основе. В соответствии с требованиями СТБ 1307-2002 п. 5.3.9 паропроницаемость растворов должна соответствовать требованиям, приведенным в нормативно-технической или проектной документации и быть не менее 0,02 мг/(м·ч·Па), а величина паропроницаемости для конструкционно-теплоизоляционного ячеистого бетона (плотность 300,0-900,0 кг/м³) по ТКП 45-2.04-43-2006 составляет 0,26-0,12 мг/(м·ч·Па).

Применение в качестве защитно-декоративных покрытий материалов на полимерной основе, создающих условия для систематического накопления влаги в стеновых ограждениях в процессе эксплуатации, обуславливает преждевременное разрушение конструкций с наружной стороны, а также появление грибков и плесени на внутренних поверхностях.

В зарубежной строительной практике для отделки поверхностей стен из ячеистого бетона автоклавного твердения широко применяется цементно-известково-песчаная штукатурка для мелких блоков и водоотталкивающая паропроницаемая окраска для панелей. Для внутренней отделки в абсолютном большинстве применяются известково-песчаные или цементно-известково-песчаные растворы в виде штукатурки при кладке стеновых ограждений из бло-

ков и цементно-песчаная замазка или тонкий слой штукатурки для стеновых ограждений из панелей [1].

Единственным нормативным документом в настоящее время, где приведены требования к защитно-декоративным покрытиям наружных стеновых ограждений из ячеистого бетона автоклавного твердения, является СТО 501-52-01-2007, разработанный Центром ячеистых бетонов, в котором указаны допустимые значения для следующих показателей защитно-декоративных покрытий: сопротивление паропроницанию, водонепроницаемость за 24 часа, адгезия к ячеистому бетону, морозостойкость, устойчивость к разрыву по трещине в ячеистом бетоне, стойкость к попеременному увлажнению и высыханию. Европейский стандарт EN 998-1:2003, действующий в странах Евросоюза, дополнительно к СТО 501-01-2007 декларирует плотность раствора, класс по прочности на сжатие, теплопроводность, огнестойкость.

Защитно-отделочное покрытие для ячеистого бетона помимо таких общих свойств, как прочность сцепления, светостойкость, стой-

кость к атмосферным воздействиям, эластичность должно иметь нормированную величину паропроницаемости для обеспечения конструкции нормального тепловлажностного режима в процессе эксплуатации.

Как декоративные, так и защитные покрытия должны выполнять две основные функции, которые заключаются в том, что, с одной стороны, они должны препятствовать проникновению влаги любого агрегатного состояния вовнутрь стенового ограждения, с другой стороны, не являться сдерживающим фактором для отдачи влаги наружными слоями ограждения в окружающую среду.

Для ячеистого бетона автоклавного твердения должен быть отдельный нормативный документ типа «Пособие по проектированию и возведению ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением изделий из ячеистого бетона автоклавного твердения (армированных и неармированных)», устанавливающий конкретные нормативные требования к защитно-декоративным покрытиям.

Список использованных источников

1. Автоклавный ячеистый бетон, М.: Стройиздат, 1981.

2. БоДж. Геллерс, Бо Р. Шмидт. Ячеистый бетон автоклавного твердения — история легкого материала (Швеция). 5-я Международная конференция по ячеистому бетону автоклавного твердения, Польша, 2011.

3. В. Джагер, П. Шопе. Ограниченная кладка — шанс улучшить несущую способность (Германия). 5-я Международная конференция по ячеистому бетону автоклавного твердения, Польша, 2011.

4. В. Кехлер, Г. Шеффлер. Сильно изолированные не несущие внешние стены (Германия). 5-я Международная конференция по ячеистому бетону автоклавного твердения, Польша, 2011.

5. Ф. Лодерер. Пригодность легких наружных слоев штукатурки и покрытий для ячеистого бетона автоклавного твердения (Германия). 5-я Международная конференция по ячеистому бетону автоклавного твердения, Польша, 2011.

6. Т. Рыбаржук. Ячеистый бетон автоклавного твердения — материал, обладающий огромным потенциалом: примеры зданий из ячеистого бетона автоклавного твердения, построенных в Польше (Польша). 5-я Международная конференция по ячеистому бетону автоклавного твердения, Польша, 2011.

7. Г. Шобер. Ячеистый бетон автоклавного твердения: обзор структуры ячеек, типов ячеек, методы измерения и влияние ячеистой структуры на свойства (Германия). 5-я Международная конференция по ячеистому бетону автоклавного твердения, Польша, 2011.

8. Ф. Лодерер. Стеновые панели заводского изготовления (Германия). 5-я Международная конференция по ячеистому бетону автоклавного твердения, Польша, 2011.

9. В.М. Ван Боггелен. Вклад ячеистого бетона автоклавного твердения в надежное будущее (Нидерланды). 5-я Международная конференция по ячеистому бетону автоклавного твердения, Польша, 2011.

10. Т. Шок. Строительство энергосберегающих домов с использованием ячеистого бетона автоклавного твердения в различных климатических условиях Европы (Германия). 5-я Международная конференция по ячеистому бетону автоклавного твердения, Польша, 2011.

11. Н.П. Сажнев, В.Н. Гончарик, Г.С. Гарнашевич, Л.В. Соколовский. Производство ячеистобетонных изделий. Теория и практика. Мн.: Стринко, 1999.

12. И.С. Каммерер. Теплоизоляция в промышленности и строительстве. М.: Стройиздат, 1986.

КОМПАНИЯ «ТЕПЛОК» И ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОБЕТОНА ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА



Чупилко А.В., директор ООО «ТЕПЛОК», член Правления Российского Совета по экологическому строительству, эксперт по устойчивому развитию Сочи-2014, член межведомственной рабочей группы по реализации национального проекта «Доступное и комфортное жилье гражданам России» при Президенте России (Российская Федерация)



Вы решили построить свой дом. Каким он будет? Из чего строить?

Современная индустрия предлагает широкий выбор материалов, но не все они отвечают необходимым требованиям. **Почему?**

Дом должен быть теплым — это позволит сократить расходы на отопление и ремонт, позволит с минимальными затратами поддерживать комфортные условия для проживания.

Существующие в РФ строительные нормы регламентируют потери тепла через стену. Нормативные потери тепла обеспечиваются при толщине стены из кирпича в 150 см, из соснового бруса — 30 см, из ячеистого бетона — 37 см. С этого момента у некоторых строителей начинается лукавство. Вам предлагают дом из бруса, но его толщина всего 15-18 см. Значит, зимой в здании будет холодно, и это будет дача, но не дом для постоянного проживания. Деревянный дом опасен в пожарном отношении: он сгорит дотла.

Одновременно следуют предложения по утеплению стен и перекрытий полимерными материалами типа полистеролбетона. Но учтите, что его долговечность 20-25 лет, а дальше надо что-то делать. Кроме того, все полимеры трудно назвать экологически чистыми материалами — при их большом количестве экология жилища может быть нарушена. Никогда не соглашайтесь на такое утепление. Лучше переплатить за отопление, но не дышать продуктами разложения полимеров.

Кирпич настолько не отвечает современным требованиям по теплозащите, что его можно рассматривать только как материал для внутренних стен и перегородок, а также как отделочный ма-

териал. В Америке и Европе кирпич используют, практически, только как отделочный материал.

Во всем мире, по мере роста требований к сокращению потерь тепла через стены, все более широкое применение получают строительные материалы из ячеистого бетона.

Ячеистый бетон получают из экологически чистых природных материалов: песка, извести, цемента. Раствор сырьевых материалов поризуют, добавляя в него порошок алюминия, который, взаимодействуя с известью, выделяет водород. Водород поризует материал, а затем, мигрируя через стенки образовавшихся пор, выходит из материала. Прочность ячеистый бетон приобретает при пропарке водяным паром при давлении 8-12 атмосфер при температуре около 190°C. В этих условиях песок взаимодействует с известью, образуя новые высокопрочные стабильные минералы. Современная технология позволяет получить ячеистый бетон с плотностью близкой к плотности древесины (сосны) и прочностью 30-35 кг/см². Такая прочность материала позволяет строить 3-этажные дома с мансардой. Для зданий меньшей высоты достаточно прочности в 20 кг/см².

Ячеистый бетон, получаемый из экологически чистых материалов, априори является экологически чистым. Чистоту сырья контролируют при добыче, а чистоту материала — при приеме готовой продукции. Что в результате.

Особенностью стен из ячеистого бетона является их способность пропускать воздух в количестве, обеспечивающем комфортные условия проживания. Такими же свойствами обладает только древесина.

Исследования зарубежных специалистов ставят на первое место по комфортности проживания

ния дома из дерева, затем — из ячеистого бетона, далее — сочетание ячеистого бетона с кирпичом, затем — кирпич. На последнем месте находятся дома из сборного железобетона, утепленные изнутри пенополистирольными плитами.

Особенностью ячеистого бетона является его легкая обрабатываемость специальными инструментами, что позволяет после строительства сделать в стенах скрытую разводку электропроводов, водопроводов и систем отопления. И еще важный момент — **дом из ячеистого бетона требует менее всего затрат на ремонт и эксплуатацию по сравнению со всеми иными конструкциями.**

Таким образом, выбрав ячеистый бетон, Вы получите теплый дом с высокой комфортностью проживания и не требующий затрат в дальнейшем на ремонт.

Надежность, долговечность

Какова долговечность зданий, построенных из ячеистого бетона?

На этот вопрос пока нельзя дать окончательного ответа, поскольку первые дома, построенные в 20-30-е гг. прошлого столетия, стоят и не думают разрушаться. Недавно в Москве на мясокомбинате была проведена реконструкция холодильников, построенных 70 лет назад с использованием в стенах теплоизоляционного ячеистого бетона. Анализ образцов показал, что за это время их прочность возросла почти в 3 раза по сравнению с начальной прочностью, и следов разрушения не наблюдалось.

Выбрав для стен своего дома ячеистый бетон, вы с небольшими затратами сможете получить комфортный дом, жить в котором смогут ваши внуки и правнуки.

Если Вы выбрали для своего дома ячеистый бетон, следует обратить внимание на его качество. На рынке предлагают блоки из ячеистого бетона плотностью от 400 до 700 кг/м³. Очевидно, что наилучшие теплотехнические свойства у бетона плотностью 400 кг/м³, а проч-

ность выше у более плотного бетона. При строительстве дома высотой до 3-х этажей достаточно иметь блоки прочностью 30-35 кг/см², что соответствует марке бетона на прочность В2,5. Эта цифра указывается при маркировке изделий.

Очень важный вопрос — точность геометрических размеров блоков. Нормами РФ предусматривается выпуск блоков с допусками по высоте ±1,0 мм и ±4,0 мм. Блоки высокой точности предназначены для кладки на тонкий слой раствора. Обычно говорят: «кладка на клею». Блоки с допуском ±4,0 мм кладутся на слой раствора толщиной до 15 мм. Обеспечить высокое качество кладки на растворе значительно труднее, снижается производительность труда каменщиков, возрастают затраты на отделку. Кладка «на клею» позволяет снизить потери тепла через швы и получить более теплый дом при одинаковой толщине стены (рис. 1).

Блоки из ячеистого бетона, отвечающие лучшим мировым образцам с допусками по размерам ±1,0 мм, плотностью 400 кг/м³ и маркой прочности В 2,5 выпускаются по технологии фирмы «Кселла» на можайском заводе, заводе АЭРОК и Х+Х в Санкт-Петербурге.

Фирма «Теплок» является золотым дилером фирмы «Кселла» и многолетними партнерами Х+Х и АЭРОК. По заводской цене мы обеспечим поставку необходимого количества изделий в любой регион и проведем все технические консультации, которые позволят максимально эффективно применить материал при строительстве.

Кроме того, в комплекте с блоками мы поставим раствор для кладки блоков «на клею» и инструменты для кладки блоков, проанализируем Ваши проекты и сократим затраты на строительство почти на 35%! После кладки каждого слоя блоков верхняя поверхность выравнивается специальным инструментом для обеспечения толщины шва 1-2 мм и идеального качества кладки.

Рис. 1. Кладка блоков



Результат работы — энергоэффективные дома

Вкладываясь в энергоэффективность собственного жилья, мы бережем природу, личные средства и самочувствие.

Несколько лет назад меня поразили итоги 1-го изыскания, целью которого было узнать, какое количество тепла теряется через наружные панели наших жилищ. Сплошные красноватые пятнышки вдоль стенок и около окошек проявились на снимке, сделанном с помощью тепловизора! При этом граждане в своих квартирах чувствуют себя по-разному: у одних — холодно, у других — очень горячо; у кого грибок от сырости, а у кого-либо обои трещат от сухости. Для нашего самочувствия все решительно плохо.

Комментарий итогов можно с легкостью свести к одной фразе: мы отапливаем Вселенную. Для Вселенной данное не очень опасно, но для непрочной атмосферы Земли угроза реальна: парниковый результат, понимаете ли.

Кто считал, какое количество наличных средств можно сберечь, сохраняя тепло?

О естественных ресурсах вообще молчу. В Российской Федерации таковых цифр не обнаружишь, но несмотря на все вышесказанное, в наиболее состоятельных государствах все подсчитали и приняли решение жить заново.

В Датском государстве все хорошо: энергосбережение стало тут государственной мыслью, что породило новейшую идеологию жилья. Экономить пытаются все, но даже это стремление базируется на точном понимании явного: ископаемое горючее исчерпаемо, свежий воздух — текущее самочувствие, а от глобального потепления блага не ожидай.

Рис. 2. Здание, построенное по энергоэффективному стандарту с применением газобетона



Датчане, в отличие от множества соседей по планете, пристрастились глядеть чуток далее собственного бумажника. И, стоит отметить, что к данному их приучила родимая страна. Часть банков, дающих кредиты на возведение, предоставляет льготы, если соблюдать условие, что применяются энергоэффективные инновации, вне зависимости от того, свой это дом, либо социальное жилье. Инвестиции в энергоэффективность (надежная теплоизоляция стен, герметичные окна) окупаются через 3 года.

Как построить экономичный энергоэффективный дом — правила экономии при строительстве?

Как выбрать проект?

Есть множество причин, по которым нужно экономить энергию. Но для тех, кто строит собственный дом, особенно важны две.

Во-первых, деньги: **затраты на оплату израсходованной энергии будут меньшими.**

А во-вторых... тоже деньги: **если когда-нибудь придется продавать дом, цена энергоэффективного объекта будет значительно выше.**

Энергоэффективные дома на 10 % дороже в строительстве, но на 60-70 % дешевле в эксплуатации.

Не менее важна забота о здоровье, а оно напрямую зависит от состояния среды, в которой мы живем. Ограничение потребления энергии способно уменьшить количество вредных веществ, попадающих в атмосферу. Особенно ископаемых, при сжигании которых происходит загрязнение окружающей среды. Сейчас флора погибает от так называемых кислотных дождей. Загрязнение воздуха и поверхностных вод приводит к исчезновению в водоемах фауны. А у людей развиваются аллергические заболевания, болезни кожи и пищеварительного тракта. Многие ошибочно думают, что мы сами ничего не можем сделать, чтобы изменить ситуацию. Однако это не так.

Энергостандарты домов: что это такое?

Серьезное внимание энергоэффективному строительству стали уделять на рубеже 80-90-х гг. XX века. Первопроходцами в этой сфере стали Германия, Швейцария, Швеция, Австрия и Франция. Именно в этих странах первыми поняли, что значительные траты электроэнергии вызваны не только недостаточной наружной теплоизоляцией, но и неправильной ориентацией

домов по сторонам света, сложной формой сооружений, малой эффективностью систем обогрева и пр. Стоит устранить эти недоделки — и можно здорово сэкономить. Дом, построенный в соответствии с новыми стандартами, для одного только обогрева потребует в 10 раз меньше энергии, чем здания, которые возводили раньше.

Кстати, энергоэффективные постройки разделились на несколько типов (рис. 2).

Энергоэффективный дом — это дом, который расходует не более 70 % энергии по сравнению со стандартным (построенным с соблюдением всем нам знакомых норм). При этом для покрытия части энергетических затрат используют источники, которые могут возобновляться (тепло солнца и земли, силу ветра).

Дом с низким, экономным потреблением энергии — это дом, содержание которого по сравнению со стандартной постройкой требует не более 45 % энергии (толщина теплоизоляции 20 см + механическая вентиляция + дополнительный источник тепла (например, солнечный коллектор).

Экономично ли энергоэффективное строительство

По многим причинам на этот вопрос можно ответить утвердительно. Прежде всего надо помнить, что принятые у нас нормы тепловой защиты домов намного ниже, чем в других странах с подобным климатом. Это значит, что строительные нормы не успевают за прогрессом в области строительства и не соответствуют растущим ценам на энергию. Кроме того, инвесторам выгодно строительство домов, отвечающих как можно более высоким стандартам использования энергии, ведь увеличение расходов в этом случае можно быстро компенсировать в эксплуатации. Например, затраты на постройку пассивного дома в настоящее время на 15-25 % выше, чем затраты на возведение стандартного здания. Но через несколько лет эта разница составит менее 10 %.

Так было в Германии. Там еще в середине 90-х гг. прошлого века пассивные дома были на 30 % дороже типовых, но теперь разница между ними едва ли составляет 8 % затрат на строительство.

Следует обратить внимание и на то, как измеряются выгоды от инвестирования в энергоэффективные и пассивные дома.

Для этого рассмотрим следующий пример. Возьмем для сравнения типичный современный дом для одной семьи площадью 150 м², обогреваемый газом. Структура расходов на эксплуатацию такого объекта стандартная, т.е.:

- на обогрев дома расходуется 144 кВт/м²/ч;
- на нагрев воды — 30 кВт/м²/ч;

- на приготовление пищи, освещение и работу электроприборов — 26 кВт/м²/ч.

Значит, годовые расходы на содержание такого дома составляют 30 тыс. кВт электроэнергии (200 кВт/м²/ч).

А теперь посмотрим, что изменится в случае применения энергосберегающего стандарта:

- на обогрев дома расходуется 44 кВт/м²/ч;
- на нагрев воды, как и раньше, — 30 кВт/м²/ч;
- на приготовление пищи, освещение и работу электроприборов, как и раньше, — 26 кВт/м²/ч.

При эксплуатации энергосберегающего дома количество использованной электроэнергии уменьшается наполовину, до 15 тыс. кВт. Это значит, что, модернизируя дом, можно сэкономить до 48 % на его содержании. **Надо понимать, что для строителя это гарантия того, что этот дом купят быстрее и дороже, чем обычный!**

Энергоэффективность в цифрах

Можно сказать, что энергоэффективный дом — это дом, для обогрева которого нужно на 30 % меньше энергии, чем для обогрева типового. До недавнего времени энергоэффективность зданий характеризовал коэффициент сезонного использования тепловой энергии E: E = 110-200 кВт/(м² — год) — стандартный дом; E <= 70 кВт/(м² — год) — энергоэффективный дом; E <= 15 кВт/(м² — год) — пассивный дом.

Значение коэффициента E зависело не только от отношения всех наружных поверхностей к кубатуре здания, но и от теплоизоляции стен, окон, дверей, крыши, пола, от системы вентиляции, размеров остекленных поверхностей и ориентации их по сторонам света, а также от количества проживающих в доме. Теперь принадлежность построек к определенному энергетическому классу в Европе определяют с помощью более точного коэффициента EP. Его значение зависит от количества энергии, необходимого для обогрева помещений, вентиляции, подогрева воды, работы кондиционера и освещения.

Образцовому дому (принимаемому за точку отсчета) соответствуют EP = 1 и энергетический класс D (стандартный). Значения, свойственные другим классам, отражены в табл.

Таблица. Классификация домов

EP <= 0,25	класс А (пассивный)
0,26 < EP <= 0,50	класс В (экономный)
0,51 < EP <= 0,75	класс С (энергосберегающий)
0,75 < EP <= 1	класс D (стандартный)
1,01 < EP <= 1,25	класс E
1,26 < EP <= 1,50	класс F
EP > 1,51	класс G (самый энергозатратный)

Научное издание

Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения

Материалы 7-й Международной научно-практической конференции
Брест, Малорита, 22-24 мая 2012 г.

Редактор: *П.П. Ткачик*
Компьютерная верстка *А.В. Жуков*

Подписано в печать 14.05.2012 г. Формат 60x84 1/8.
Бумага офсетная. Гарнитура HeliosC. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 17,2. Тираж экз. Заказ № 1095.
Выпущено при участии РУП «Редакция журнала «Архитектура и Строительство».

НП ООО «Стринко». ЛИ № 02330/0494382 от 16.03.2009.
Ул. Платонова, 22. 220005, Минск.

Отпечатано в РУП «Минсктиппроект»
ЛП №02330/0494102 от 11.03.2009.
220123, г. Минск, ул. В. Хоружей, 13/61



По вопросам приобретения обращайтесь
в НПООО «Стринко»



тел./факс: +375 (17) 292 49 56
+375 (17) 292 79 43/44
+375 (29) 611 66 20
e-mail: bsr@telecom.by

KangRun



www.kangrun77.com

China Yianbian Kangrun Economic & Trade Co. Ltd - Jiangsu Teeyer (Shanghai) Co.Ltd

**ЯВЛЯЕТСЯ САМЫМ КРУПНЫМ ПРОИЗВОДИТЕЛЕМ И ПОСТАВЩИКОМ
ОБОРУДОВАНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ГАЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ В КИТАЕ**

Компания имеет огромный опыт установки заводов, которые обладают самым оптимальным соотношением цены – качества. В компании работают высококвалифицированные специалисты, обеспечивают передовую технику и высококачественный проект.

Цель компании заключается в производстве и продаже лучшего, конкурентоспособного оборудования во всем мире. Такое оборудование поставлено в Китае, Среднем Востоке, Средней и Юго-восточной Азии, Европе (Республике Беларусь). В настоящее время имеются проекты поставки заводов в Россию (в г. Пенза и Московскую область).

Режущая машина



Автоклав



Шаровая мельница



КОНТАКТНЫЕ ДАННЫЕ:

Контакты в Китае:

teeyer@mail.ru kangrun77@gmail.com

Представительство в России:

Тел: +7 (985) 337 87 77,

+7 (917) 927 87 87 Сергей

Тел/Факс: +7 (8552) 44 55 40

KapitanLtd888@mail.ru Альбина