



ЯЧЕИСТЫЙ
БЕТОН

8-я МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
МИНСК – МОГИЛЕВ, 11–13 ИЮНЯ 2014 г.

ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ

Организаторы конференции



ИНСТИТУТ
БелНИИС

СТРОЙ
МЕДИА
ПРОЕКТ
центр медийных услуг



Информационные партнеры

СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ

БУДІВЕЛЬНИЙ
ЖУРНАЛ

СР
СТРОИТЕЛЬНЫЙ
РЫНОК

masa

Milestone to your success.

Мы умеем сочетать...

**Газобетон + Сталь
= Армированные
элементы**



www.masa-group.com

Masa GmbH
Masa-Str. 2
56626 Andernach
Germany
Phone +49 2632 9292 0
Service Hotline +49 2632 9292 88

Masa GmbH
Werk Porta Westfalica
Osterkamp 2
32457 Porta Westfalica
Germany
Phone +49 5731 680 0

Маса-Москва
Ср. Тишинский пер., 28, офис 220
123557 РФ, Москва
Тел. +7 495 23251 27
Факс +7 495 23251 28
info@masa.ru

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

Masa - made in Germany.





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 "Институт БелНИИС"
Республиканское унитарное предприятие "СтройМедиаПроект"

Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения

Материалы
8-й Международной научно-практической конференции
Минск – Могилев, 11–13 июня 2014 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;

доктор технических наук, заместитель директора по научной
работе Государственного предприятия “Украинский научно-
исследовательский и проектно-конструкторский институт
строительных материалов и изделий “НИИСМИ”

С.Д. Лаповская

Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения:
материалы 8-й Международной научно-практической конференции. Минск – Могилев,
11–13 июня 2014 г. / редкол.: Н.П. Сажнев (отв. ред.) [и др.]. — Мн.: Стринко, 2014. —
140 с.: ил.

ISBN 978-985-6476-57-3

Сборник содержит доклады ученых и специалистов Республики Беларусь, зарубежных гостей из стран СНГ и Европейского Союза, прозвучавшие на 8-й Международной научно-практической конференции “Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения”, прошедшей 11–13 июня 2014 г. в гг. Минск, Могилев.

Включает результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, посвященных проблемам выбора оборудования и технологий для производства ячеистобетонных изделий. Изложены требования к сырьевым материалам, особенностям резки массива-сырца и режимам автоклавирования. Особое внимание уделено оборудованию, предназначенному для производства несущих армированных изделий и конструкций, особенностям их применения в полносборном строительстве.

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 978-985-6476-57-3

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1. Производство ячеистобетонных изделий

Сажнев Н.П., Ткачик П.П. Ячеистый бетон в Республике Беларусь	5
М. Кларе, А. Иванов Опыт производства армированных изделий из автоклавного газобетона на заводах по технологии «ВАРИО БЛОК» фирмы «Маза»	10
Вишневский А.А., Гринфельд Г.И., Смирнова А.С. Производство автоклавного газобетона в России	17
Лаповская С.Д. Применение стержневой неметаллической композитной арматуры для армирования ячеистобетонных изделий автоклавного твердения	21
Баженев И.В. Автоматизированный комплекс для определения основных характеристик алюминиевых газообразователей	26
Воробьев В.В., Иванов Е.Н., Таболич А.В., Шиманович П.П. Центробежно-ударные мельницы для измельчения сырьевых материалов в производстве ячеистых бетонов	28
Рудченко Д.Г. Ячеистый бетон автоклавного твердения AEROC плотностью 150 кг/м ³ . Особенности производства и применения	33
Тонкушин А.А. Система управления производственным процессом для предприятий, производящих автоклавный газобетон	40
Герхард Вернер Автоклав для упрочнения изделий в строительной промышленности	43
Д-р Клаус Бонеманн, Романова Г.В. Wehrhahn: более 10 лет на рынке производства автоклавного газобетона в странах СНГ и Балтии	47
Барановская Е. И., Мечай А.А. Использование сталеплавильного шлака в производстве ячеистого бетона автоклавного твердения	53
Анучин С.М. Опыт производства в России ячеистого бетона автоклавного твердения на со-временных комплектных линиях поставки КНР	57
Змановский С.В., Игumenyщев А.С. Алюминиевый газообразователь. Процесс непрерывного улучшения	60
ЗАО «Могилевский КСИ» – базовое предприятие конференции	63

Раздел 2. Свойства ячеистого бетона

Рыхленок Ю.А., Лешкевич В.В., Крутилин А.Б. Некоторые результаты экспериментальных исследований теплофизических характеристик автоклавного ячеистого бетона низких плотностей и учет их влияния на тепловлажностный режим наружных стен зданий	66
--	----

Волошина Т.Н., научный сотрудник ГП "НИИСМИ" (г. Киев, Украина) Повышение долговечности ячеистого бетона автоклавного твердения за счет снижения его водопоглощения	72
Мечай А.А., Мисник М.П., Колпащиков В.Л., Сеница М., Шепутите-Юцке Ю. Наномодифицированный автоклавный ячеистый бетон	76
Сеница М., Сеземан Г., Клингс М., Шепутите-Юцке Ю., Мечай А. А., Барановская Е. И. Влияние добавок пылевидной микросилики SiO ₂ и микроармирующих добавок на структуру и свойства автоклавного ячеистого бетона	79
Ионов Д.С., Шейнич Л.А., Сопов В.П. Использование метода термoporометрии для изучения процессов структурообразования цементного камня, модифицированного комплексными органо-минеральными добавками	84
Бондарь Е.В., Пушкарева Е.К. Эффективные гидроизоляционные материалы проникающего действия на основе модифицированных шлаковых цементов	90

Раздел 3. Применение ячеистобетонных изделий

Галкин С.Л., Сажнев Н.П., Шелег Н.К. Некоторые особенности применения армированных газобетонных изделий в полносборном строительстве	94
Виллем М. Ванн Боггелен, А. Купава «Зеленое» строительство из сборного автоклавного газобетона. Новые методы применения ячеистого бетона	102
Рыхленок Ю.А., Крутилин А.Б. Основные факторы, влияющие на долговечность наружных стен из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения, и способы ее повышения	105
Виллем М. Ванн Боггелен, А. Купава Быстровозводимое строительство из сборного автоклавного газобетона. Строительная система Aircrete	109
Горшков А.С., Мишин В.Е., Гринфельд Г.И., Ватин Н.И. Повышение теплотехнической однородности стен из ячеистобетонных изделий за счет использования в кладке полиуретанового клея	115
П. Кушмирек, Рябков Э.В. Использование формовочных масел LOTOS Formil при производстве ячеистого бетона	120
Перевертов В.А. Опыт применения подшипников с графитом при производстве ячеистого бетона	127
Гуляев И.Н., М. Харт Особенности использования деревянных поддонов в производстве газобетонных блоков	129
Семен Пичугин, Кристиан Кельдаль Инновационная технология Стретч Худ для упаковки паллет	134

Ячеистый бетон в Республике Беларусь

Сажнев Н.П., канд. тех. наук, ст.н.с., советник генерального директора ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» (п. Чисть, Минская обл., Республика Беларусь)
Ткачик П.П., директор НП ООО «Стринко» (г. Минск, Республика Беларусь)

Обеспеченность населения жильем и его строительство – одни из самых наглядных и важнейших показателей социальной и экономической политики.

За прошедшую пятилетку в Республике Беларусь много сделано в решении жилищных проблем населения. Конкретно это выразилось в следующих цифрах, которые определяют и настоящие направления жилищной политики, поскольку она носит системный характер.

В 2006–2012 гг. в Беларуси построено 36,2 млн м² жилья [1]. Благодаря этому жилищные условия улучшили свыше 300 тыс. семей – более 1 млн человек. Около 60% жилья (21,7 млн м²) построено гражданами с государственной поддержкой. По итогам 2010 г. наша страна заняла лидирующее положение среди стран СНГ по вводу жилья (699 м² на 1 тыс. жителей) и второе место – по обеспеченности жильем (24,6 м² на человека).

В соответствии с Концепцией государственной жилищной политики Республики Беларусь до 2016 г. в стране планируется построить 24,5 млн м² жилья, в 2015 г. доля индивидуального в общем объеме жилищного строительства должна достичь 40% [2].

В связи с увеличением объемов 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.

Для увеличения объемов индивидуального жилищного строительства необходимо повысить индустриализацию строительства домов – превращение строительного производства в механизированный поточный процесс изготовления в заводских условиях конструкций, укрупненных элементов и блоков дома с последующей их сборкой на строительной площадке. Передовые технологии индустриального домостроения, максимальная заводская готовность и минимально необходимый механизированный монтаж на стройплощадке позволяют уменьшить затраты труда, расход материалов, повысить качество строительства, сократить его сроки и снизить стоимость дома [2].

«Основными направлениями развития материально-технической базы строительства Республики Беларусь на период 1998–2015 гг.» ячеистобетонные изделия определены главным стеновым материалом на указанный период [3]. В 2015 г. планируется довести годовой объем их производства до 3,85 млн м³. На 1000 жителей ежегодно в нашей стране производится 320–340 м³ изделий из ячеистого бетона, в России – 69 м³, в Украине – 48,7 и в странах Западной Европы – 180–220 м³ [4].

В Республике Беларусь производство ячеистобетонных изделий автоклавного твердения одно из самых динамично развивающихся отраслей промышленности строительных материалов.

На рис. 1 приведен фактический выпуск ячеистобетонных изделий на период 2001–2013 гг.

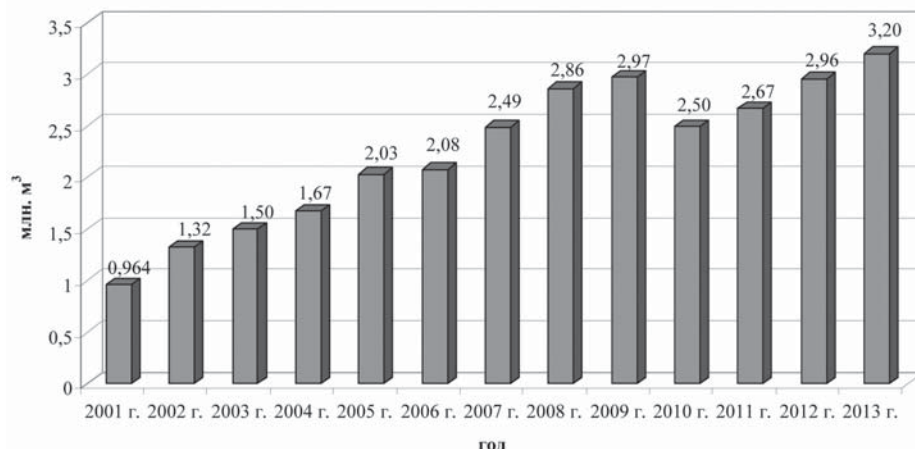


Рис. 1. Фактический выпуск ячеистобетонных изделий в Республике Беларусь на период 2000–2012 гг.

На рис. 2 приведена доля выпуска ячеистобетонных блоков различной плотности в 2013 г.

Из рис. 2 видно, что 70% составляют блоки плотностью 500 кг/м³ В2,0–2,5. Из общего объема блоков блоки второй и третьей категории (блоки на раствор) составляют 620 тыс. м³.

На рис. 3. приведены объемы производства ячеистого бетона и показатели его выработки на 1000 жителей Республики Беларусь.

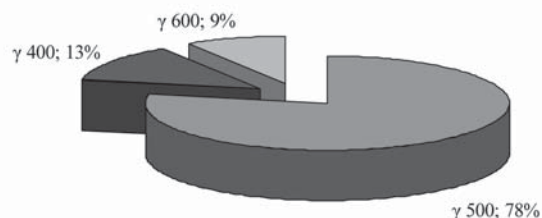


Рис. 2. Доля выпуска ячеистобетонных блоков различной плотности в 2013 г.

Наряду с производством ячеистого бетона в республике в качестве стенового материала используется керамический и силикатный кирпич, а также керамзитобетонные блоки. Наружные стены, возводимые из кирпича, для обеспечения нормативного сопротивления теплопередаче $R_{т\text{ норм}} = 3,2 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С/Вт}$ дополнительно утепляются эффективными полимерными или волокнистыми утеплителями.

На рис. 4 приведена доля выпуска основных видов стеновых материалов в Республике Беларусь без учета трехслойных панелей КПД.

Для Беларуси при наличии своей достаточной сырьевой базы и развитого производства, оснащенного современным технологическим оборудованием, автоклавный ячеистый бетон является стратегическим материалом, особенно с позиции энергосбережения. После введения с 01.01.2010 г. повышенных нормативных показателей сопротивления теплопередаче о-

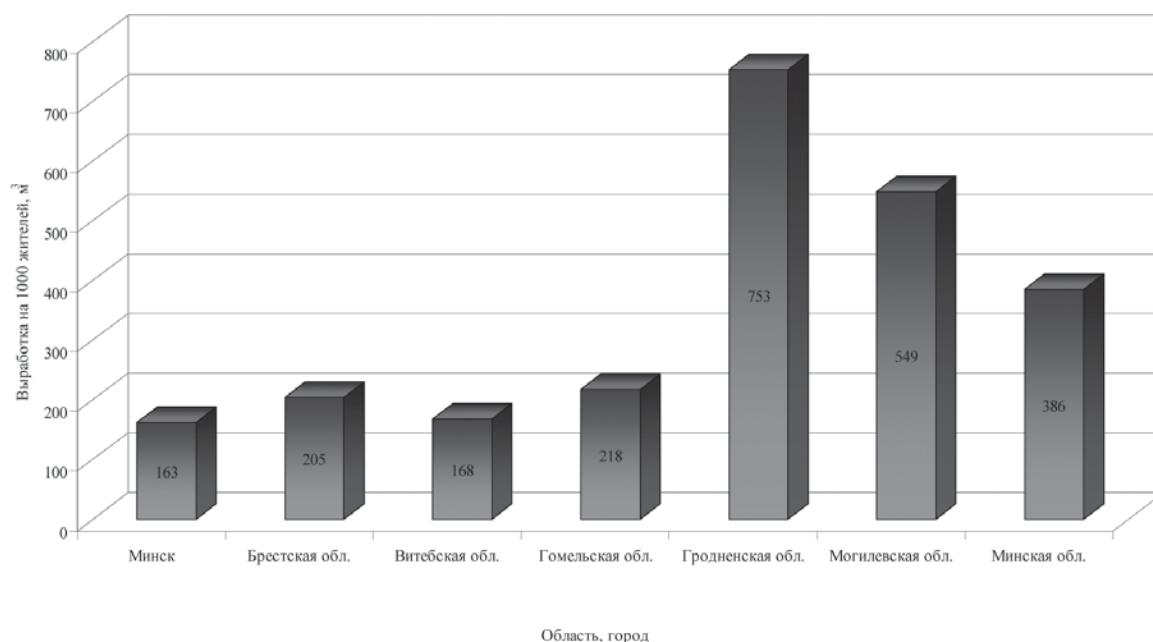


Рис. 3. Производство ячеистого бетона на 1000 жителей, м³

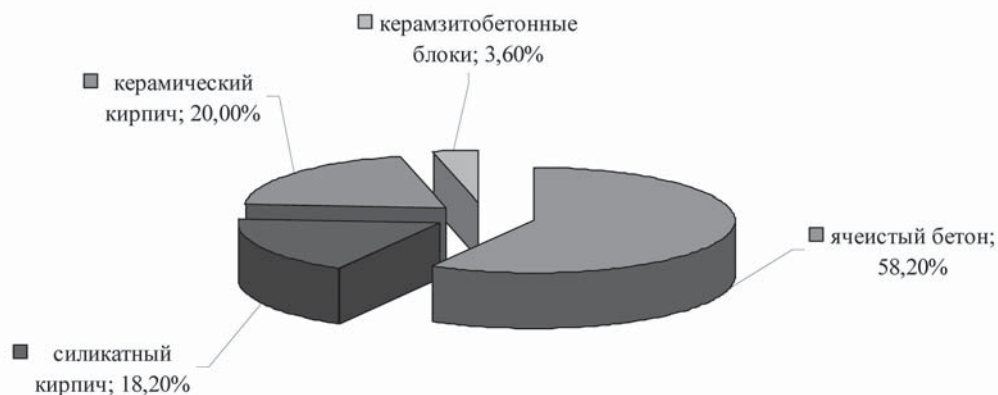


Рис. 4. Доля выпуска основных видов стеновых материалов предприятиями Республики Беларусь, %

раждающих конструкций (для наружных стен $R_{\text{т.норм.}} = 3,2 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, для совмещенных покрытий, чердачных перекрытий и перекрытий под проездом $R_{\text{т.норм.}} = 6,0 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$) ячеистый бетон с учетом объемов его производства и качества изделий остался практически единственным строительным материалом в стране, обеспечивающим выполнение нормативных требований строительной теплотехники без применения других, в т.ч. эффективных теплоизоляционных материалов.

Известно, что одним из основных условий энергосбережения является снижение теплопотерь через тепловой контур здания. В настоящее время белорусские производители ячеистого бетона в состоянии обеспечить приведенное термическое сопротивление на нормативном уровне. Но требования по теплопотерям постоянно ужесточаются. В соответствии с принятой в республике программой по энергосбережению с 2015 года 60% жилья должно вводиться в энергосберегающем исполнении. Подразумевается, что конструктивное решение оболочки здания и его инженерное оборудование (в первую очередь вентиляция с рекуперацией тепла выбросов) должны гарантировать теплопотери здания не более $60 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ в год в многоэтажном и $90 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ в год в малоэтажном (индивидуальном) исполнении.

Опыт строительства энергосберегающих жилых домов подсказывает, чтобы обеспечить выполнение этих требований, термическое сопротивление стен должно быть поднято до уровня $R_{\text{т.норм.}} = 6 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Получить его в стенах из ячеистого бетона плотностью в $400\text{--}500 \text{ кг}/\text{м}^3$ затруднительно, да и инвесторы выступают категорически против увеличения толщины стен, так как это решение отнимает у них коммерческую эксплуатируемую площадь. Вывод напрашивается один: нужны, во-первых, конструктивно-теплоизоляционные ячеистые бетоны пониженной плотности, а во-вторых, конструктивные решения узлов и деталей мало- и многоэтажных жилых домов, гарантирующие повышенное термическое сопротивление ограждающих конструкций.

Определенные знания в республике накоплены, дополнены разработками ученых России и Украины, обогащены достижениями фирм “Кселла”, “Маза-Хенке”, “Верхан”, “Эйр-крит” и др. (Германия) в производстве легких ячеистых бетонов и немецкими конструктивными решениями.

Например, проведенные нами совместные работы с фирмой ИООО “Сен-Гобен Белрус” позволили достичь без рекуперации расхода энергии на отопление индивидуального жилого дома $74,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ в год.

В строительном комплексе страны автоклавный ячеистый бетон прочно занимает одно из ведущих мест как универсальный материал, который позволяет решать обширный класс инженерных задач и обеспечивает современное качество и конкурентоспособность строительной продукции. Из ячеистобетонных неармированных и армированных изделий (мелких и крупных блоков, стеновых панелей, перемычек, плит перекрытия и покрытия, ступеней), выпускаемых в Республике Беларусь, возводят здания жилищно-гражданского назначения: жилые дома, гостиницы, детские сады и многое другое.

В индивидуальном домостроении ячеистый бетон занимает ведущее место, а объемы его применения возрастают пропорционально количеству строящихся зданий. Об этом наглядно свидетельствуют ежегодно вырастающие в крупных и средних городах микрорайоны индивидуальной застройки. К примеру, в Минске ячеистый бетон массово использован при возведении микрорайонов по проспекту газеты “Известия”, “Большая Слепянка”, при застройке элитными домами микрорайона “Медвежино”. В агрогородках в ходе реализации Государственной программы возрождения села в последние несколько лет построено около 1000 индивидуальных жилых домов (коттеджей) и сельскохозяйственных построек из ячеистого бетона.

Автоклавный ячеистый бетон находит применение и при строительстве зданий малой и средней этажности (до 5 этажей включительно), причем не только в конструкциях несущих стен, но и междуэтажных перекрытий. Разработанная УП “Институт БелНИИС” еще в конце 1990-х гг. конструкция перекрытий из ячеистобетонных плит с железобетонным обвязочным контуром и замоноличенными межплитными швами хорошо зарекомендовала себя не только в зданиях со стеновой конструктивной системой, но также при неполном каркасе и в зданиях с несущим сталебетонным каркасом [5].

В последние годы разнообразие городской застройки белорусских населенных пунктов обеспечивают путем строительства зданий средней этажности, среди которых не последнее место занимают конструктивные стеновые системы с массовым применением ячеистого бетона. Современная массовая застройка столицы Беларуси, областных центров и относительно крупных городов характеризуется преобладанием многоэтажных зданий и зданий повышенной этажности. Они возводятся, как правило, с несущим каркасом, а наружные стены опирают на перекрытия в пределах каждого этажа. Для устройства поэтажно опертых стен как

нельзя лучше подходит ячеистый бетон, благодаря чему есть возможность реализовывать практически любые архитектурные решения.

Существенное снижение трудоемкости строительства и повышения тепловой защиты зданий достигается за счет замены наружных стен из мелких ячеистобетонных блоков на крупноразмерные сборные однослойные стеновые панели из ячеистого бетона. Применение таких изделий позволит исключить образование теплопроводных включений, повысит теплотехническую однородность ограждающих конструкций, обеспечит благоприятный микроклимат помещений. Предполагается также переход на изготовление и применение армированных ячеистобетонных перегородок высотой на комнату, что позволит максимально отказаться от долговременных и трудозатратных кладочных работ. Комплексное применение ячеистобетонных изделий позволит упростить организацию строительства за счет комплектации материалами на одном предприятии и поставки их на строительную площадку. В свою очередь переход на применение навесных стен вместо поэтажно опертых позволит максимально увеличить внутреннее пространство помещений при сохранении внешнего контура дисков перекрытия.

Ячеистый бетон находит применение не только в массовом жилищном строительстве, но и при сооружении таких уникальных объектов как, например, Национальная библиотека Беларуси. При устройстве наружных стен, закрытых спайдерным остеклением, использовались и блоки, и армированные стеновые панели из ячеистого бетона плотностью 400 кг/м³, класс бетона по прочности на сжатие В 1,5. Наружные стены и перегородки стилобата и лифтового ствола, а также практически все ледовые дворцы, закрытый футбольный манеж и целый ряд других объектов построены с применением ячеистого бетона.

Производство и широкое использование автоклавного ячеистого бетона в строительной отрасли Беларуси обеспечивается проведением комплекса научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выполнением обследований и оценкой технического состояния несущих и ограждающих конструкций, разработкой комплектов нормативной, нормативно-технической и проектной документации, а также изданием технической литературы.

Наращивание объемов производства и повышение качества готовой продукции достигнуто за счет модернизации и строительства новых производств.

Первенцем новых технологий и современной продукции улучшенного качества по праву мож-

но считать ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова». В 1997 г. на Заводе Строительных Конструкций (ЗСК) по технологии фирмы «Хебель» (Кселла) введен в промышленную эксплуатацию завод по производству ячеистобетонных изделий проектной мощностью 200 тыс. м³/год. За счет модернизации производства, в частности установки дополнительных пяти автоклавов, второй линии упаковки готовой продукции и др. мероприятий, годовая производительность достигла 400 тыс. м³ изделий.

С целью ориентации на производство профилированных армированных изделий, в том числе и на тонкостенные конструкции, в 2012 г. ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» совместно с голландской фирмой AIRCRETE Europe B.V. провела на ЗСК модернизацию резательного комплекса «Хебель». Эффективность нового процесса производства армированных изделий заложена уже на стадии разработки их номенклатуры, обеспечивающей максимальное использование массива или иначе минимальное количество отходов сырца при разрезке массива на изделия заданных размеров.

В 2004 г. на Могилевском комбинате силикатных изделий после реконструкции одной из действующих технологических линий введена в промышленную эксплуатацию новая линия по производству ячеистобетонных изделий, в которой объединена отечественная ударная технология и резательная технология фирмы «Маза-Хенке». Годовая производительность линии – 120 тыс. м³ (в цеху установлено три автоклава диаметром 3,6 м.). Модернизированы также оборудование и системы автоматического управления технологическими процессами в помольном, смесеприготовительном, формовочном, автоклавном отделениях.

В 2010 г. на комбинате введена в промышленную эксплуатацию еще одна (вторая) новая технологическая линия по производству ячеистобетонных блоков производительностью 300 тыс. м³ в год. Основное технологическое оборудование (смесеприготовительное, формовочное, резательное и др.) поставлено фирмой «Маза-Хенке».

В 2005 г. реконструкции подверглось производство ячеистого бетона в ОАО «Сморгоньсиликатобетон», где также были объединены две технологии – отечественная ударная и немецкая резательная фирмы «Маза-Хенке». Производительность линии – 1000 м³ изделий в сутки. Из отечественного технологического оборудования было оставлено только помольное – мельницы мокрого помола песчаного шлама и сухого помола известково-песчаного вяжущего, а также восемь автоклавов диаметром 3,6 м.

В 2005 г. в ОАО “Любанский завод стеновых блоков” была проведена модернизация одной из технологических линий по производству ячеистобетонных блоков типа “Бобруйск-1,2”. На линии установлен комплект резательных машин Воронежского ЗАО “Тяжмехпресс”.

В 2006 г. в ОАО “Гродненский комбинат строительных материалов” введена в эксплуатацию новая линия по производству ячеистобетонных блоков типа “WEHRHANN SMART” (мощность 120 тыс. м³ в год) с разрезкой массивов на мелкие ячеистобетонные блоки. Фирмой “Верхан” поставлен комплект резательных машин, формы, смесеприготовительное, дозировочное и транспортное оборудование применительно к тупиковым автоклавам диаметром 3,6 м. Помольное и автоклавное отделения (три автоклава диаметром 3,6 м), а также ударные площадки (две) использованы существующие.

В 2009 г. ОАО “Березовский комбинат силикатных изделий” (Брестская обл.) пущен завод по изготовлению ячеистобетонных изделий (мелкие блоки, лотковые блоки) с суточной производительностью 1200 м³. Все технологическое оборудование поставлено фирмой “Маза-Хенке”.

В 2009 г. в ОАО “Красносельскстройматериалы” (Гродненская обл.) введен в промышленную эксплуатацию цех по выпуску ячеистобетонных изделий с суточной производительностью 650 м³. Основное технологическое оборудование поставлено фирмой “Маза-Хенке”, автоклавы – российской фирмой “Уралхиммаш”. Завод работает по ударной технологии.

В 2009 г. на Минском КСИ сдан в эксплуатацию цех по изготовлению ячеистобетонных блоков суточной производительностью 1450 м³. Основное технологическое оборудование поставлено фирмой “Маза-Хенке”, автоклавы – российской фирмой “Уралхиммаш”. Завод работает по ударной технологии.

В 2009 г. в ОАО “Оршастройматериалы” (Витебская обл., г. Орша) сдан в промышленную эксплуатацию комплект резательного оборудования Воронежского ЗАО “Тяжмехпресс”. Суточная производительность линии 550 м³ мелких блоков. Завод работает по литейной технологии.

В 2009 г. ООО “Газосиликат” (Могилевская обл., д. Затишье) освоило производство мелких ячеистобетонных блоков. Основное технологическое оборудование изготовлено китайской фирмой CHANJZHOU TEEYER ENGINEERING MACHINERY CO. LTD. Суточная производительность линии 1000 м³.

В 2012 г. в ОАО “Гомельстройматериалы” сдана в промышленную эксплуатацию техно-

логическая линия “CL-4” фирмы “WKB Systems GmbH” (Германия). Годовая производительность линии 180 тыс. м³. В настоящее время работает одна линия “Универсал-60” и линия “CL-4”. Завод работает по ударной технологии.

В 2012 г. СЗАО “КварцМелПром” (Брестская обл., п. Хотиславль) введен в эксплуатацию новый завод по изготовлению ячеистого бетона суточной производительностью 1450 м³. Все технологическое оборудование поставлено фирмой “Маза-Хенке”. Завод работает по ударной технологии.

В рамках государственной научно-технической программы “Разработка и внедрение новых конструктивно-технологических систем, технологий и материалов, обеспечивающих энергоэффективность и ресурсосбережение в строительстве, реконструкции и эксплуатации зданий и сооружений, повышение потребительских свойств услуг строительного комплекса Республики Беларусь” планируются научно-исследовательские, опытно-конструкторские и проектные работы по теме “Исследовать, разработать и внедрить производство сборных ячеистобетонных конструкций для строительства энергоэффективных зданий массового жилищного строительства.

Разработка новых конструктивно-технологических систем зданий, технологий и материалов обеспечит проектирование и строительство полносборных жилых зданий, в т.ч. каркасного типа с комплексным применением армированных ячеистобетонных конструкций, что, по нашему мнению, в ближайшие годы обеспечит новый этап применения этого уникального современного строительного материала.

Литература

1. Горваль, А.В. “Основные направления жилищной политики в Республике Беларусь”, Международный форум “Жилищная политика и жилищное строительство”. – Минск, 2013. – С. 3–13.
2. Семенкевич, Д.И. “О программе индустриального индивидуального жилищного строительства Республики Беларусь до 2016 года”, Международный форум “Жилищная политика и жилищное строительство”. – Минск, 2013. – С. 53–60.
3. Основные направления развития материально-технической базы строительства РБ на период 1998–2015 гг.: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 1988. – С. 23–25.
4. Вишневский, А.А., Гринфельд, Г.И., Куликова, Н.О. “Анализ рынка автоклавного газобетона России” // “Строительные материалы”. – 2013. – № ____ – С. 40–44.
5. Сажнев, Н.П., Сажнев, Н.Н., Галкин, С.Л. “Опыт производства и применения ячеистобетонных изделий автоклавного твердения в Республике Беларусь” // “Строительные материалы”. – Минск, 2008. – № 1. – С. 6–10.

Опыт производства армированных изделий из автоклавного газобетона на заводах по технологии “ВАРИО БЛОК” фирмы “Маза”

Матиас Кларе, дипл. инж., коммерческий директор фирмы “Маза ГмбХ”

Андрей Иванов, дипл. инж., глава представительства фирмы “Маза ГмбХ” в СНГ и странах Балтии

В период экономической нестабильности многие производители газобетона делают ставку на расширение номенклатуры выпускаемой продукции. Помимо спроса на обычные газобетонные блоки, которые представлены на многих строительных рынках, постоянно растет спрос на крупноформатные армированные газобетонные изделия. Благодаря расширению проверенной временем и хорошо себя зарекомендовавшей линии “ВАРИО БЛОК” фирмы “Маза ГмбХ” возможно максимально простое и эффективное освоение производства крупноформатных армированных изделий.

Для клиентов, которые недавно вступили на рынок газобетонных изделий, инвестируя 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 увели-



Рис. 1. Современный производственный цех – горизонтальная и вертикальная кладка стен выполнена из теплоизоляционных газобетонных панелей

чение 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. На всех линиях “ВАРИО БЛОК” в принципе возможно последу-



Рис. 2. Крупноформатные панельные элементы используются для кровли и междуэтажных перекрытий. Экономическая эффективность применения данных элементов ведет к снижению стоимости строительных работ

ющее расширение для производства армированных газобетонных изделий.

Необходимым сырьем для изготовления изделий из автоклавного газобетона на линии «ВАРИО БЛОК» являются кварцевый песок, известь, цемент, алюминиевый порошок или паста, 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 со смесительной башней. Объем складирования вяжущего зависит от расхода материалов, также принимаются во внимание местные особенности поставки сырья.



Рис. 3. Возведение внешних и внутренних стен из вертикальных панелей возможно при использовании минимальной рабочей силы



Рис. 4. Для возведения оконных и дверных проемов используются перемычки различной длины



Рис. 5. Заполненные формы в зоне созревания: более низкая высота данного участка цеха улучшает тепловой баланс и позволяет экономить энергию в ходе ферментации, а также сократить расходы при строительстве. Концепция завода предусматривает использование конденсата для обогрева зоны созревания в холодное время года. При производстве армированных элементов рамы устанавливаются на формах для надежного позиционирования арматурных каркасов



Рис. 6. Линия резки разделена на три рабочих станции, что обеспечивает оптимальную точность конечной продукции. При помощи крана-кантователя осуществляется распалубка свежесформованного массива и его перемещение на резательную тележку

Для обеспечения неизменного качества продукции процесс смешивания осуществляется в автоматическом режиме при помощи управления смесительной установки. Все значимые производственные параметры – температура, плотность, химический состав сырья – учитываются при расчете рецептуры. Таким образом, при производстве гарантировано постоянно высокое качество изделий.

Участок производственного цеха, предназначенный для зоны созревания, конструктивно обособлен – его высотная отметка значительно ниже, чем высотные отметки остальных участков цеха. Данная концепция обусловлена не только желанием сократить расходы на строительство, но и необходимостью поддержания постоянного температурного режима на данном участке с целью обеспечения качества продукта. К прочим положительным результатам данного конструкционного решения можно отнести сопутствующую экономию энергии и производственных расходов, а также сокращение времени ферментации. На многих заводах с оборудованием фирмы «Маза» для



Рис. 7. Зона выдержки перед автоклавами, как и зона созревания, выполнена с более низкой высотной отметкой. Таким образом, на данном участке поддерживается высокая температура массива, что положительно сказывается на процессе запаривания и, как следствие, на качестве выпускаемой продукции

обогрева зоны созревания используется остаточное тепло автоклавного конденсата.

По достижении прочности, необходимой для резки, свежесформованный массив кантуется при помощи крана из горизонтальной в вертикальную позицию. Бережная и плавная кантовка позволяет сохранить внутреннюю структуру газобетона. Далее массив проходит через несколько станций линии резки, где из него формируются разнообразные виды изделий – блоки или армированные элементы. Отходы от резки перерабатываются и в полном объеме возвращаются в технологический процесс.

Кран загрузки/выгрузки перемещает разрезанные массивы на запарочные тележки. Готовые к запариванию массивы накапливаются в зоне выдержки перед автоклавами. Конструктивное исполнение данного участка идентично зоне ферментации, поддержание температурного режима достигается за счет простых средств. Здесь многие наши клиенты используют также остаточное тепло от автоклавного конденсата, что является экономически эффективным решением.

Процесс запаривания изделий в автоклавах регулируется при помощи управления паром. Оптимальная кривая запаривания для каждого из производимых видов изделий подбирается в полностью автоматическом режиме и в любой момент может быть проверена и скорректирована оператором.

После запаривания в автоклавах массивы подаются на линию упаковки, где пакеты изделий комплектуются и упаковываются в соответствии с местными требованиями.

Концепция «ВАРИО БЛОК» фирмы «Маза» подразумевает безотходное производство. Помимо рециркуляции автоклавного конденсата с использованием тепла в проекте можно пре-



Рис. 8. Зона запаривания с автоклавами оснащена автоматическим управлением для достижения оптимального качества продукции

дусмотреть последующее расширение для обратной подачи возникающего производственного брака в технологический процесс.

Например, на различных заводах при производстве продукции плотностью, например 500 кг/м^3 , используется ок. 5 массовых долей в % измельченного газобетонного материала. Благодаря подобной оптимизации использования сырьевых материалов удается уменьшить расход песка и вяжущего. Экономическим преимуществом данного режима использования сырьевых материалов и измельченного газобетона является быстрое сокращение производственных расходов.

Концепция расширения для производства армированных изделий

Расширение линии «ВАРИО БЛОК» начинается с зоны подготовки стальных арматурных каркасов. Для выполнения местных требований по статическим нагрузкам зданий в газобетонные изделия помещаются арматурные каркасы. Стальные арматурные каркасы могут быть изготовлены непосредственно на заводе по производству газобетонных изделий, однако закупка уже собранных стальных арматурных каркасов может стать решением, более выгодным с экономической точки зрения.



Рис. 9. Схема расширения технологической линии «ВАРИО БЛОК» для производства армированных газобетонных изделий

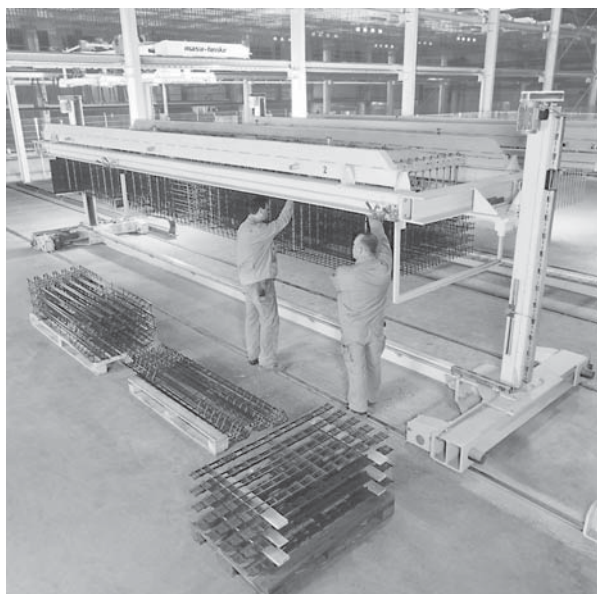


Рис. 10. Подготовка рам армирования со стальными каркасами осуществляется вручную на специальном рабочем участке. Точное фиксирование каркасов на иглах особенно важно для последующего производственного процесса

В зоне подготовки рулонная проволока при помощи специальной машины распрямляется в автоматическом режиме и нарезается на стержни необходимой длины. Далее в автоматическом сварочном агрегате производятся индивидуальные матрицы (сетки) для различных видов армирования.

Третий этап обработки осуществляется в специальном устройстве для производства арматурных каркасов. Полуавтоматический процесс сварки обеспечивает экономическую эффективность производственного процесса.

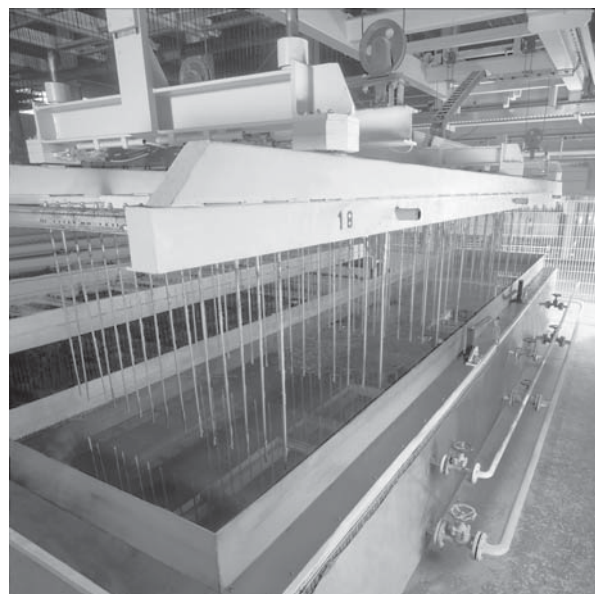


Рис. 11. Перед каждым применением производится обработка игл защитным воском для упрощения их последующего извлечения из массива по окончании процесса ферментации

Поскольку газобетон является строительным материалом с открытыми порами, дальнейшим этапом подготовки становится нанесение антикоррозионного средства на арматурный каркас. В последнее время для этой цели применяется защитный лак на водной основе, что значительно упрощает сушку, поскольку не происходит образования вредных выбросов в атмосферу. Ранее вредные выбросы необходимо было откачивать, что влекло за собой значительные расходы на вакуумные камеры.

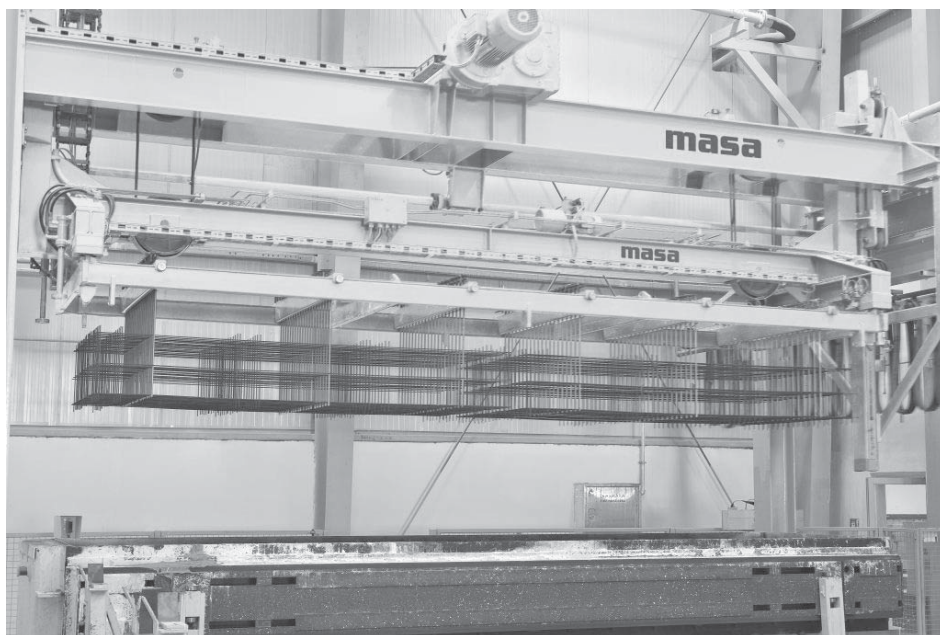


Рис. 12. Подготовленную раму со стальной арматурой погружают в газобетонную массу непосредственно после заливки формы. Точное позиционирование является залогом качества готовой продукции



Рис. 13. При помощи устройства перестановки блоков, принадлежащего к линии «ВАРИО БЛОК», армированные элементы подаются на отдельный участок упаковки

Благодаря рамам с регулируемыми фиксаторами для игл достигается точное позиционирование армокаркасов в каждой форме. Фирма «Маза» предлагает использовать специальные тележки для комплектации, которые обеспечивают эргономичность данной рабочей зоны.

Для экономически эффективного расширения общего газобетонного производства зоной армирования необходимо, чтобы доля армированных изделий, производимых на заводе с технологией «ВАРИО БЛОК», соответствовала как минимум объему одной загрузки автоклава. Поэтому размеры зоны подготовки должны быть рассчитаны на промежуточное складирование укомплектованных рам армирования, соответствующих количеству массивов в одном автоклаве.

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 в форме.

По достижению массивом прочности, необходимой для резки, рамы с фиксирующими балками и иглами извлекаются из формы при помощи того же самого крана загрузки/разгрузки. Стальной армокаркас остается зафиксированным в газобетонном массиве благодаря тому, что массив набрал 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. 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. Многие производители складывают готовые армированные изделия без использования деревянных поддонов. Изделия упаковываются для транспортировки при их поставке на стройплощадку.

От проектирования до ввода в эксплуатацию

При проектировании завода закладывается концепция будущего предприятия – как увеличение суточной производительности завода, так и расширение номенклатуры продукции планируются заранее. Так, при небольших инвестиционных затратах компания в состоянии соответствовать актуальным требованиям местного рынка строительных материалов.

Точное определение цели проекта и выбор фирмы «Маза» в качестве партнера для его реализации. Эти два фактора обуславливают экономическую рентабельность и успешность наших клиентов, эксплуатирующих линии «ВАРИО БЛОК» во многих странах мира.

Международные проекты фирмы «Маза»

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



Рис. 14. Готовые армированные элементы (внутренние перегородки этажной высоты) – по пути на склад

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.

Оборудование, производимое фирмой “Маза ГмбХ”:

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

Силикатный кирпич: дополнительный продукт к газобетону

Фирма “Маза ГмбХ” (бренд “Маза-Дорстнер”) – 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 систему”, 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 требуемого 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, HDP 1200 Jumbo, которые обеспечивают экономически выгодное производство изделий различных размеров: от мелкоформатного силикатного кирпича до крупноформатных элементов (длина 1.000 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.

Masa GmbH
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

Вишневский А.А., Гринфельд Г.И., Смирнова А.С.,
Национальная Ассоциация производителей
автоклавного газобетона, Россия

Темпы строительства жилья в Российской Федерации постоянно возрастают. По данным Федеральной службы государственной статистики (ФСГС) в 2013 г. объем ввода жилья в России составил 69,4 млн м², что на 5,5% выше показателя 2012 г. В отчетный период было построено 912,1 тыс. новых квартир, что на 10,3% больше, чем в 2012 г. Начиная с 2000 г. в России наблюдается устойчивая тенденция увеличения объемов строительства жилья (за исключением посткризисных 2009–2010 гг.), при этом максимальный показатель – 72,2 млн м², зафиксированный в РСФСР в 1988 г., так и не был достигнут (рис. 1). Чтобы превысить показатель 1988 г. необходимо обеспечить средний показатель роста ввода жилья на уровне 6%. По данным ФСГС в 1 квартале 2014 г. в России было введено 13,6 млн м² жилья, что на 31% превышает аналогичный показатель первого квартала 2013 г. Таким образом, в 2014 г. в России сохраняются шансы достижения максимального показателя по вводу жилья.

Бурное развитие строительной отрасли подстегнуло стремительное развитие строитель-

ной индустрии. Главным трендом стройиндустрии в последние годы стало появление современных (главным образом, импортных) технологических комплексов, позволяющих существенно расширить номенклатуру выпускаемых строительных материалов и значительно улучшить их качество (как с точки зрения внешнего вида, так и основных свойств).

Одним из наиболее активно развивающихся секторов отрасли строительных материалов в России стало производство автоклавного газобетона (АГБ). В последние годы в данном направлении в большом количестве вводятся в эксплуатацию новые заводы, модернизируются существующие производства, увеличиваются объемы выпуска, улучшаются свойства и повышается эффективность производимой продукции. Как результат, популярность АГБ возрастает, что сказывается на увеличении объемов его использования в строительстве. Согласно официальной статистике (рис. 2), в 2013 г. ячеистый бетон стал основным стеновым материалом в России. Объемы его производства чуть превысили объемы изготовления керамических стеновых материалов.

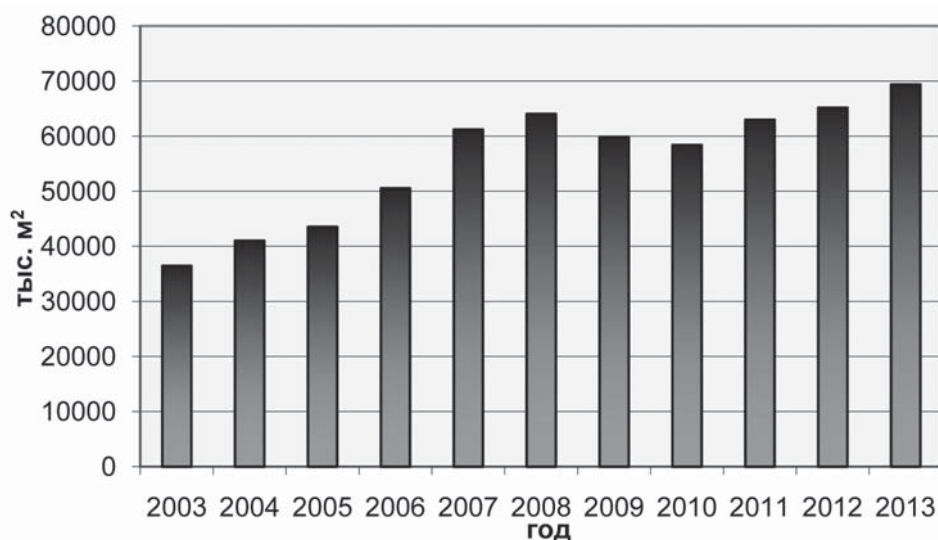


Рис. 1 Ввод жилья в России (данные ФСГС)



Рис. 2. Доли различных стеновых материалов на строительном рынке РФ в 2013 г. (по данным ФСГС)

По данным Национальной Ассоциации производителей автоклавного газобетона (НААГ) в 2013 г. в России существовало 70 заводов по производству АГБ с общей установленной мощностью 15 455 300 м³/год [1]. Главным образом эти мощности были представлены импортными технологическими комплексами (82,2%), поставленными в Россию в последние 10 лет.

Мощности по производству АГБ в России увеличивались на протяжении всех последних

лет (рис. 3). Пик ввода мощностей был зафиксирован в 2012 г., когда было сдано в эксплуатацию 6 заводов с общей производительностью 1 939 000 м³/год [2]. В 2013 г. запуск новых производств несколько замедлился, но это не следует рассматривать как тенденцию, связанную с насыщением рынка. Согласно озвученным планам, ввод мощностей по выпуску АГБ в последующие 3–5 лет продолжится.

В 2013 г. в России было произведено 11 291 810, 529 м³ изделий из АГБ, выпуск которых в сравнении с прошлым годом увеличился на 13,8%. По общему объему произведенного АГБ можно оценить объем внутрироссийского потребления данного материала, приняв во внимание тот факт, что российский газобетон практически не поставляется на экспорт. Но в то же время импорт изделий из АГБ, главным образом, из Беларуси остается достаточно высоким. По данным Секретариата межправительственного совета по сотрудничеству в строительной деятельности стран СНГ, экспорт газобетона из Республики Беларусь в Россию в 2013 г. составил 1,2 млн м³, в том числе в Центральный и Северо-Западный регионы – по 500 тыс. м³. В этой связи общее потребление изделий из АГБ в России в 2013 г. можно оценить на уровне 12,5 млн м³.

В России в подавляющем количестве выпускают мелкие стеновые блоки. На долю арми-

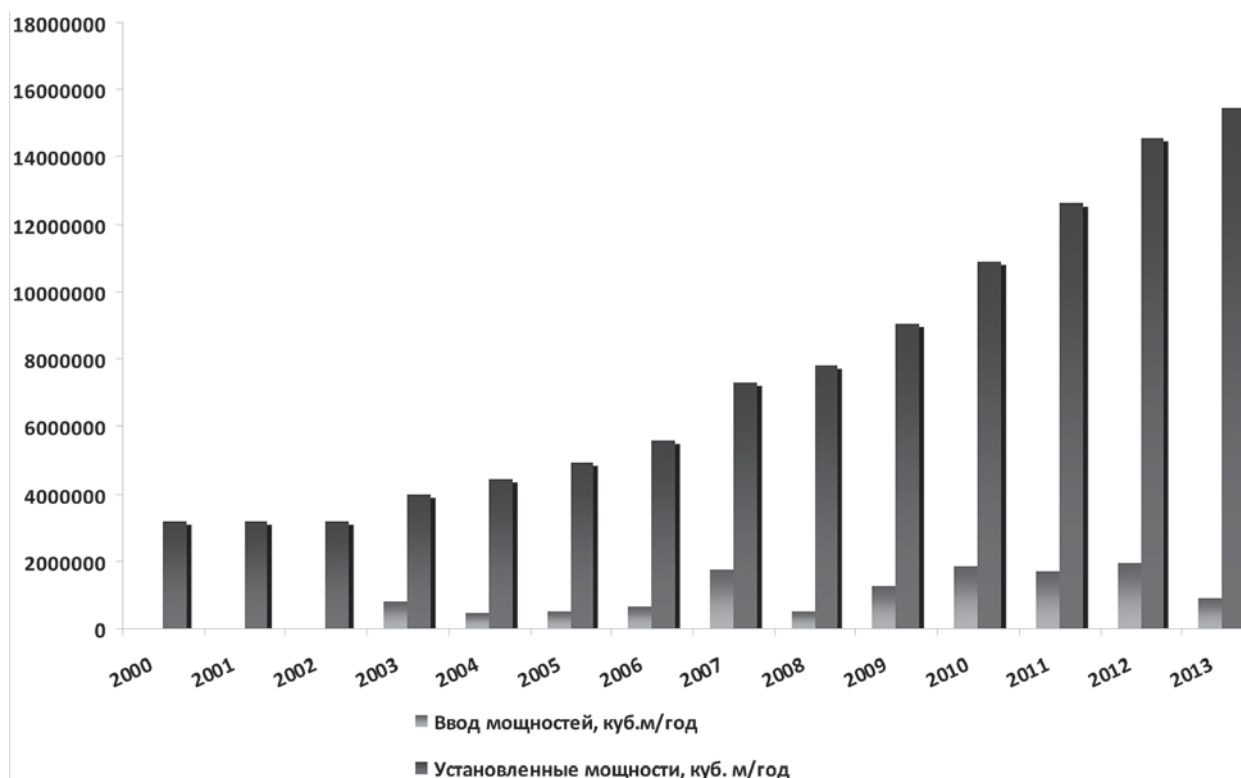


Рис. 3. Ввод мощностей по производству АГБ в России

рованных изделий (перемычки, плиты, панели) по результатам 2013 г. приходится лишь 0,67% от общего выпуска АГБ [1]. В прошедшем году отмечено снижение доли выпуска стеновых панелей из АГБ для крупнопанельных домов (до настоящего времени сохранилось три предприятия, выпускающих домокомплекты различных серий с использованием АГБ). При этом доля производства армированных перемычек и плит перекрытия незначительно увеличилась.

Согласно исследованиям НААГ, в 2013 г изделия из АГБ выпускались с плотностью 200–800 кг/м³. Основной объем газобетона (90%) представлен марками D500 и D600. Доля теплоэффективного АГБ марки D400 составляет 8,8% от общего выпуска. Уже больше половины российских заводов (35) предлагают своим клиентам продукцию с плотностью 400 кг/м³.

На заводах с импортными линиями выпускаются более легкие изделия, чем на предприятиях с отечественным оборудованием (рис. 4). Это связано с тем, что импортные комплексы предоставляют большую возможность для выпуска изделий пониженной плотности (за счет точной дозировки компонентов, интенсивного смешивания, наличия закрытых зон твердения, автоклавирования при повышенном давлении и др.).

Усредненный показатель плотности всего газобетона, выпущенного в России в 2013 г., составляет 518,4 кг/м³. В 2012 г. данный показатель составлял 520,6 кг/м³ [2], а на момент распада СССР изделия из АГБ выпускались со средней плотностью 643 кг/м³ [3]. Таким образом, направленность рынка в сторону снижения плотности производимого АГБ с целью повышения его теплоэффективности и сокращения цены сохраняется и в настоящее время.

Если сравнивать данные о производстве АГБ в России с данными ближайших соседей (табл. 1), то можно отметить, что Россия является лидером как по числу заводов, производящих АГБ, так и по объемам выпуска. При этом по показателю “выпуск АГБ на душу населения” первое место прочно удерживает

Таблица 1
Выпуск АГБ в бывших республиках СССР

Страна	Число заводов, выпускающих АГБ	Объем производства АГБ, м ³	Производство АГБ на душу населения, м ³ /чел
Россия	70	11 291 810, 5	0,079
Беларусь	15	3 000 000	0,317
Украина	13	2 420 000	0,053
Казахстан	9	780 000	0,045

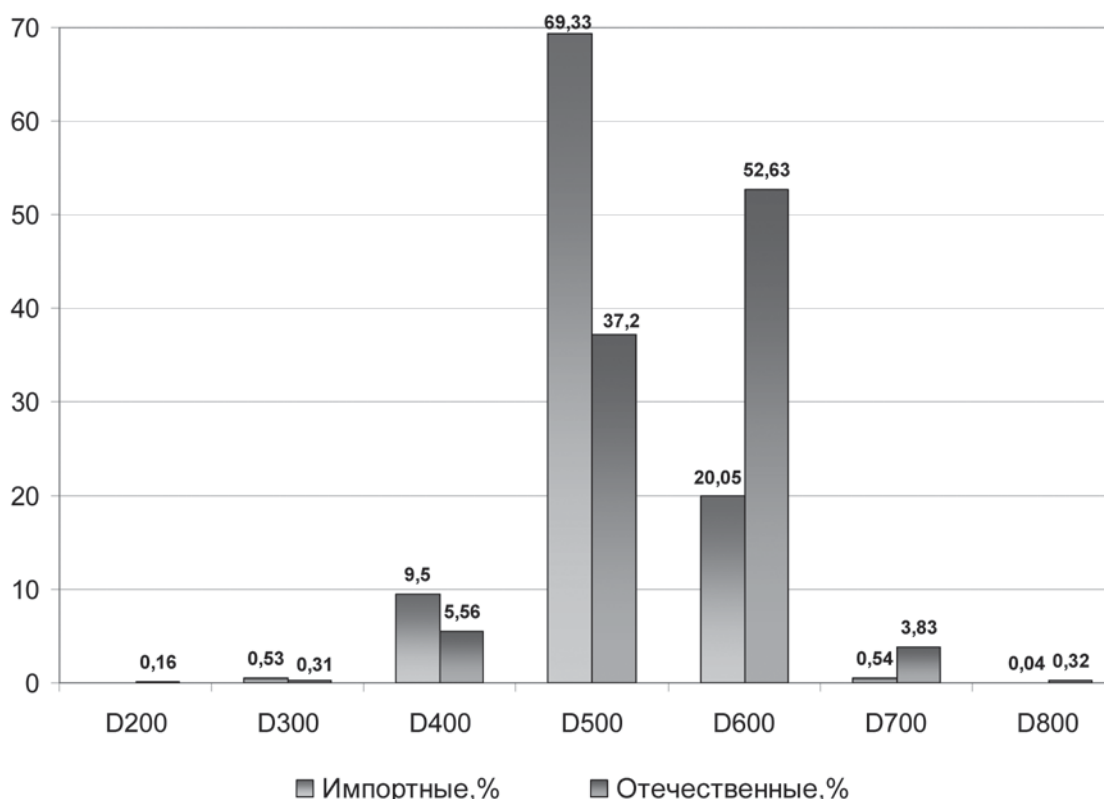


Рис. 4. Плотность выпускаемых изделий в зависимости от технологических линий

Таблица 2

Оценка потребления газобетона в России и Беларуси

Страна	Объем выпуска АГБ, млн м ³	Потребление АГБ с учетом экспорта-импорта, млн м ³	Ввод жилья в 2013 г., млн м ²	Потребление АГБ на душу населения, м ³ /чел	Потребление АГБ к построенному жилью, м ³ /м ²
Россия	11,3	12,5	69,4	0,088	0,18
Беларусь	3,0	1,8	5,27	0,190	0,34

Беларусь – 0,317 м³/чел. Совокупный объем производства четырех бывших республик СССР составил 17,5 млн м³. Даже если учесть выпуск в прибалтийских странах (300–500 тыс. м³), совокупный объем произведенного АГБ будет существенно ниже плана (40–45 млн м³), поставленного Госстроем СССР для реализации жилищной программы 1987 г. [4].

Что касается данных по потреблению АГБ, то их целесообразно сравнить с учетом импорта-экспорта АГБ. В табл. 2. приведены сравнительные данные по потреблению газобетона в России и Беларуси. Из представленных данных видно, что объем потребления АГБ на душу населения в Беларуси в 2 раза выше, чем в России. Это говорит о высокой популярности материала и его широком применении. Об этом же свидетельствует показатель вовлеченности АГБ в строительство, который оценивался по отношению потребления АГБ к введенному жилью. Доля использования газо-

бетона в построенных в 2013 г. жилых зданиях в Беларуси была также в 2 раза выше, чем в России. Другими словами, Беларусь продолжает сохранять лидерство по использованию газобетона как на постсоветском пространстве, так и в Европе. А у России есть значительный потенциал для дальнейшего роста

Литература

1. Вишневский, А.А., Гринфельд, Г.И., Смирнова, А.С. Итоги работы предприятий по производству автоклавного ячеистого бетона в 2013 г. // Технологии бетонов. – 2014. – № 4. – С. 44–47.
2. Вишневский, А.А., Гринфельд, Г.И., Куликова, Н.О. Анализ рынка автоклавного газобетона России // Строительные материалы. – 2013. – № 7. – С. 40–44.
3. Коровкевич, В.В., Пинскер, В.А. и др. Малоэтажные дома из ячеистых бетонов. Рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации. – Ленинград, ЛенЗНИИЭП, 1989. – 284 с.
4. Граник, Ю.Г. Ячеистый бетон в жилищно-гражданском строительстве // Строительные материалы. – 2003. – № 3. – С. 2–6.

Применение стержневой неметаллической композитной арматуры для армирования ячеистобетонных изделий автоклавного твердения

Лаповская С.Д., д.т.н., зам. директора по научной работе
Государственное предприятие “Украинский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт строительных материалов и изделий “НИИСМИ”
(Украина, Киев)

АННОТАЦИЯ

В статье проанализирована перспективность применения стержневой неметаллической композитной арматуры для изготовления армированных конструкций из ячеистого бетона автоклавного твердения.

ABSTRACT: The article analyzes the prospects of application of non-metallic composite reinforcement rod for the manufacture of reinforced concrete structures of aerated autoclaved.

Как известно, строительная промышленность является стратегически важной для экономики отраслью как в локальном, так и в глобальном масштабе. Например, в ЕС эта отрасль является крупнейшим отраслевым работодателем, обеспечивающим работой более 15 млн человек и приносящим около 500 млрд евро ВВП ежегодно [1].

В странах ЕС на жилые дома приходится около 40% от общего потребления энергии. Для достижения цели Киотского протокола по сокращению выбросов парниковых газов необходимо сконцентрироваться на строительном секторе как одном из наиболее энергоемких. С этой целью Европейской комиссией в 2011 г. разработано Руководство по устойчивому строительству и принят “План по повышению энергоэффективности”, в которых жилые здания определены как сектор с наибольшим потенциалом для экономии энергии. Европейская директива по энергетической эффективности зданий (EPBD) требует для жилых домов максимального снижения потребления первичных энергоносителей и перехода на возобновляемые источники энергии. Однако в умеренных и холодных климатических зонах чаще наблюдается дефицит возобновляемых источни-

ков энергии. Т.е. потребление первичной энергии должно быть минимальным, а необходимое для функционирования дома количество энергии должно производиться (солнечные батареи, энергия ветра и т.д.) или на месте, или максимально близко к дому [2–4].

Это неотвратимо ставит вопрос о роли традиционных методов строительства и традиционных материалов, таких как автоклавный ячеистый бетон (АЯБ), который обеспечивает структурную прочность и теплоизоляцию. Последние данные по международным исследованиям АЯБ, в том числе таких его свойств, как экологичность, огнестойкость, возможность повторного использования и переработки, а также удельные расходы ресурсов и энергоэффективность, свидетельствуют о перспективности применения этого прогрессивного строительного материала для удовлетворения цели ЕС по стандартам “приближенного к нулевому потреблению энергии” для всех новых зданий в 2020 году [5–9].

Ячеистый бетон – достаточно прочный, легкий и простой строительный материал, который может быть использован для устройства наружных ограждающих конструкций и внутренних перегородок. АЯБ требует незначи-

тельного количества энергии в процессе производства и позволяет значительно экономить энергию в течение жизненного цикла здания. Кроме того, в перспективе отходы после утилизации зданий из ячеистого бетона могут быть повторно использованы или переработаны. Экономичные энергоэффективные наружные стены из АЯБ позволяют достичь широкого диапазона величин термического сопротивления как в многослойном, так и однослойном выполнении ограждающих конструкций.

Перспективность применения ячеистого бетона при возведении энергоэффективных зданий подтверждается реализацией проектов жилых домов, разработанных в Великобритании на выполнение Code for Sustainable Homes [2–3] и проектов жилых домов, разработанных исследовательским центром концерна Xella [8].

Как известно, одним из способов повышения термической однородности ограждающих конструкций является уменьшение количества швов. Для отечественных производителей ячеистого бетона это означает увеличение доли выпуска армированных изделий (крупно-размерных блоков, стеновых панелей, плит покрытий и т.д.).

Традиционно для армирования ячеистобетонных панелей и плит используется конструктивная и рабочая металлическая арматура (проволочная класса Вр-I или стержневая классов А-I и А-III).

Металлическая арматура, применяемая для армирования ячеистобетонных конструкций, должна быть защищена от коррозии с помощью специальных покрытий, т. к. высокая пористость и паропроницаемость ячеистобетонной матрицы, а также более низкий по сравнению с тяжелым бетоном уровень pH способствует развитию коррозионных процессов в арматуре.

Для покрытия арматурных стержней и каркасов, как правило, применяют различные мастики на битумной основе, цементно-ла텍сные эмульсии и др. композиции, которые имеют высокую адгезию к арматурной стали, стойкость в условиях автоклавной обработки и достаточную деформативность, исключая образование трещин в покрытии при деформации арматуры.

В Украине проектирование армированных ячеистобетонных конструкций выполняют по СНиП 2.03.01–84 «Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из ячеистых бетонов»; при производстве ар-

мированных конструкций руководствуются рекомендациями СН 277–80. Оба этих документа разработаны с учетом уровня развития промышленности 90-х годов XX века.

В последнее время в мире при производстве армированных бетонов все более широкое применение находят композиционные материалы и технологии. На строительном рынке широко распространяется новый армирующий элемент – высокопрочная неметаллическая арматура из композитных материалов.

Стержневая неметаллическая композитная арматура (НКА) выпускается периодического профиля из стеклянного или базальтового ровинга, пропитанного химически стойким полимером. Для пропитки используется термореактивное вяжущее на основе синтетических (полиэфирных или эпоксидных) смол.

Металлическая арматура в составе ячеистобетонных изделий и конструкций является одним из наиболее ответственных и уязвимых элементов. При недостаточной толщине и сплошности защитного покрытия арматура корродирует под воздействием влаги и щелочной среды ячеистого бетона, что уменьшает срок эксплуатации, требует проведения внеочередных ремонтов и приводит к разрушению железобетонных изделий и конструкций. Одним из способов повышения сроков эксплуатации железобетонных конструкций является увеличение сечения арматуры, что приводит к повышенному ее расходу.

Металлическая арматура вследствие высокой теплопроводности при недостаточной толщине защитного слоя часто становится мостиком холода, снижающим термическое сопротивление ограждающих конструкций. При избыточном увлажнении армированной ячеистобетонной конструкции в холодный период года может наблюдаться образование льда вокруг арматурных стержней, что также приводит к преждевременному разрушению конструкции.

Применение неметаллической композиционной арматуры для производства армированных ячеистобетонных конструкций является актуальным и перспективным направлением.

Технические характеристики позволяют применять базальтопластиковую и стеклопластиковую арматуру в промышленно-гражданском и дорожном строительстве в бетонных конструкциях зданий и сооружений различного назначения, для усиления мостов, в ограждающих конструкциях, в том числе подвергаемых в процессе эксплуатации действию общей коррозии и агрессивных сред, работающих при

систематических воздействиях температур не выше (+100) °С и не ниже (-70) °С. При этом бетонные конструкции могут быть из тяжелого, мелкозернистого, легкого, неавтоклавного ячеистого и поризованного бетонов, а также из напрягающего бетона.

Применение НКА при производстве строительных конструкций позволяет снизить их стоимость и повысить долговечность, при этом по удельным прочностным показателям базальтопластиковая арматура существенно превосходит традиционную арматуру (табл. 1). По результатам длительных исследований НИИЖБ долговечность строительных конструкций с использованием НКА превышает 100 лет, что обусловлено высокой химической стойкостью арматуры к большинству известных агрессивных сред – газовая среда повышенных концентраций, хлористые соли, калийные соли, сульфатная среда, морская вода и т.д.

Технические преимущества применения НКА: небольшой удельный вес, коррозионная, химическая и биологическая стойкость, низкая теплопроводность, сопоставимый с бетонной матрицей коэффициент линейного теплового расширения способствуют повышению эксплуатационной надежности и долговечности конструкций и изделий. Экономические преимущества применения НКА для армирования бетонных конструкций: увеличение межремонтного периода для конструкций, уменьшение расходов на содержание и ремонт, увеличение срока службы конструкций в 2–3 ра-

за, возможность проведения монтажных и регламентных работ без использования специальных грузоподъемных механизмов и техники, уменьшение расходов на транспортировку конструкций и их элементов на место монтажа за счет меньшего веса.

В Украине применение НКА для армирования железобетонных конструкций на основе тяжелого и легкого бетона регламентируется ДСТУ Б В.2.6–145:2012.

В соответствии с этим документом НКА рекомендуется применять в качестве продольной рабочей арматуры растянутой зоны изгибаемых, внецентренно сжатых и растянутых элементов, а также поперечной арматуры, устанавливаемой по конструктивным требованиям. НКА отнесена к IV группе арматурных сталей, предельная ширина раскрытия трещин не должна превышать 0,4 мм.

Вопрос применения НКА при производстве армированных конструкций из ячеистых бетонов автоклавного твердения в настоящее время изучен недостаточно.

В большинстве случаев ячеистые бетоны автоклавного твердения производятся при температуре среды 186–200 °С, при этом температура ячеистобетонного массива превышает 100 °С. В соответствии со строительными нормами температура применения НКА ограничена 100 °С, т. к. при более высоких температурах возможно разрушение полимерного покрытия арматурных стержней и потеря их жесткости. При этом рабочая температура базальтового волокна достигает 600 °С.

Таблица 1

Сравнительные характеристики металлической и композитной арматуры

Характеристики	Металлическая арматура класса А-Ш (А400С) ГОСТ 5781-82	Неметаллическая композитная арматура	
		стекло-пластиковая	базальто-пластиковая
Материал	Сталь 35ГС, 25Г2С	стеклянные волокна диам. 13–16 мкм	базальтовые волокна диам. 10–16 мкм
Временное сопротивление при растяжении, МПа	360	1200	1300
Модуль упругости, МПа	200000	55000	71000
Относительное удлинение, %	25	2,2	2,2
Плотность, т/м ³	7	1,9	1,9
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	50,2-54,4 при температуре 100 °С	0,036	0,031 -0,038
Удельное электрическое сопротивление, Ом·м	0,103-0,137	1х10 ¹²	1х10 ¹¹
Коэффициент линейного теплового расширения при температуре 20 °С, 1/°С	(11,9-12,8)х10 ⁻⁶	6,5х10 ⁻⁶	9х10 ⁻⁶

Таким образом, для НКА возможно расширить диапазон рабочих температур при условии использования более термостойкого покрытия.

Институт НИИСМИ совместно с НИИВМ им. В.Д. Глуховского КНУСА в настоящее время разрабатывает защитное покрытие на основе геоцемента для стержневой базальтовой арматуры, которую предполагается использовать при производстве армированных конструкций из ячеистого бетона автоклавного твердения.

Отличительной особенностью искусственного камня на основе геоцементов является то, что основными структурообразующими фазами являются минералы, подобные природным неорганическим полимерам каркасной структуры (типа цеолитов и фельдшпаттоидов), а дополнительными – низкоосновные гидросиликаты и гидроалюминаты кальция и магния слоистой структуры. Разработанная в НИИВМ технология направленного синтеза цеолитоподобных новообразований в составе продуктов твердения геоцементов предусматривает получение на начальном этапе цементирующей фазы в аморфизованном высокодисперсном состоянии, в котором щелочные соединения прочно связаны в водонерастворимые алюмосиликатные комплексы. В процессе отверждения в условиях обычных температур и давлений эти комплексы проявляют полимерные свойства и высокую адгезию к различным материалам [10–13]. Вещественный состав цеолитоподобных продуктов, в которых щелочь прочно связана в химических соединениях, описывается формулой $[Me ((SiO_2)_z AlO_2)_n] \cdot mH_2O$, где $z = 1, 2, 3$; Me – катион K^+ или Na^+ ; n – степень поликонденсации.

Отличительной особенностью геоцементов со структурной формулой $Na_2O (K_2O) \cdot Al_2O_3 \cdot mSiO_2 \cdot nH_2O$ является то, что, изменяя соотношение основных оксидов SiO_2 / Al_2O_3 , $Na_2O (K_2O) / Al_2O_3$, варьируя количество молекул воды, вводя добавки-модификаторы как неорганического, так и органического типа, можно получать материалы с различными свойствами, высокой долговечностью и областями использования.

Нами разработана базовая двухкомпонентная геоцементная защитная композиция (ГЗК). Сухой и жидкий компоненты смешивались ручным смесителем до однородной массы. Полученную геоцементную дисперсию наносили на поверхность базальтовой арматуры вручную с помощью кисти.

Отверждение арматурных стержней с геоцементным покрытием производили в воздушном потоке, нагретом до температуры $60^\circ C$ в течение 20–30 мин.

Контроль качества геоцементного покрытия производили следующим образом:

- технологическая вязкость – по вискозиметру Суттарда;
- толщина покрытия после нанесения и его отверждения на арматуре – с помощью магнитного толщиномера;
- адгезия покрытия к базальтовой арматуре – методом нормального силового отрыва.

На предварительном этапе исследований было принято решение изучить взаимодействие полученного геоцементного покрытия с сырьевыми смесями, не содержащими газообразователя. Растворную смесь готовили из цемента, извести, молотого песка, гипса и воды при соотношении компонентов, принятом для конструкционно-теплоизоляционного ячеистого бетона марки по средней плотности D500. В/Т отношение составляло 0,45.

Подготовленные отрезки НКА помещали в металлические формы-балочки $40 \times 40 \times 160$ мм, которые заполнялись растворной смесью. После схватывания смеси и набора достаточной прочности образцы извлекались из форм и подвергались автоклавной обработке в лабораторном автоклаве при температуре $190^\circ C$ и давлении 1,2 МПа по режиму $2 + 8 + 2$ ч.

На следующем этапе исследований сырьевая смесь содержала газообразователь (алюминиевая пудра). В/Т отношение составляло 0,65.

Целью экспериментальных исследований является определение следующих параметров полученных образцов армированного плотного силикатного бетона и ячеистого бетона:

- исследование контактных зон между ГЗК и плотным силикатным бетоном, ГЗК и ячеистым бетоном, ГЗК и НКА (электронная микроскопия, исследование новообразований);
- исследование параметров сцепления НКА, покрытой ГЗК с ячеистобетонной матрицей и сопоставление полученных данных с требованиями к традиционной стальной арматуре;
- исследование прочностных и эксплуатационных характеристик образцов армированного ячеистого бетона.

Выводы

Стабильное строительство является проблемой, которая требует совместных усилий со стороны исследователей, производителей строительной продукции, строителей, архитекторов, разработчиков и даже политиков, а также от граждан независимо от того, являются ли они строителями, владельцами квартир или их арендаторами. В последней версии Европейской Директивы по энергоэффективности зданий призывают до конца 2020 года строить все новые здания с приближенным до нуля потреблением энергии. Термин “ноль” до сих пор не был четко определен, но ожидается, что “нулевой уровень” будет сосредоточен на потреблении зданием первичной энергии.

Строительная отрасль сталкивается с огромным количеством изменений с точки зрения будущего строительства. Даже если большая часть сохранения первичной энергии происходит от использования возобновляемых источников энергии, главным местом для снижения потребления энергии всегда были отопление и вентиляция здания, которые находятся под воздействием энергетической эффективности оболочки здания.

Наружные ограждающие конструкции из АЯБ имеют достаточную прочность и долговечность, они негорючие и могут быть использованы для достижения высоких уровней энергосбережения в жилищном строительстве. В монолитном исполнении АЯБ является высокоэффективной основой для домов с приближенным к нулю потреблением энергии. Дома будущего будут более инженерными. Но влияние ограждающих конструкций зданий не будет автоматически аннулировано. Хорошо изолированные и герметичные оболочки необходимы для достижения отрицательного энергетического баланса в доме. Таким образом, даже в эпоху низкого энергопотребления отдельно или в сочетании с новыми композиционными материалами автоклавный ячеистый бетон как материал с высоким потенциалом развития, будет предлагать решения проблем, связанных с повышенными требованиями по энергоэффективности наружных ограждающих конструкций.

Литература

1. European Union's policy and regulatory perspectives on sustainable construction /Vicente Leoz-Argüelles / 5th International Conference on AAC “Securing a sustainable future”. Poland, Bydgoszcz, September 14–17, 2011, UTLS.
2. Promoting AAC solutions for sustainable construction challenges in Europe /Jos Cox/5th International Conference on AAC “Securing a sustainable future”. Poland, Bydgoszcz, September 14–17, 2011, UTLS.
3. Designing with AAC to achieve sustainable houses / Cliff Fudge/5th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete “Securing a sustainable future”. Poland, Bydgoszcz, September 14–17, 2011, UTLS.
4. www.zerocarbonhomes.org website of the Zero Carbon Hub, Milton Keynes.
5. Department for Communities and Local Government, 2006. Code for Sustainable Homes-A step-change in sustainable home building practice, www.communities.gov.uk, London.
6. Department for Communities and Local Government, 2010. Code for Sustainable Homes-Technical Guide, www.communities.gov.uk, London.
7. www.passivhaus.org.uk, website of the BRE, Watford.
8. Construction of a nearly-zero energy house with AAC under different European climate conditions / Torsten Schoch /5th International Conference on AAC “Securing a sustainable future”. Poland, Bydgoszcz, September 14–17, 2011, UTLS.
9. Towards nearly zero-energy buildings. Definition of common principles under the EPBD. Final report – Executive Summary ec.europa.eu.
10. Щелочные и щелочно-щелочноземельные гидравлические вяжущие и бетоны / [под общ. ред. проф. В.Д. Глуховского]. – К.: Вища школа, 1979. – 232 с.
11. Скурчинская, Ж.В. Синтез аналогов природных минералов с целью получения искусственного камня: автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.23.05 “Строительные материалы и изделия” / Ж.В. Скурчинская. – Львов, 1973. – 24 с.
12. Гузий, С.Г. Щелочные алюмосиликатные вяжущие композиции на основе глинозема: основы синтеза, технологии получения и применения: Доклад 9.2 [Электронный ресурс] / С.Г. Гузий // Высокотемпературные материалы и технологии в XXI веке: научно_практ. конференция (Москва, 12–13 ноября 2008 г.) – М., РХТУ им. Д.И. Менделеева.
13. Исследование фазового состава продуктов твердения щелочных алюмосиликатных связывающих агентов на коррозионную стойкость минералоподобного искусственного камня / П.В. Кривенко, Ж.В., О.М. Скурчинская Петропавловский [та ін.] // Химическая промышленность Украины. – 1998. – № 4. – С. 66–71.

Автоматизированный комплекс для определения основных характеристик алюминиевых газообразователей

Баженов И.В., начальник научно-исследовательской лаборатории
ООО «НСК-ТЕК» (Россия, Екатеринбург)

Основными характеристиками, определяющими качество газообразователей, являются гранулометрический состав, кинетика газовыделения и массовая доля активного алюминия. Для определения гранулометрического состава имеются методики и оборудование, позволяющие точно оценить состав продукта по размерам частиц, но, как показала практика нашей работы, контроль данных параметров газобетонными предприятиями-потребителями не проводится. Для контроля двух других характеристик газообразователей в настоящее время не существует единой технической совершенной и промышленно используемой методики и аппаратуры.

Поэтому производители газобетона применяют для определения показателей качества газообразователей различные способы исследований, введенные еще в 1980–1990 гг. прошлого столетия, а зачастую вообще не осуществляют входной контроль, полностью доверяя паспортным характеристикам, предоставленным поставщиком. Отсутствие единой отраслевой методики контроля кинетики газовыделения и определения активности алюминия препятствует сравнительному анализу данных, полученных в разных лабораториях, а также затрудняет подбор газообразователей адаптированных под особенности конкретного производства газобетона.

На сегодняшний день существует несколько способов определения массовой доли активного алюминия и контроля кинетики выделения водорода, основанных на газоволюметрическом методе измерений. Данные методики реализуются с помощью установок, состоящих обычно из набора сообщенных между собой стеклянных колб и бюреток и имеющих целый ряд существенных недостатков:

- все операции по подготовке и проведению измерений проводятся вручную;
- отсутствует надежный контроль герметичности системы во время проведения работ;
- визуальная фиксация результатов и ручной режим заполнения рабочего журнала;



- низкая надежность установок из-за наличия стеклянных изделий.

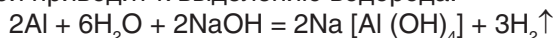
Указанные недостатки, присущие газоволюметрическому методу измерений, обуславливают трудоемкость, низкую технологичность выполняемых исследований и приводят к возникновению дополнительных погрешностей результатов измерений.

В 2013 году с целью автоматизации процесса измерений, повышения точности и исключения влияния «человеческого фактора» специалистами нашей компании была поставлена задача по разработке прибора, принцип работы которого основан на манометрическом методе измерений. Для решения поставленной задачи в сотрудничестве с одним из научно-производственных предприятий России, были проведены исследования, позволившие создать специализированный прибор «Кальциметр манометрический» (рис. 1).

Комплекс обеспечивает возможность одновременного исследования двух навесок газообразователя, одна из которых используется для определения активности алюминия при взаимодействии с раствором гидроксида натрия NaOH, а другая – для получения кинетической кривой газовыделения в процессе реакции с раствором известкового молока Ca(OH)₂. Прибор состоит из двух блоков –

аналитического и компрессорного. Аналитический блок служит для проведения измерений, осуществляемых в каждой из двух реакционных камер, и для управления компрессорным блоком, который обеспечивает создание избыточного давления воздуха, необходимого для контроля герметичности реакционных камер и управления поршневым дозатором. Каждая реакционная камера смонтирована над магнитной мешалкой, оснащена датчиком температуры и сообщена с индивидуальным датчиком давления. В нижней части камеры имеется резьба для ввинчивания стакана с контейнером, в который предварительно засыпают навеску образца исследуемого газообразователя. Автономное управление прибором осуществляется программой, записанной в энергонезависимую память микропроцессора, с помощью меню, содержащего набор альтернатив, которые выводятся на экран дисплея и обеспечивают диалоговый режим управления с использованием клавиатуры.

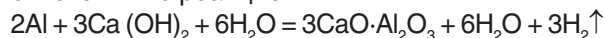
Для определения массового содержания активного алюминия контейнер с навеской газообразователя устанавливают в реакционную камеру, после чего запускается программа и осуществляется автоматическая подача водного раствора гидроокиси натрия. При поступлении в камеру раствора NaOH автоматически включается магнитная мешалка. В процессе активного перемешивания щелочь растворяет оксидную пленку на поверхности частиц алюминия, взаимодействие которого с водой приводит к выделению водорода:



По измеренным значениям давления и температуры газа в реакционной камере микропроцессор рассчитывает массовую долю активного алюминия в исследуемом образце с учетом объема реакционной камеры и параметров окружающего воздуха (значений температуры, относительной влажности и барометрического давления). Измерение давления и температуры внутри камеры осуществляется каждые 4 секунды, при этом зафиксированные значения автоматически вносятся в специальный буфер. К 4-й минуте реакция практически завершается, выключается магнитная мешалка и начинается период стабилизации давления и температуры. По истечении 45 минут – времени достаточного до приближения к термодинамическому равновесию в реакционной камере – на дисплей прибора выводится значение массовой доли активного алюминия в исследуемом образце, которое автоматически заносится в архив измерений.

При исследовании кинетики газовыделения вначале ручным дозатором осуществляют

ввод в камеру раствора известкового молока, после чего автоматически начинается контроль изменения давления в реакционной камере в процессе образования водорода в соответствии с реакцией:



Обработанные данные измерений в виде значений объема выделившегося водорода, приведенного к нормальным условиям и к массе исследуемого образца 1 г, отображаются на дисплее прибора. Вывод параметров производится в ходе реакции газообразования в моменты времени от 30-й секунды до 30-й минуты с периодичностью от 5 секунд до 1 минуты. При этом периодичность вывода данных измерений увеличивается по мере протекания химической реакции.

Все результаты измерений массовой доли активного алюминия и кинетики газовыделения автоматически заносятся в энергонезависимый архив прибора. Программное обеспечение прибора позволяет выполнять обмен данными с компьютером в реальном времени и осуществлять передачу в компьютер результатов завершённых измерений из архива прибора. При определении активности алюминия и кинетики газовыделения предусмотрена возможность визуализации не только конечных, но и промежуточных результатов измерений. Ход реакции отображается на мониторе компьютера в виде кривых давления и температуры в камере (при взаимодействии с гидроокисью натрия) и кривой объема выделенного водорода (при взаимодействии с раствором гидроокиси кальция). Для сравнения характеристик исследуемого газообразователя с продуктами других партий, марок и производителей имеется возможность наложения графиков, построенных по результатам измерений и хранящихся в архивном файле. По итогам проведенных измерений формируется и выводится на печать отчетный документ о результатах исследований любого образца в форме, удобной для пользователя.

В настоящее время опытно-промышленный образец созданного прибора проходит успешные испытания в производственных условиях нашего предприятия. Ежедневно с его помощью осуществляется входной контроль газообразователей марки «Газобетон». Опыт применения этого прибора показал хорошую сходимость результатов измерений как массовой доли активного алюминия, так и кинетики выделения водорода. Положительные результаты испытаний прибора дают все основания рассматривать его как перспективный вариант для внедрения на каждом предприятии, производящем газобетон.

Центробежно-ударные мельницы для измельчения сырьевых материалов в производстве ячеистых бетонов

Воробьев В.В., Иванов Е.Н., Таболич А.В., Шиманович П.П.,
ОАО «НПО Центр» (г. Минск)

Применительно к производству ячеистых бетонов использование центробежно-ударных мельниц возможно в операциях измельчения цемента, песка, извести.

При механическом измельчении этих материалов с помощью мельниц ударного действия происходит разрыв химических связей с образованием на поверхности частиц свободных атомных групп и радикалов. За счет этого повышается поверхностная активность частиц, создаются благоприятные условия для протекания физико-химических процессов на границе раздела фаз. Дисперсность вяжущих материалов определяет кинетику их твердения. Таким образом, меняя степень измельчения материалов, можно влиять как на технологические параметры производства вяжущих, так и на их свойства.

Образование новой поверхности обычно сопровождается возникновением электрических зарядов. По мере измельчения в шаровой

мельнице энергетические потенциалы частиц настолько возрастают, что происходит самопроизвольное их агрегирование с уменьшением удельной поверхности и увеличением комковатости исходного продукта. В результате этого большая часть энергии затрачивается не на измельчение исходного материала, а на разрушение вновь образующихся агломератов. Поэтому целесообразно вводить определенные ограничения, устанавливающие степень измельчения каждого материала в зависимости от его назначения.

Конструкция центробежно-ударных мельниц, производителем которых является ОАО «НПО Центр» (рис. 1), позволяет оперативно регулировать грансостав готовых продуктов (регулировка производится без остановки оборудования), что дает требуемую тонину помола, не допуская при этом переизмельчения материала.

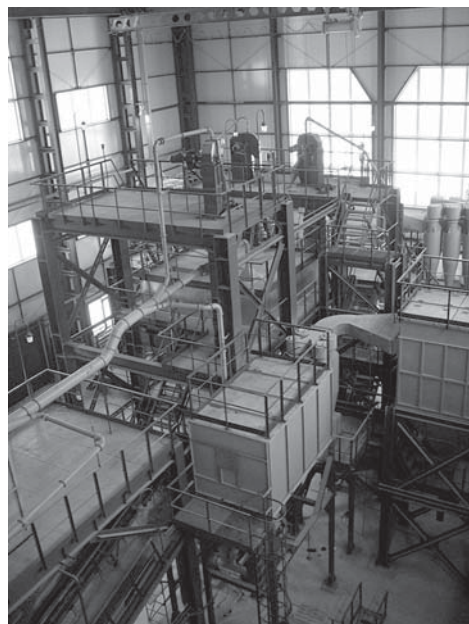
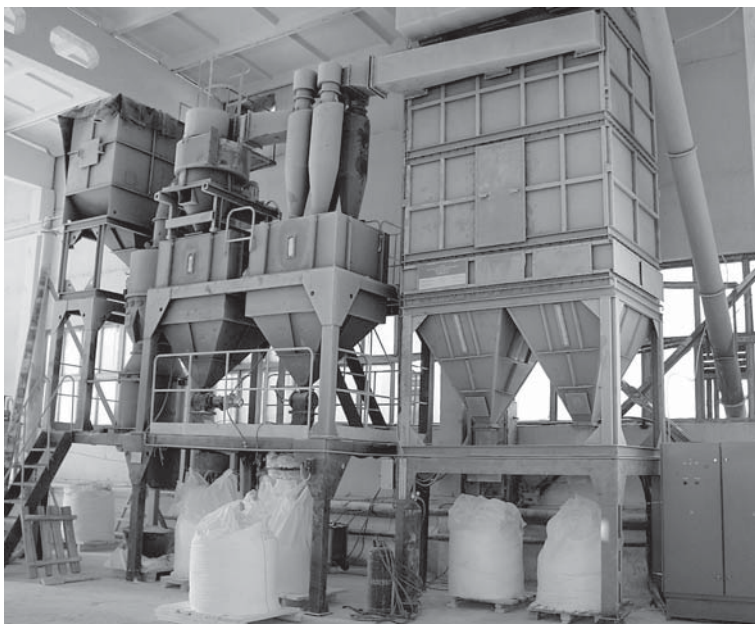


Рис. 1. Центробежно-ударные измельчительные комплексы

В основу конструкции мельниц заложен опорный узел “на воздушной подушке”, позволяющий создать самобалансирующуюся систему рабочего органа мельницы и обеспечить надежную работу оборудования при значительных дисбалансах, возникающих в процессе работы из-за их неравномерного износа и неравномерного распределения материала. Это обеспечивает им неоспоримые преимущества по сравнению как с центробежными мельницами с опорными узлами качения, так и с традиционным измельчительным оборудованием, работающим по принципу раздавливания и истирания.

Наиболее существенным преимуществом являются низкие капитальные и эксплуатационные затраты, кроме того:

- для монтажа мельниц не требуются специальные фундаменты, они устанавливаются на ровной площадке на любой отметке производственного здания;
- в конструкции обеспечены простота и удобство выполнения работ при замене футерующих элементов ускорителя за счет оригинального выполнения узлов и крепежных элементов;
- не требуется динамическая балансировка ускорителя после замены футеровочных элементов;
- центробежно-ударные мельницы устойчиво работают без вибраций при дисбалансах ускорителя, достигающих 2 кг.

В центробежно-ударной мельнице осуществляется непрерывный отвод измельченного до требуемой тонины материала и возврат крупных частиц на домол. Крупность готового продукта может легко регулироваться в процессе работы без остановки оборудования.

Опытами установлено, что при динамическом нагружении материалов возникающие напряжения вдвое больше, чем при статическом.

Средняя работа измельчения ударом составляет приблизительно 50% от работы измельчения раздавливанием, так как при ударе сила сжатия в определенном сечении возникает так быстро, что трещина образуется до установления равновесного распределения энергии, результатом чего является уменьшение количества энергии, необходимой для разрушения частицы материала.

Измельчительный комплекс состоит из установленных на единой рамной конструкции центробежно-ударной мельницы и вспомогательного оборудования, позволяющего обеспечить процесс загрузки, выгрузки, измельчения и пылеочистки в автоматизированном режиме.

В настоящее время разработаны и серийно выпускаются измельчительные комплексы различных производительностей, технические характеристики которых приведены в табл. 1.

Большой объем работ, проведенных ОАО “НПО Центр” совместно с НИИЦемент (г. Москва), НИИСМ (г. Минск), Белорусским цементным заводом и с другими предприятиями и институтами строительного профиля, подтверждают целесообразность и эффективность использования мельниц ударного принципа действия для получения молотых компонентов ячеистых бетонов.

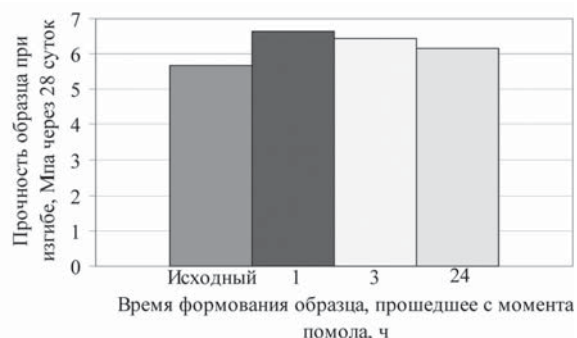
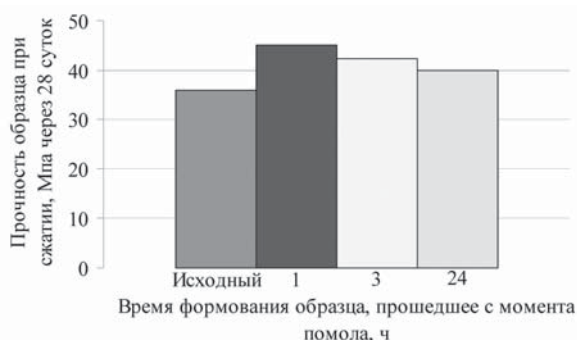
Цемент

Портландцемент, используемый при производстве ячеистых бетонов, имеет, как правило, тонкий помол: через сито № 008 должно проходить не менее 85% общей массы цемента. Следует учитывать, что при использовании в производстве лежалого цемента время перемешивания бетонной смеси увеличивают в 2–4 раза, вводят добавки-ускорители твердения или применяют активацию цемента. Отечественные изготовители, как правило, гарантируют соответствие цемента требованиям

Таблица 1

Технические характеристики измельчительных комплексов, выпускаемых ОАО “НПО Центр”

Показатели	Значение				
Обозначение	КИ-0,4	КИ-0,63	КИ-1,0	КИ-1,25	КИ-1,6
Производительность*, т/ч	0,2-0,8	0,5-3,0	1,0-5,0	3-10	8-15
Крупность питания, мм, не более	10	20	40	40	50
Крупность измельченного продукта (регулируется), мм	0,05-0,3	0,02-0,5	0,02-0,5	0,02-0,5	0,04-0,5
Габаритные размеры, м: длина x ширина x высота	2,0x1,3x3,2	10,5x4,0x8,7	10,6x7,3x7,0	14,0x7,0x8,5	14,5x7,2x8,5
Масса, т	3	16,5	21,5	19	22



стандарта в момент его получения, но не более чем через месяц после отгрузки.

Был так же проведен ряд исследований по домолу рядовых марок цемента на центробежно-ударных мельницах «НПО Центр». Определялась возможность повышения марочности вяжущего, влияние эффекта активации (повышения поверхностной активности частиц после ударно-центробежного измельчения) на свойства бетонов, производимых на их основе, а так же возможность использования лежалых цементов для производства бетонных смесей после их предварительного помола.

Исследования проводились совместно с институтом НИИСМ (г. Минск). Образцы бетона формировались из молотого цемента через 1, 3 и 24 часа после измельчения, а также из исходного цемента (до измельчения) для сопоставления параметров. После 28 суток были оценены пределы прочности при изгибе и сжатии (т. е. марочная прочность). Результаты испытаний представлены в диаграммах.

Кроме того, результаты показали, что:

- удельная поверхность вяжущего повысилась с 3029 до 3439 $\text{см}^2/\text{г}$;
- сроки схватывания обычного и активированного портландцемента практически не отличаются, домол вяжущего не влечет за собой изменение технологических режимов приготовления бетонов;
- бетон, изготовленный на доизмельченном портландцементе, твердеющий в нормаль-

но-влажностных условиях, в зависимости от времени имеет на 11–25% большую прочность при сжатии и на 8–17% – при изгибе, чем изготовленный на обычном цементе;

- пропаренный бетон имеет аналогичную закономерность в приросте прочности, как и бетон, твердеющий в нормально-влажностных условиях;
- кинетика набора прочности бетона на активированном цементе аналогична приросту прочности бетона во времени на обычном портландцементе.

Был просчитан так же и экономический эффект от применения измельчительного оборудования НПО «Центр».

Стоимость 1 т цемента марок ПЦ 400-Д20 и ПЦ 500-Д20 отличается в среднем на 12 \$.

Стоимость переработки 1 т материала на измельчительных комплексах УП «НПО «Центр» составляет порядка 4,2 \$. При часовой производительности комплекса 10 т/ч затраты на доизмельчение ПЦ 400-Д20 до марки ПЦ 500-Д20 и активацию цемента составят 42 \$, а прирост стоимости продукции 120 \$.

Таким образом, при годовом фонде рабочего времени 5000 часов прибыль от эксплуатации измельчительного комплекса составит 390 000 \$ за год.

Полученные результаты могут использоваться в производстве всех видов строительных материалов на основе цемента, в том числе и в производстве ячеистых бетонов.

Известь

Центробежно-ударное оборудование широко применяется при помоле извести.

Измельчение извести на ударных мельницах позволяет получать продукт требуемого гранулометрического состава при минимальных эксплуатационных затратах. Частицы извести обладают высокой реакционной способностью, т. к. они не ошламованы микронными фракциями.

В 2009 году на ПРУП «Белорусский цементный завод» в г. Костюковичи открыто новое производство по получению молотой извести на основе измельчительного комплекса производства НПО «Центр». Данный продукт предполагалось использовать в различных отраслях промышленности, в том числе и при производстве ячеистых бетонов.

Производится помол исходной извести крупностью до 40 мм и с температурой до 120 °С. Производительность мельницы составила 14 т/ч. Материалы, измельченные в центро-

бежной мельнице, имеют меньшее количество крупных частиц, чем при помоле в шаровой мельнице (в шаровой мельнице при более высокой удельной поверхности молотого материала количество крупной фракции извести в 10 раз больше количества крупки в продукте ударного помола). Готовый продукт полностью соответствовал требованиям ГОСТ 9179-77 и DIN-1067. Удельный расход электроэнергии на помол комовой извести в центробежной мельнице не превышает 18 кВт ч/т, время гашения извести после измельчения составило 4 мин, остаток на сите № 02 – 1%, на сите № 008 – 5,5%.

Благодаря ударному методу измельчения и использованию в мельнице воздушного классификатора продукт, получаемый в процессе измельчения, отличается узким гранулометрическим составом. На гранулометрический состав измельченного продукта не оказывает влияния износ рабочих органов мельницы. Крупность готового продукта можно регулировать в процессе работы без остановки оборудования.

На заводе ОАО «Железобетон» (г. Старая Купавна, Россия) работает измельчительный комплекс КИ-1,6 по производству извести. Производительность комплекса составляет 11 т/ч.

До использования ударно-центробежной мельницы в технологии получения ячеистого бетона остро стояла проблема разности свойств готовых изделий. Известь, получаемая в шаровых мельницах, не обладала стабильностью гранулометрического состава, что влияло на ее реакционную способность и влекло за собой необходимость частой коррекции технологии. После установки ударно-центробежной мельницы данная проблема была решена. Стабильно высокое качество получаемой извести позволило не только решить проблему «плавания» свойств готового ячеистого бетона, но и снизить эксплуатационные затраты на помол.

До замены шаровой мельницы на центробежно-ударную известь измельчалась до 80 мкм. Удельная поверхность извести при получении этой крупности на центробежно-ударной мельнице составила 10000–11000 см²/г. Это достигалось за счет развитой поверхности частиц измельченной извести, полученной за счет центробежного удара. Исследования показали, что для получения поверхности 4000 см²/г достаточно достичь крупности готового продукта всего -160 мкм. Известь с данной крупностью помола успешно используется при по-

лучении ячеистых бетонов, заменив собой известь, измельченную на шаровых мельницах.

Полученные данные полностью подтвердились и после установки измельчительного комплекса КИ-1,25 для помола извести на АО «АктобеСтройИндустрия» (г. Актобе, Казахстан). Измельчения извести до крупности -140 мкм полностью хватало для достижения требуемого качества ячеистого бетона без изменения технологических параметров производства. Производительность комплекса устанавливалась в пределах 7 т/ч.

В настоящее время на различных предприятиях эффективно работают более 50 измельчительных комплексов.

Песок

В производстве пенобетона должны использоваться только мелкие природные или молотые пески, поскольку тяжелые крупные зерна могут вызвать осадку пенобетонной массы. Технология изготовления газобетонных смесей требует помола песка.

Прочность заполнителя определяется прочностью горной породы, из которой он получен. Большое влияние на прочность и экономичность бетона оказывает чистота заполнителя. Пылевидные и особенно глинистые примеси создают на поверхности зерен заполнителя пленку, препятствующую сцеплению их с цементным камнем. В результате прочность бетона значительно понижается (иногда на 30–40%), поэтому в стандартах на заполнители указано предельно допустимое содержание в них загрязняющих примесей.

В конструкции измельчительных комплексов на основе центробежно-ударных мельниц заложен принцип непрерывного отвода готового продукта из зоны измельчения, также предусмотрена возможность отделения мелких классов вредных примесей. Это дает возможность строго регулировать гранулометрический состав готового продукта и значительно уменьшить содержание в нем примесей (песок должен содержать менее 3% примесей), именно поэтому эти комплексы с успехом используются для подготовки сырьевых компонентов для ячеистых бетонов.

В частности, в ОАО «Полоцк-Стекловолокно» (Республика Беларусь, г. Полоцк) для получения молотого песка работают два измельчительных комплекса КИ-1,25. При производительности 5 т/ч проход через сито 63 мкм готового продукта составляет 89%.

Использование сырьевых материалов с развитой структурой определенных пор способствует удержанию адсорбционной влаги, что повышает эксплуатационную влажность самого бетона. Так, использование (в значительных количествах) материалов, получаемых на центробежно-ударных мельницах, в сырьевых составах бетона приводит на стадии приготовления бетонной смеси к повышенному водозатворению (В/Т) и повышенной эксплуатационной равновесной влажности.

Постоянство гранулометрического состава измельченных продуктов и малое содержание (по сравнению с шаровым помолом) частиц крупностью менее 5 микрон позволяют повысить эффективность процесса смешивания шихтовых компонентов, что в свою очередь позволяет получать ячеистые бетоны с минимальными колебаниями свойств.

Данные исследования были полностью подтверждены после установки ударно-цен-

тробежной мельницы на ряде предприятий: ОАО «Железобетон» (Россия, г. Старая Купавна), АО «Стройиндустрия» (Казахстан, г. Актобе), ПРУП «Белорусский цементный завод» (г. Костюковичи), ОАО «Полоцк-Стекловолокно» (г. Полоцк) и др. Получаемая известь, цемент и пески имеют неизменно высокие показатели качества. Многолетняя успешная эксплуатация измельчительных комплексов на основе этих мельниц обусловлена надежностью их конструкции, защитой футеровкой всех подверженных износу элементов, высокой степенью автоматизации, простотой эксплуатации и обучения персонала работе с оборудованием.

Таким образом, использование центробежно-ударных мельниц УП «НПО «Центр» позволяет получать измельченные компоненты с различными свойствами для производства широкой гаммы ячеистых бетонов неизменно высокого качества.

Ячеистый бетон автоклавного твердения АЕРОС плотностью 150 кг/м³. Особенности производства и применения

Рудченко Д.Г., канд. техн. наук,
генеральный директор ООО «АЭРОК», Украина

В условиях возрастающей стоимости энергетических ресурсов теплоизоляция зданий и сооружений приобретает все большую актуальность. Как известно, потери через стены составляют 25–30% всех потерь тепла здания, поэтому правильное утепление фасада способствует их сокращению и, как следствие, значительной экономии энергоресурсов.

За последние десятилетия появилось немало современных энергосберегающих решений и материалов, переводящих строительную отрасль на новый уровень развития. Однако, как показывает практика, застройщики, покупатели и владельцы жилья еще недостаточно информированы о возможностях современных теплоизоляционных материалов, их особенностях и технологии применения. По этой причине строители, по большей части, остаются во власти традиционных малоэффективных подходов к утеплению, а покупатель не знает, как выбрать жилье, в котором будут уживаться три понятия: тепло, комфорт и долговечность. Учитывая это, с 2012 года компания АЕРОС в Украине при-

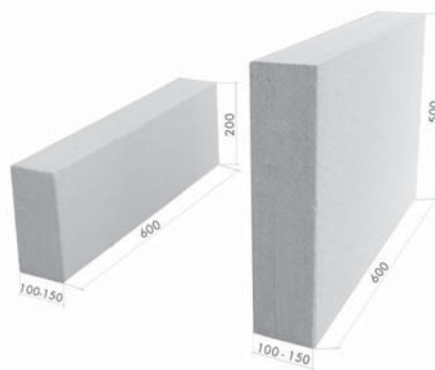
ступила к разработке технологии производства энергоэффективного утеплителя из ячеистого бетона автоклавного твердения, который по своим характеристикам не только бы не уступал широко распространенным теплоизоляционным материалам, а и превосходил их.

По результатам проведенных исследований, в 2013 году компания АЕРОС первой в Украине начала производить теплоизоляционные блоки плотностью не более 200 кг/м³ с прочностью на сжатие не менее 1 МПа и теплопроводностью $\lambda = 0,053 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$.

После года активных продаж наша компания разработала и на данный момент массово производит теплоизоляционные блоки плотностью 150 кг/м³ (рис. 1), фактическая прочность на сжатие которых не менее 0,4 МПа с теплопроводностью в сухом состоянии $\lambda = 0,05 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$. Таким образом, новое поколение теплоизоляционных блоков на 7% теплее предыдущего аналога. Основные физико-механические характеристики продукции плотностью 150 кг/м³ приведены в табл. 1.



а)



б)

Рис.1.
Теплоизоляционные блоки АЕРОС D150:
а) упакованные изделия на поддоне,
б) геометрические характеристики изделий.

Основные физико-механические характеристики продукции АЕРОС плотностью 150 кг/м³

Таблица 1

Средняя плотность, кг/м ³	Прочность на сжатие, МПа	Прочность на изгиб, МПа	Влажность через 12 часов, после автоклавирования, %	Теплопроводность в сухом состоянии, не более Вт/м·К
150	0,45–0,6	0,32–0,34	35–38	0,05

Данные изделия по комплексу свойств – не имеющий аналогов универсальный теплоизоляционный материал. Он обладает присущими только ему уникальными теплофизическими и эксплуатационными свойствами. Блоки являются абсолютно негорючими, обладают твердой и ровной поверхностью, со стабильными размерами и характеризуются простотой монтажа. Широкий температурный диапазон применения, высокие показатели паропроницаемости, стойкость к агрессивным средам, ультрафиолетовым лучам, хорошие прочностные показатели – все это подтверждает целесообразность использования этой продукции в качестве утеплителя.

Некоторые особенности технологии производства

Производство теплоизоляционных изделий плотностью 150 кг/м³ возможно с использованием практически любого современного технологического оборудования, на котором изготавливаются изделия более высоких плотностей. Наша компания производство изделий плотностью 150 кг/м³ осуществляет с использованием как модернизированного отечественного оборудования «Универсал-60» так и западноевропейского оборудования фирм HESS и WENRHANN. Единственным условием является то, что разрезанный массив в автоклаве должен располагаться горизонтально. Это обстоятельство связано с тем, что при производстве легкого объемного веса используется достаточно высокое водотвердое отношение, что в свою очередь увеличивает слипаемость продукции в местах реза. При вертикальном расположении массивов, после автоклавной обработки, слипаемость изделий плотностью 150 кг/м³ настолько велика, что послойный делитель сухого продукта при разделении массива повреждает кромки блоков. Это происходит из-за того, что используемое серийное оборудование – делитель, не предназначен для работы с продукцией, которая имеет прочность менее 1МПа.

В качестве сырья для производства теплоизоляционных изделий плотностью 150 кг/м³ применяются стандартные сырьевые материалы, которые используются и при производстве продукции плотностью 300–500 кг/м³, их характеристики приведены в табл. 2.

Для производства легкого объемного веса главную роль играет тонкость помола песка. Именно от того, насколько качественно приготовлен песчаный шлам, зависит конечное качество выпускаемого продукта. В табл. 3 приведены пороговые значения рассева песчано-гипса.

Таблица 2

Характеристики сырьевых материалов, применяющихся для производства изделий плотностью 150 кг/м³

Наименование сырья	Характеристика сырья
Цемент	ПЦ I-500-Н
	C ₃ S 57-60%
	C ₂ S 17-18%
	C ₃ A 6,5-7,5%
	C ₄ AF 10,5-11,5%
	Начало схватывания 90-100 мин
	Конец схватывания, 170-200 мин
	Нормальная густота, 27-30%
Известь	CaO+MgO ≥ 86%
	MgO ≤ 1%
	Остаток на сите 0,09 мм ≤ 3%
Гипсовый камень	CaSO ₄ ·2H ₂ O ≥ 90%
Песок речной намывной	SiO ₂ ≥ 95%
	SiO ₂ свободный > 90%
	Содержание илистых и глинистых ≤ 3%

Таблица 3

Пороговые значения рассева – песок + гипс

Сито	Ост. %
№ 0,09	6–8
№ 0,063	15–17
№ 0,045	25–28

Для образования рациональной макро- и микроструктуры необходимо правильно подобрать газообразователь. Для наших условий и рецептур газообразователь имеет следующие характеристики: проход через сито 71 мкм ≥ 99%, проход через сито 45 мкм – 96–99%. Количество образующегося водорода при реакции газообразователя с раствором гидроксида кальция показано на рис. 2.

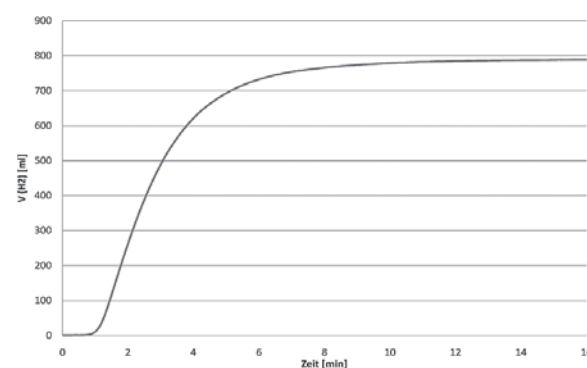


Рис. 2. Количество образующегося водорода за единицу времени

Также обязательным условием является добавка возвратного шлама 10–18% от массы сухих компонентов, который повышает седиментационную устойчивость и вязкость смеси, что выполняет важную стабилизирующую функцию процесса газовыделения и, как следствие, получения однородной плотности газобетона по всей высоте массива. Возвратный шлам несет в себе гидратированный C_3A и другие клинкерные минералы, в том числе и продукт взаимодействия алюминия с известью ($Ca_3 \cdot AeO_3$) и H_2O . По сути, в смесь вводится добавка третьего класса, которую можно отнести к готовым центрам кристаллизации, что способствует ускорению твердения вяжущих веществ и увеличению прочностных характеристик материала. Одним из важных компонентов, который оказывает положительное влияние как на реологические свойства смеси, так и на конечные физико-механические характеристики продукции является сульфатсодержащая добавка – гипсовый камень. Сульфатсодержащие добавки позволяют за счет образования этtringита интенсифицировать технологический процесс набора пластической прочности в доавтоклавный период, при этом замедляется процесс начальной реакции гидратации негашеной извести, что особенно важно для производства легкого объемного веса. Добавка гипса при автоклавной обработке способствует увеличению в составе новообразований количества низкоосновных гидросиликатов кальция, что при прочих равных условиях ведет к увеличению прочности как при сжатии, так и при растяжении, а также существенно снижает усадку при высыхании [1].

В табл. 4 приведены (в процентном соотношении от средней плотности) расходы основных сырьевых материалов, а также некоторые технологические параметры формовки изделий плотностью 150 кг/м³.

Автоклавная обработка проводится по стандартным режимам с использованием процесса вакуумирования до начала подачи пара в ав-

токлав, глубина вакуума при этом составляет не менее 0,55 бар, время изотермической выдержки при давлении 12,5 бар не менее 5 часов.

Основным критерием, на который необходимо обращать внимание, это наличие самопроизвольного роста давления в автоклаве при изотермической выдержке. Другими словами, эта физико-химическая энергия, теряемая материалом, – своеобразный критерий эффективности процесса. Если сырьевые материалы подобраны правильно, а рецептура рассчитана корректно – рост давления в автоклаве происходит всегда без дополнительной подпитки паром [2, 3].

Технология применения теплоизоляционных изделий AEROC плотностью 150 кг/м³

Уникальная совокупность свойств теплоизоляционных изделий плотностью 150 кг/м³ позволяет применять этот материал достаточно широко. Теплоизоляционные плиты D150 используются для внешней тепловой защиты фасадов существующих зданий (как из газобетона, так и других стеновых материалов); как теплоизолирующий элемент при новом строительстве, реконструкции исторических объектов, при адаптации промышленных строений в жилье; для устройства теплоизоляции пола под стяжку, крыш и мансард (рис. 3).

Устройство теплоизоляционной оболочки здания плитами плотностью 150 кг/м³ включает в себя следующие этапы и особенности.

Подготовка поверхности:

- удалить непрочные участки поверхности стен, расшить трещины, очистить от грязи, пыли, масла, алкидной краски, продуктов коррозии и т.д.;
- выступы более 10 мм устранить с помощью ручного либо электроинструмента;
- трещины отремонтировать раствором смеси;
- перепады поверхности более 20 мм на 1 м.п. выровнять штукатуркой;

Расход основных материалов, технологические параметры формовки изделий плотностью 150 кг/м³

Таблица 4

Наименование сырьевых компонентов	Расход сырья в % от средней плотности	В/Т отношение смеси	Вязкость смеси по Суттарду, см	Температура смеси при выливе, °С	Время созревания массивов до резки, мин	Пластическая прочность на резке, PSI
Цемент	53–55	0,78–0,82	36–39	31–33	Не более 350 мин	100
Известь	5–7					
Песок	35–37					
Гипс	3–5					



Рис. 3. Применение теплоизоляционных изделий D 150: а) утепление крыши, б) утепление фасада

- прогрунтовать поверхность для плотных материалов (кирпич, бетон и т.д.) – универсальной грунтовкой; для поверхности из ячеистого бетона – контактной грунтовкой с содержанием кварцевого песка.

Выполнение работ

Работы по устройству фасадной теплоизоляции проводить при температуре окружающей среды от +5°C до +30°C. Перед приклеиванием теплоизоляционную плиту необходимо установить в проектное положение, убедиться, что ширина швов между соседними плитами составляет не более 2 мм, при необходимости грани плиты подогнать с помощью терки.

Способы приклеивания теплоизоляционных плит (рис. 4) включают в себя некоторые особенности:

- в случае, когда неровность утепляемой поверхности достигает 5 мм на 1 м.п., клеевую растворную смесь нанести на поверхность теплоизоляционных плит на расстоянии 20 мм от края плиты сплошным слоем и распределить зубчатым шпателем с размером зубцов 10x10 мм;
- в случае, когда неровность утепляемой поверхности достигает 5–20 мм на 1 м.п., клеевую растворную смесь нанести на поверхность теплоизоляционных плит полосами

шириной 30–40 мм по периметру на расстоянии 10–15 мм от края и посередине плиты утеплителя. На полосах по периметру необходимо устроить разрывы для свободного прохождения воздуха.

Внимание! При приклеивании теплоизоляционных плит к поверхности газобетона для обеспечения эффективной паропроницаемости рекомендуется использовать полосный способ приклеивания.

Необходимое количество клеевой смеси рассчитывается таким образом, чтобы при прижатии плиты к поверхности не менее 60% ее поверхности было покрыто раствором.

Для обеспечения плотного прилегания плиты ее сначала нужно приложить к поверхности стены на расстоянии 2–3 см от проектного положения, а затем прижать со смещением в проектное положение, пока плоскость плиты не сравняется с уровнем соседних плит. Приклеивание теплоизоляционных плит выполняется снизу вверх в шахматном порядке, не допуская совпадения вертикальных швов. Не ранее чем через 2 суток после приклеивания, провести механическую фиксацию плит с помощью фасадных дюбелей со стальным сердечником и термоизоляционной головкой.



Рис. 4. Способы приклеивания теплоизоляционных плит

Необходимое количество дюбелей и их расположение представлены в табл. 5 и на рис. 5.

Для установки дюбеля предварительно высверливается отверстие, диаметр сверла равен диаметру дюбеля, глубина отверстия должна быть:

- не менее 50 мм – для бетона и полнотелого кирпича;
- не менее 90 мм – для пустотелого кирпича, блоков, легкого бетона;
- не менее 110 мм – для ячеистого бетона.

Таблица 5

Зависимость количества дюбелей от высоты зданий

Высота здания	Количество дюбелей	
	В обычной зоне	В краевой зоне
До 5 этажей	6	6
5–9 этажей	8	8

Примечание. Дюбели в обычной зоне размещаются по периметру плиты и внутри, при этом охватывают перпендикулярно размещенные швы двух рядов плит.

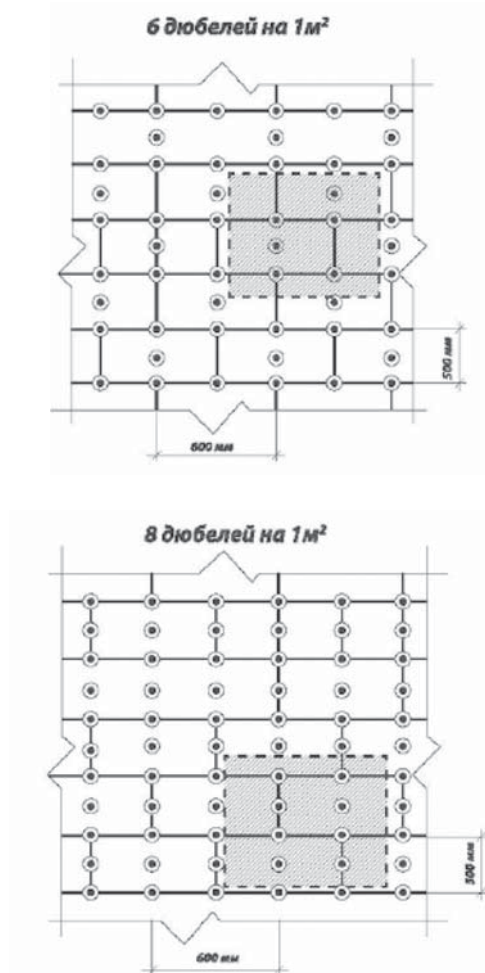


Рис. 5. Расположение дюбелей

Фиксирующий плиту дюбель должен быть утоплен таким образом, чтобы его шляпка была заподлицо с поверхностью теплоизоляционной плиты.

Устройство штукатурного слоя

Перед нанесением штукатурного слоя поверхность теплоизоляции D150 обеспылить и прогрунтовать контактной грунтовкой с содержанием кварцевого песка. После высыхания грунтовки (4–6 часов), нанести первый слой паропроницаемой защитной штукатурки толщиной 2–3 мм. Стеклотканевую фасадную сетку утопить в слой штукатурки и разровнять так, чтобы не образовывались складки.

Соединение последующих полотен производить в напуск шириной не менее 100 мм. После приклеивания сетки нанести второй слой штукатурной смеси толщиной 2–3 мм таким образом, чтобы сетка не просматривалась на поверхности, после чего окончательно выровнять поверхность. Общая толщина штукатурного слоя должна составлять не менее 5 мм (рис. 6). После выдержки оштукатуренной поверхности не менее 3-х суток, можно проводить декоративную отделку. Для обеспечения комфортного микроклимата в помещении рекомендуется использовать паропроницаемые штукатурки. Последующую покраску минеральных декоративных штукатурок выполнять паропроницаемыми красками.

Теплоизоляция прекрасно сочетается как эффективный утеплитель стен, возведенных из широкой номенклатуры изделий из ячеистого бетона. Двухслойные стены на основе конструкционно теплоизоляционных блоков плотностью D300–500 в сочетании с утеплением плотностью D150 (рис. 7) позволяют добиваться высоких показателей сопротивления теплопередачи наружных стен. При этом конструкция получается однородной по природе материала.



Рис. 6. Нанесение штукатурного слоя

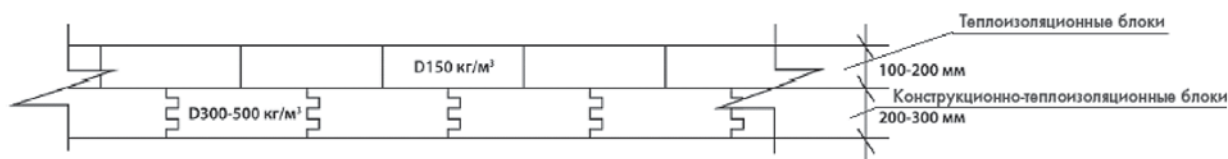


Рис. 7. Схема устройства двухслойной стены

Зависимость сопротивления теплопередачи стены от толщины конструкционного и теплоизоляционного слоев представлены в табл. 6.

Если сравнивать технико-экономические показатели теплоизоляции D150 с распространенными эффективными утеплителями, то по большинству показателей она выглядит предпочтительней. Техничко-экономические характеристики различных вариантов утепления стен представлены в табл. 7.

Несмотря на то, что теплоизоляционные блоки D150 изначально несколько уступают в теплопроводности основным конкурентам за счет разницы в стоимости материалов

квадратный метр утепления из него при равном обеспечении сопротивления теплопередаче стоит дешевле в сравнении с более солидными конкурентами – экструдированным пенополистиролом и минераловатными плитами.

А если ориентироваться на распространенную в Украине практику утепления толщиной 50 мм, то при толщине 100 мм хоть и получается несколько дороже, но при этом обеспечивается лучшая теплоизоляция стены.

Немаловажным фактором экономической целесообразности утепления является срок службы утеплителя за весь период функционирования здания. За счет высокой долговечности общие эксплуатационные затраты теплоизоляции на протяжении всего периода службы здания будут равняться первоначальным капитальным вложениям в период строительства. А вот утеплители-конкуренты потребуют замены несколько раз за тот же период эксплуатации. В результате таких обновлений теплоизоляции даже самый дешевый вариант с пенополистиролом ПСБ-С в процессе эксплуатации конструкции обойдется дороже.

Также со временем за счет температурных и усадочных явлений утеплители на органической основе частично разрушаются, меняют свои геометрические размеры, уплотняются. Все это приводит к возрастанию теплопроводности данных материалов. Теплоизоляционный ячеистый бетон автоклавного твердения на минеральной основе в этом плане стабильный во времени материал, малокритичный к продолжительным атмосферным воздействиям. Его теплопроводность не изменяется на протяжении всего периода эксплуатации здания [4].

Выводы

1. Массовое производство изделий из ячеистого бетона автоклавного твердения плотностью не более 150 кг/м³ возможно с использованием практически любого современного технологического оборудования, которое рассчитано на выпуск изделий рядовых плотностей 300–500 кг/м³, при использовании практически тех же сырьевых материалов. Основ-

Таблица 6
Зависимость сопротивления теплопередачи стены от толщины конструкционных и теплоизоляционных блоков

Средняя плотность конструкционного блока, кг/м³	Толщина конструкционного блока, мм	Толщина утеплителя D 150, мм	Общая толщина стены, мм	Сопротивление теплопередаче стены R, м² · К/Вт
300	200	100	300	4,07
		150	350	4,98
	250	100	350	4,60
		150	400	5,51
	300	100	400	5,13
		150	450	6,04
400	200	100	300	3,57
		150	350	4,48
	250	100	350	3,97
		150	400	4,88
	300	100	400	4,37
		150	450	5,28
500	200	100	300	3,38
		150	350	4,29
	250	100	350	3,73
		150	400	4,64
	300	100	400	4,08
		150	450	4,99

Таблица 7

Технико-экономические показатели различных вариантов утепления стен

Показатель	Пенополистирол EPS	Пенополистирол XPS (экструдер)	Плиты из минеральной ваты	Теплоизоляционные блоки
Природа материала	Органический материал	Органический материал	Неорганический материал на органическом вяжущем	Неорганический материал
Средняя плотность, кг/м ³	15–35	35–45	150–175	150
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0,041	0,035	0,039	0,05
Коэффициент паропроникания, мг/(м·год·Па)	0,05	0,02	0,3	0,3
Стабильность размеров	изменяется	изменяется	изменяется	не изменяется
Прочность на сжатие, МПа	0,05	0,25	0,045	не менее 0,40
Огнестойкость	горючий	горючий	негорючий	негорючий
Экологическая безопасность во время эксплуатации	выделяет токсичные вещества	выделяет токсичные вещества	выделяет опасную пыль	экологически безопасный
Срок эксплуатации, лет	до 15	до 25	до 30	до 100
Замена утеплителя за время эксплуатации дома (100 условных лет), раз	6	4	3	не требует
Практикуемая в Украине толщина утепления, мм	50	50	50	100
Стоимость м ² , гр.	25	60	55	75
Стоимость м ² , при равном сопротивлении теплопередачи, гр.	60	120	132	112

ным условием успешного производства является правильный выбор сырьевых материалов, их соотношения, а также соблюдение необходимых технологических режимов производства.

2. Теплоизоляционный ячеистый бетон плотностью 150 кг/м³ является идеальным материалом для широкого применения. Его использование позволяет получить:

- Простоту монтажа на строительной площадке.
- Эффективную экономию энергоносителей при эксплуатации зданий.
- Эстетичный внешний вид фасада.
- Защиту здания от перепадов температур.
- Эксплуатацию здания без последующей замены теплоизоляционного слоя.

Литература

1. Рудченко, Д.Г. О роли гипсового камня в формировании фазового состава новообразований автоклавного ячеистого бетона / Д.Г. Рудченко // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. Науково-технічний збірник. – 2012. – № 43. – С. 47–54.
2. Рудченко, Д.Г. Автоклавная обработка изделий из ячеистого бетона. Теория и практика от “Aeroc International” / Д.Г. Рудченко // Популярное бетоноведение. Научно-практический журнал. – 2007. – № 3. – С. 86–90.
3. Стемпень Кшиштоф. Применение добавок при производстве ячеистого бетона / Стемпень Кшиштоф // “Современный автоклавный газобетон”. Сборник докладов. – Краснодар, 2013. – С. 119–124.
4. AEROC ENERGY плотностью 150 кг/м³ – эффективный современный утеплитель из газобетона. Строительные материалы и изделия. – 2014. – № 1. – С. 6–9.

Система управления производственным процессом для предприятий, производящих автоклавный газобетон

Тонкушин А.А., «ИТ Пром»

Наблюдаемое в последнее время усиление конкуренции в промышленности строительных материалов подстегивает предприятия к поиску новых управленческих решений, позволяющих оптимизировать производственные расходы и улучшить управляемость предприятием. В рамках данного процесса все больше внимания со стороны производителей уделяется информационным технологиям.

На сегодняшний день практически на каждом предприятии можно встретить информационные системы в бухгалтерском учете, торговле, финансовом секторе и др. В ряде компаний существует электронный документооборот. Однако программы, позволяющие управлять производственным процессом, на данный момент широкого распространения не имеют. Между тем их наличие помогло бы повысить производственную дисциплину, улучшить управляемость процессом и, в конечном итоге, позволило бы оптимизировать производственную деятельность предприятий.

Компания «ИТ Пром» специализируется на автоматизации производственных и управленческих процессов. Она была создана инженерами, много лет проработавшими на предприятиях, производящих автоклавный газобетон (АГБ) и сухие строительные смеси (ССС). За плечами данных инженеров запуски технологических линий по производству АГБ и СССР, монтаж и пуско-наладка отдельных переделов, разработка и внедрение программного обеспечения как для производственных линий, так и для управления предприятием.

На данной конференции компания «ИТ Пром» представляет **Систему управления производственным процессом** – АГБ (СУПП-АГБ). Это уникальный программный продукт, предназначенный для сбора данных о различных аспектах производства АГБ, их архивирования и анализа. Также предлагаемая программа выполняет функции информирования

об основных результатах производственной деятельности, что позволяет четко контролировать производственный процесс и при необходимости оперативно его корректировать.

Разработчики программы определили порядка 30 контрольных точек, по которым можно оценить производственный процесс. Эти параметры разнесены по 5 основным разделам:

- Производство;
- Оборудование;
- Движение продукции;
- Качество продукции;
- Управление.

Раздел «Производство» содержит информацию об обеспеченности производства сырьевыми и расходными материалами; выпуске продукции; разработке и выполнении производственного плана; данные о простоях оборудования с расшифровкой их причин.

В разделе «Оборудование» собраны данные об основном и вспомогательном оборудовании предприятия, информация о сбоях и дефектах в его работе, данные о проводимом ремонте и обслуживании. Также раздел содержит электронную базу материалов, находящихся на складе, что позволяет осуществлять их списание по мере расхода и формировать заявку на приобретение различных ТМЦ. Имеется возможность для реализации планово-предупредительных работ с функцией напоминания, заказа необходимых материалов и планирования рабочего времени.

В разделе «Движение продукции» отображается информация о передаче продукции с производства на склад, отгрузке ГП покупателям, а также текущие остатки.

Раздел «Качество продукции» предусматривает хранение информации о продукции от момента заливки смеси до ее упаковки (характеристика сырья, состав смеси, параметры твердения и автоклавирования, дефекты массивов и др.). Также раздел содержит данные об ис-

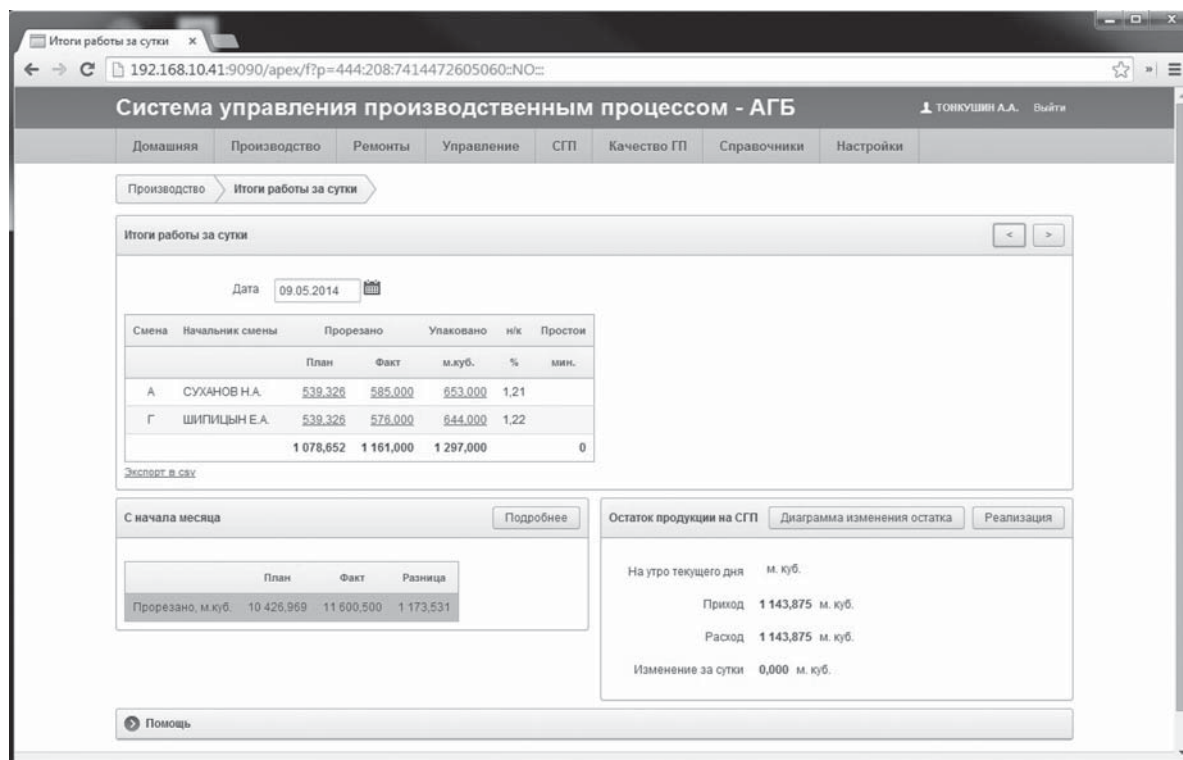


Рис. 1. СУПП-АГБ, раздел “Итоги работы”

питаниях продукции (влажность, плотность, прочность и др.). Кроме этого, имеется возможность формирования паспорта качества.

Раздел “Управление” содержит прочую информацию общего характера: заявки на производство продукции, формируемые коммерческой службой; план работ подразделений; информацию о сотрудниках предприятия (ФИО, профессия, разряд и др.). В данном разделе предусмотрена также возможность вывода краткой информации о текущих результатах производства (выполнение производственного плана, выпуск некондиционной продукции, простои оборудования, отгрузка продукции, остаток продукции на СГП и др.) (рис. 1).

Ввод данных в программу может быть осуществлен двумя способами:

- периодически (1 раз в смену, в сутки и т.п.). При этом данные вводятся вручную профильными специалистами предприятия (данные о качестве – лаборант, контролер; данные о движении продукции – кладовщик и т.д.);
- в режиме он-лайн. В этом случае информация считывается с контролеров технологической линии (например, данные о выпущенной продукции – упаковочное оборудование; расход сырья – смесительное отделение и т.д.).

Доступ к программе осуществляется через сеть, поэтому предусматривается возможность работы с программой как непосредственно в условиях производства, так и в режиме удаленного доступа (через Интернет).

СУПП-АГБ позволяет отказаться от многочисленных бумажных документов и дает возможность собирать информацию в одном месте и в одном формате, имея доступ к ней с любой точки. Он предназначен для всех специалистов, осуществляющих оперативную производственную деятельность (начальники производств, мастера, технологи, механики, энергетики и др.).

Кроме того, предлагаемый продукт может быть полезен руководителям для осуществления дистанционного контроля производства. Отслеживая основные показатели, характеризующие производственную деятельность, руководитель может заочно оценить состояние производства, при этом ему не потребуется личного присутствия и сбора специалистов для различных совещаний. Все это поможет оптимизировать рабочее время руководителя и специалистов предприятия и даст возможность использовать его для решения других задач.

Система позволяет архивировать информацию, что дает возможность, избегая длительного поиска документов в бумажных ар-

хивах, оперативно и точно восстановить данные о производстве в определенный период (рецептуры, данные об испытаниях продукции, проведенном ремонте и израсходованных запчастях и т.д.). Это может быть полезно при разборе причин выпуска “некондиции” (на основе поступившей рекламации) или выхода из строя оборудования.

Предлагаемая система позволяет обрабатывать хранящуюся информацию. Данная функция может быть использована при формировании различной отчетности (ежемесячные, квартальные годовые отчеты), а также для получения различной статистики. В частности, программа сможет анализировать различные факторы и оценивать их влияние на производственный процесс (например, влияние качества сырья на характеристики АГБ). Для лаборатории эта функция будет полезна для расчета статистических коэффициентов вариации при определении класса по прочности и марки по плотности АГБ. Специалисты коммерческой службы смогут оценить отгрузки за длительный период различных видов продукции и т.д.

В отличие от разработчиков подобных программ “IT Пром” предлагает базовую версию программы для каждой конкретной отрасли производства, которая впоследствии адаптируется под конкретные условия заказчика. Создание базовой версии ведется при участии специалистов отрасли. В частности, разработка базовой программы для предприятий по выпуску АГБ велась с участием технологов, производственников и других инженеров действующих заводов. Использование базового продукта дает возможность сократить время разработки и внедрения программы (до 1–2 месяцев) и позволяет упростить саму программу, оставляя только необходимую информацию.

Кроме этого, уже сегодня любой заказчик может предметно оценить предлагаемую услугу, получив доступ к демонстрационной версии.

Важным преимуществом является то, что “IT Пром” предлагает лицензирование программы в целом для предприятия, а не для каждого отдельного рабочего места. Т.е. стоимость программы не зависит от количества человек, использующих ее (сегодня ее могут использовать 5 человек, а через год – 25, стоимость от этого не изменится). Кроме этого, нет необходимости настройки каждого компьютера для работы с программой. Достаточно современного браузера для просмотра страниц интернета.

Обслуживание программы (обновление) происходит дистанционно специалистами компании “IT Пром”. Частично обслуживание может происходить программистами и IT-специалистами заказчика после прохождения соответствующего обучения.

Благодаря использованию современной системы управления базами данных, обеспечивается высокий уровень безопасности и конфиденциальности хранящейся информации.

Итак, если вам необходимо контролировать ключевые показатели производства в ежедневном режиме, улучшить информирование сотрудников о текущем положении, повысить скорость реагирования на возникающие проблемы, если есть потребность в обобщении баз данных и рабочей документации, а также в постоянном анализе данной информации, то **СУПП-АГБ** именно тот инструмент, который поможет в решении этих и многих других задач!

www.itprom.org

Автоклав для упрочнения изделий в строительной промышленности

Герхард Вернер, дипл. инженер Maschinenbau Шольц
(г. Косфельд, Земля Северный Рейн–Вестфалия, Германия)

Наша фирма основана в 1919 г. господином Альбертом Шольцем, а быстро действующий затвор (фактически то, что мы понимаем под крышкой) для сосудов, работающих под давлением, стал основным его изобретением и первоначальным изделием, которое послужило фундаментом для создания компании.

И уже сегодня без малого сто лет фирма Шольц по всему миру поставила более полу-миллиона быстродействующих затворов, диаметрами от 20 см до 10 м.

И практически сразу после основания в 1919 г. начала конструирование и изготовление и самих сосудов, работающих под давлением.

В настоящее время на предприятии работает почти 280 сотрудников. Постоянные инновации и расширение нашей производственной программы потребовали в 2007 г. переезда в новые производственные и административные помещения. Сегодня производственная площадь нашей фирмы составляет приблизительно 36.000 м² или 3,6 гектара.

И сегодня мы производим как быстродействующие затворы, так и сосуды, работающие под давлением (автоклавы), которые поставляем по всему миру. В наших производственных помещениях изготавливаются и транспортируются сосуды, работающие под давлением диаметром до 6500 мм и весом до 150 т.

Основными потребителями автоклавов являются следующие направления в промышленности:

- авиационная и аэрокосмическая промышленность (термическая обработка волокно-композитных материалов);
- стекольная промышленность (изготовление триплекса – многослойного стекла);
- деревообрабатывающая промышленность (пропитка древесины под давлением);
- производители кабельной продукции (установки для непрерывного производства кабелей среднего и высокого напряжения);
- резинотехническая промышленность (вулканизация резиновых изделий);

- пищевая промышленность (стерилизация пищевых продуктов и кормов для животных);
- кроме того, мы проводим расчет, конструирование и изготовление специальных сосудов по спецификации заказчика;
- и наконец к нашим клиентам относятся, естественно, **производители стройматериалов**, для которых фирма Шольц по всему миру поставляет автоклавы для обработки строительных материалов паром.

95 лет опыта и более 5000 поставленных автоклавов для упрочнения изделий строительной промышленности, являются гарантом для оптимально сконструированных и надежных в эксплуатации автоклавов.

Благодаря нашим ноу-хау мы можем гарантировать, что довольно нелегкая эксплуатация автоклавов для упрочнения изделий в строительной промышленности может проходить без проблем.

Фирма Шольц конструирует и изготавливает автоклавы для упрочнения:

■ Силикатного кирпича

Песок, известь и вода, это те материалы, из которых изготавливаются силикатные изделия уже более 130 лет. Данный материал значительно влияет на строительную отрасль в Европе.

Метод получения прочных изделий из песка и извести в среде горячего пара был преподнесен в мировую практику господином Михаэлисом, выходцем из Швеции. Его эксперимент оказался очень успешным и создал базу для всех последующих видов техники по упрочнению изделий из песка и извести.

■ Ячеистого бетона

Ячеистый бетон относится к группе легких бетонов. Его твердость заключается прежде всего в том, что он одновременно выполняет требования к несущей способности, теплоизоляции, звукозащите и пожарной охране.

Детали из ячеистого пористого бетона при небольшом весе обладают высокой прочностью. Они считаются особенно экологичными (безвредными для окружающей среды).

После первых экспериментов Зерникова, кипячения силикатного кирпича в воде, Михаэлис разрабатывает метод, при котором из безводного строительного раствора извести и песка в атмосфере насыщенного пара создается твердый и водопропрочный гидросиликат кальция.

За этот метод в 1881 г. доктору Михаэлису был выдан патент немецкого рейха за номером 14195. Это явилось базой для изготовления всех упрочненных паром строительных материалов.

– Волоконно-цементных плит

Материал находит применение в большом количестве продуктов. Примерами могут служить: конструкционные изделия для внутренней отделки, фасадные облицовки, шиферные плиты для накрытия крыш (гофрированные плиты), водопроводные трубы, цветочные горшки и ящики и т.д.

– **Строительные элементы из цементного бетона** например, бетонные мачты или подобные строительные материалы.

Автоклавы для изготовления силикатного кирпича

Упрочнение силикатного кирпича происходит обычно при рабочем давлении 16 бар и рабочей температуре в 204 °С.

Время процесса в зависимости от размера кирпича составляет приблизительно 6 часов.

После процесса упрочнения кирпич покидает автоклав с остаточной влажностью 4–6%.

По сравнению с первыми (древними, как говорится) автоклавами с диаметром от 1600–2000 мм, сегодня в строительной промышленности используются автоклавы диаметром 2200–2400 мм. Это обусловлено выпуском более крупных силикатных изделий – блоков кирпичей.

Автоклавы для изготовления ячеистого бетона

Время процесса при упрочнении ячеистого бетона составляет приблизительно 12 часов, но оно – в зависимости от размера форматов, особенно от толщины – может варьироваться.

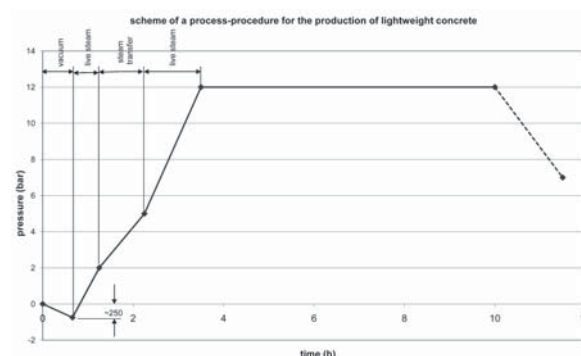
Обычно процессы проводятся с рабочим давлением от 12 бар и с соответствующей температурой насыщенного пара 190 °С. Диаметры автоклавов для изготовления ячеистого бетона в зависимости от габаритов изготавливаемых продуктов составляют от 2800 до 3200 мм при длине до 50 м.

К началу процесса в автоклаве создается вакуум от 200–300 мбар, чтобы абсолютно удалить заключенные в порах воздух или газ. При создании давления, пар может быстрее и равномернее проникнуть в комплектный блок и гарантировать равномерную температуру в детали.

Вакуумной фазой избегают напряжения в детали из-за высоких разниц температуры и связанным с этим возможным образованием трещин. Кроме того, для продолжительности процесса нагрева толщина детали является решающей.

После процесса упрочнения, ячеистый бетон имеет еще высокую остаточную влажность – 30–35%.

Конструктивное оформление автоклава



Пример диаграммы процесса

Значительными компонентами автоклава являются:

- цилиндрический корпус/обечайка
- быстродействующий затвор
- выпуклое днище
- рельсовый путь
- труба для подачи пара
- конденсатоотводчик
- присоединительные патрубки для подачи и сброса пара, спуска конденсата, предохранительного клапана и возможные измерительные патрубки
- опоры.

Все детали автоклава изготовлены из ферритового материала (сталь). Сертификаты на материал для всех подвергаемых давлению деталей являются составной частью документации.

Расчет на прочность автоклава осуществляется согласно предписаниям соответствующей страны установки и/или спецификации заказчика.

Конструкция быстродействующего затвора, оснащенного специальным устройством безопасности, гарантирует быстрое и надежное открывание и закрывание.

В соответствии с условиями по месту могут поставляться различные конструктивные ис-

полнения для управления крышкой (открывание и закрывание). При сквозной системе у автоклава делают по одному быстродействующему затвору на концах автоклава.

Через встроенную в нижней части автоклава трубу для подачи пара гарантируется равномерное распределение пара. Одновременно такое расположение трубы для подачи пара препятствует повреждению продукта подающимся паром.

Автоклав должен быть установлен с определенным уклоном так, чтобы поступающий конденсат в любой момент мог наверняка стекать в направлении конденсатного патрубка. На наших фундаментных чертежах требуемый уклон указан. Точно так же на фундаментных чертежах указана нагрузка фундаментов для каждой отдельной опоры как в вертикальном, так и в радиальном направлении.

Встроенный специальный конденсатный патрубок рассчитан так, чтобы поступающая масса конденсата в любое время могла отводиться без обратного подпора. Кроме того, конденсатный патрубок может очищаться от вымытых из продукта частиц по мере необходимости.

По желанию комплектный автоклав может поставляться с внешней изоляцией. Соответствующие несущие петли, препятствующие повреждению изоляции во время транспортировки, приварены к цилиндру.

Конструкция и габариты опор, рассчитанные в соответствии с предписанием AD /2000 S3/2, препятствуют тому, чтобы цилиндрический корпус подвергался опасности из-за слишком высоких точечных нагрузок.

Производственное испытание и окончательная приемка с гидравлическим испытанием осуществляется на нашем заводе независимой контрольной инспекцией, например немецким TÜV-ом (Технадзором). Если по причинам транспортировки или размещения автоклавы поставляются отдельными частями, то гидравлическое испытание под давлением и окончательный контроль должны проводиться на месте установки автоклавов.

Наряду с сертификацией согласно DIN EN ISO 9001:2008 фирма Шольц обладает множеством других разрешений на изготовление сосудов, работающих под давлением, среди прочего мы имеем разрешение **ГОСПРОМНАДЗОРА Республики Беларусь**.

Эксплуатация

Как уже упомянуто, надлежащий отвод конденсата является решающим моментом для безопасности и избежания повреждений.

При накоплении конденсата в автоклаве возникают высокие разницы температур между верхней частью и нижней частью, которые могут привести к высоким напряжениям в нижней части автоклава.

Превышение предела текучести металла (избыточное механическое напряжение) в зоне подошвы (нижней части) автоклава приводит к трещинам по периметру подошвы.

При исследованиях, проведенных немецким TÜV-ом, были измерены температурные различия между верхней частью и нижней, достигающие 100 °C, **если конденсат полностью остается в автоклаве**.

Согласно AD 2000 HP 801 № 30, в Германии существует предписание по измерению разницы температур между верхней и нижней частями. В начале и при окончании процесса (подъем и спуск) допустима разница температуры 60 K, в процессе выдержки – 30 K.

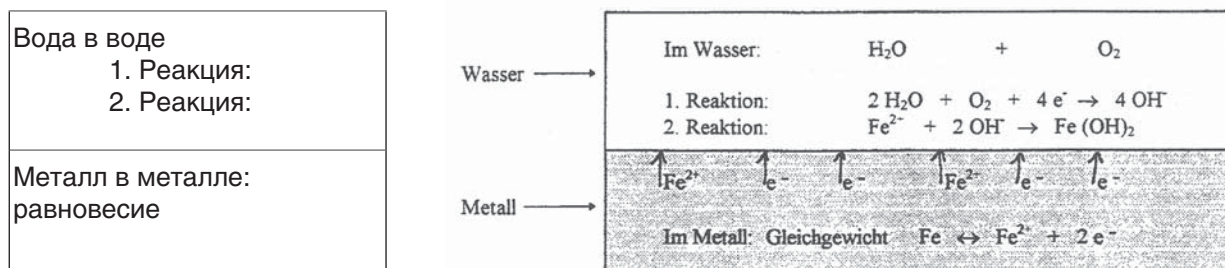
Для процесса упрочнения силикатных кирпичей и ячеистого бетона необходимо большое количество пара, что связано со значительными расходами. Сегодня для снижения количества вновь произведенного (свежего) пара принято по окончании процесса упрочнения переводить пар из автоклава на вновь загружаемый автоклав. Благодаря этому процессу можно снизить необходимое количество свежего пара на 25%.

С помощью разработанного фирмой Шольц программного обеспечения, которое было испытано в практической работе, можно рассчитать необходимую потребность пара, экономии при его переводе в другие автоклавы и получающееся количество конденсата во время процесса упрочнения.

И в заключение еще несколько замечаний по одному важному пункту, **коррозии** в автоклавах. Как уже упоминалось, если из-за накопления конденсата в автоклаве появляются слишком высокие напряжения при растяжении в нижней части, они вызывают коррозионные трещины. Во избежание таких повреждений требуется достаточно определенный по размерам и функционально способный принудительный отвод конденсата.

Другим известным типом коррозии является точечная коррозия (язвенная коррозия). Она возникает, если в нижней части автоклава образуется слой из-за падающего материала, за счет чего возникает неоднородность структуры поверхности. Коррозия концентрируется только на местах, где этот слой отсутствует, которые неизбежно существуют, и за короткое время на этих местах образуется точечная коррозия. Химики называют эту коррозию «кислородной».

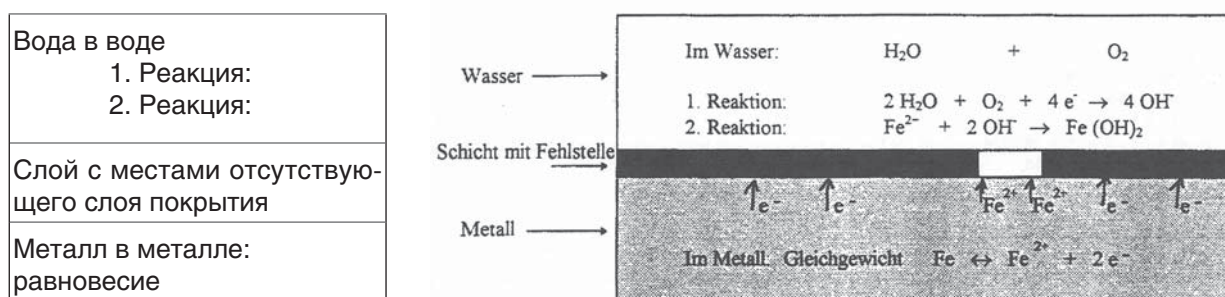
Равномерная коррозия по всей площади



Общая реакция: $2Fe + 2H_2O + O_2 \rightarrow 2Fe(OH)_2$

Эта реакция дает снос (коррозию) в размере 35 мг/м², в результате которой за 100 тыс. часов эксплуатации толщина стенок снизилась бы только на 0,5 мм. Таким образом, такая коррозия практически совсем незначительная.

Концентрация коррозии на местах отсутствующего слоя покрытия



Если перенести вышеуказанный пример расчета на места с отсутствующим слоем, предположив, что на 1 м² находится множество таких мест общей площадью в 10 см², **то скорость коррозии увеличивается на коэффициент 1000.**

Особенно при изготовлении ячеистого бетона такие слои возникают в нижней части, обусловлены эти слои добавкой ангидрита (сульфата кальция). Ангидрит в соединении с известью и песком образует в нижней части твердый слой, который нельзя удалить простыми средствами (метлой, скребком или чем-то подобным).

На местах отсутствия слоя покрытия, возникших, например, из-за различного терморастяжения, образовывается эта неприятная точечная коррозия.

Примерно уже 3 года, так называемый “рабочий круг” – представители промышленности строительных материалов, федерального союза промышленности по изготовлению силикатных

кирпичей и ячеистого бетона, специалисты по коррозии сталелитейной промышленности и фирмы Шольц, как изготовителя автоклавов – пытаются определить причину этой коррозии.

Самой лучшей и надежной защитой против коррозии было бы образование магнетита Fe_3O_4 , который, правда, при нормальных эксплуатационных условиях полностью образоваться не может.

В настоящее время проводятся испытания с добавкой аминов в свежий пар. Эти амины обладают свойствами ускорения образования магнетитного слоя. Но тут требуются еще испытания на более продолжительный период времени.

На данный момент наша рекомендация – через регулярные интервалы чистить нижнюю часть автоклава от возможных наслоений.

Maschinenbau SCHOLZ GmbH & Co. KG

Wehrhahn: более 10 лет на рынке производства автоклавного газобетона в странах СНГ и Балтии

Д-р Клаус Бонеманн, президент компании Wehrhahn
Галина Романова, координатор проектов в странах СНГ и Балтии

Первая линия Wehrhahn по производству автоклавного газобетона в России была введена в эксплуатацию 10 лет назад: в сентябре 2004 г. состоялся запуск Березовского завода автоклавного газобетона компании “Теплит” в Свердловской области. Еще за год до этого начал работать завод “Concrete Products” в г. Алматы в Казахстане, тоже полностью оснащенный оборудованием Wehrhahn.

Таким образом, Wehrhahn уже более 10 лет активно работает на рынке автоклавного газобетона. За этот период в странах СНГ и Балтии компанией введены в эксплуатацию и модернизированы почти 40 газобетонных заводов. Подавляющее их большинство успешно работает. Торжественное открытие последней линии Wehrhahn состоялось в середине мая этого года в г. Электросталь Московской области. В настоящее время ведется строительство еще 5 линий Wehrhahn на территории бывшего Советского Союза со сроком ввода в эксплуатацию в 2014–2015 гг.

Анализ рынка автоклавного газобетона показывает, что заводы, работающие на оборудовании Wehrhahn, являются ведущими на данном рынке по многим показателям – как количественным, так и качественным.

1. Линии Wehrhahn на постсоветском пространстве: количественные характеристики

Согласно данным Национальной Ассоциации производителей автоклавного газобетона России (НААГ) на 2013 г., компания Wehrhahn лидирует по количеству запущенных производственных линий в России (рис. 1, данные по Wehrhahn без учета модернизированных производств).

Почти половина всех импортных линий, имеющих в России, поставлена компанией Wehrhahn. При этом совокупная установленная мощность заводов с оборудованием Wehrhahn составляет 5 170 000 м³/год, а доля рынка по совокупной установленной мощности 33,5% (табл. 1).

Таблица 1

Установленные мощности по производству АГБ на 2013 г. [1]

Технологические линии	Установленная мощность, м³/год	Доля рынка, %
Все	15 455 300	100
Линии Wehrhahn	5 170 000	33,5

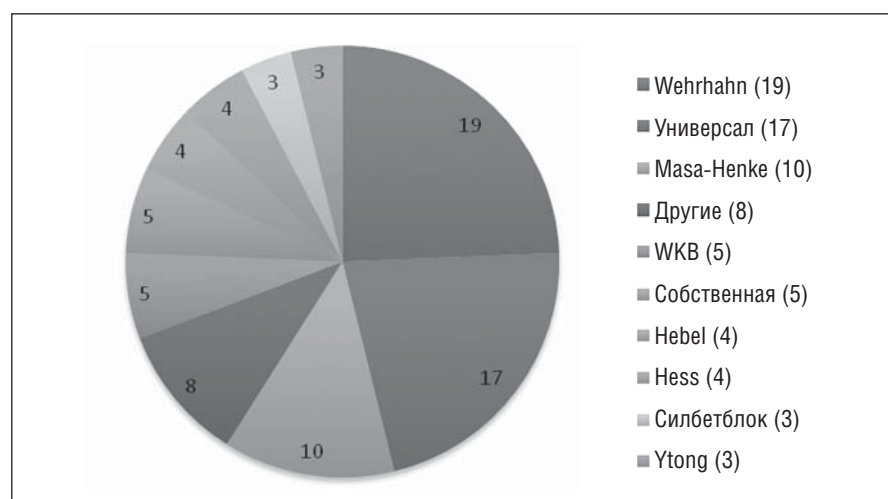


Рис. 1. Технологические линии по производству АГБ в России на 2013 г.

На заводах с оборудованием Wehrhahn в 2013 г. выпущено 3 855 000 м³ газобетона – это 35% всего годового производства в России (11 292 000 м³).

Таким образом, Wehrhahn значительно опережает всех других поставщиков оборудования по количеству поставленных линий и объему установленных мощностей, заводы с оборудованием компании также лидируют по объемам выпуска газобетонной продукции [1, 2].

2. Основные характеристики продукции, выпускаемой на технологических линиях Wehrhahn

На технологических линиях Wehrhahn возможен выпуск полного ассортимента продуктов из автоклавного газобетона: как стеновых блоков всех типоразмеров, так и всего спектра армированных изделий.

2.1. Ассортимент: стеновые блоки и армированные изделия

Стеновые блоки, выпускаемые на линиях Wehrhahn, имеют очень точные геометрические размеры. Так, допуски при резке блоков по длине, ширине и высоте составляют не более 1,5 мм. 36% газобетонных блоков, произведенных на оборудовании Wehrhahn, имеют паз-гребень и/или захватные карманы (в целом по отрасли только 21,5% мелкоштучной газобетонной продукции профилированы).

По мере насыщения рынка стеновых блоков, а также в связи с новыми требованиями к теплоэффективности зданий все больший интерес вызывает производство армированных изделий.

В 2013 г. завод автоклавного газобетона “Бетолекс” в г. Искитим Новосибирской области начал производство армированных изделий на линии Wehrhahn. В настоящее время завод выпускает практически весь спектр армированной продукции: перемычки, стеновые панели, плиты покрытий и перекрытий различных размеров (рис. 2). Ожидается, что и некоторые другие линии Wehrhahn в ближайшей перспективе также будут расширять свои производства за счет выпуска армированных изделий, прежде всего перемычек и стен-перегородок.

2.2. Производство блоков пониженной плотности

В настоящее время в газобетонной отрасли существует устойчивая тенденция к снижению плотности газобетонных изделий. Так, в Германии около 80% всей газобетонной продукции выпускается с плотностью ≤ 400 кг/м³.

Газобетон пониженной плотности обладает меньшей теплопроводностью и соответственно повышенными термоизолирующими свойствами. Его производство является ресурсосберегающим и соответственно более рентабельным. При производстве блоков пониженной плотности содержание твердых веществ в газобетонной смеси значительно снижается. Так, сравнение расчетных рецептов для производства блоков различной плотности показывает, что общее содержание твердых веществ на 1 кубометр газобетонной продукции уменьшается с 568,3 кг при плотности 600 кг/м³ до 276,7 кг при плотности 300 кг/м³, т.е. расход сырья уменьшается на 52% [3, стр. 114–115].



Рис. 2 Продукция “Бетолекс”: армированные плиты перекрытий

Производство блоков пониженной плотности является также менее энергоемким. При автоклавировании блоков пониженной плотности время выдержки может быть сокращено на 2 часа. Это объясняется более пористой структурой газобетона, что позволяет насыщенному пару быстрее проникать вглубь материала.

Заводы с оборудованием Wehrhahn выпускают более легкую продукцию, чем в среднем по отрасли. Усредненный показатель плотности газобетона, выпущенного на заводах с Wehrhahn, составляет 496,4 кг/м³. Это существенно ниже среднего показателя по отрасли [1] (рис. 3).

При снижении плотности ставится также задача сохранения достаточной прочности блоков на сжатие. На некоторых предприятиях Wehrhahn уже освоено производство несущих стеновых блоков очень низкой плотности. Так, завод «Аэрок СПб» еще в 2009 г. сертифицировал продукцию с характеристиками D300 B2,0 F50. Блоки EcoTerm Plus этого производителя имеют при плотности 300 кг/м³ и коэффициенте теплопроводности 0,072 Вт/м·К гарантированную прочность более 2,0 Н/мм² и пригодны для возведения однослойных несущих стен толщиной 200–300 мм, которые удовлетворяют современным требованиям к тепловой защите.

Таким образом, предприятия с оборудованием Wehrhahn опережают остальных представителей отрасли в производстве ресурсосберегающей продукции.

3. Особенности сырьевой базы предприятий, работающих на оборудовании Wehrhahn

3.1. Возможности использования золы вместо песка

Подавляющее большинство газобетонных заводов применяют в качестве кремнеземистого компонента кварцевый песок. На всем постсоветском пространстве имеется только шесть заводов, производящих автоклавный газобетон на основе золы (золы-унос и золы-отвал). При этом зола служит эффективным заменителем кварцевого песка. Она является продуктом сгорания каменного угля и образуется в больших количествах на угольных электростанциях. Использование золы при производстве газобетона позволяет:

- решать экологическую задачу утилизации данного побочного продукта, накапливающегося в больших количествах при эксплуатации угольных электростанций;
- снижать себестоимость газобетонной продукции за счет меньшей стоимости золы по сравнению с песком, а также за счет некоторых технологических преимуществ производства (например, обычно не требуется участок помола сырья);
- улучшить ряд свойств автоклавного газобетона (например, блоки на золной основе обладают меньшей теплопроводностью при той же плотности).

Все шесть заводов, использующих золу в производстве газобетона, укомплектованы оборудованием Wehrhahn. Таким образом, Wehrhahn является единственным постав-

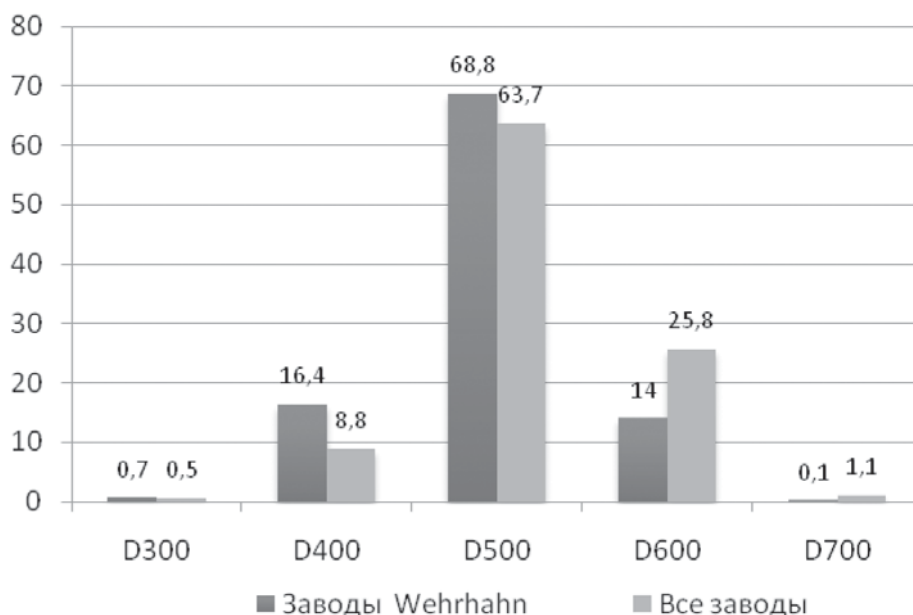


Рис. 3. Производство блоков в России: сравнение по плотности продукции линий Wehrhahn и других линий (2013 г.)

щиком технологий и оборудования для зольных производств газобетона. Необходимо отметить, что производство газобетона на основе золы-отвал долгое время считалось невозможным. Благодаря совместным усилиям технологов Wehrhahn и специалистов заводов на сегодняшний день 350 000 м³ газобетона в год производится полностью на основе золы-отвал.

3.2. Порообразователь: алюминиевая паста вместо пудры

В качестве газообразователя на сегодняшний день принято использовать алюминиевые пудры или алюминиевые пасты. Последние отличаются от пудр комплексными органическими добавками, которые снижают пыление, делая работу с ними более безопасной. Кроме этого, добавки повышают смачиваемость алюминия водой, благодаря чему не требуется дополнительного введения поверхностно-активных веществ при получении алюминиевой суспензии. Таким образом, пасты являются более технологичными и безопасными продуктами, нежели пудры. По данным НААГ на 2013 г., подавляющее число заводов с оборудованием Wehrhahn (15 из 19) использует в качестве газообразователя алюминиевые пасты, в то время как в отрасли в целом наблюдается некоторый паритет в выборе газообразователя [2]. Это свидетельствует о высоких производственных стандартах на заводах Wehrhahn.

4. Факторы, обеспечивающие преимущества производителям газобетона, работающим на оборудовании Wehrhahn

Таким образом, за 10 лет линии Wehrhahn заняли ведущее место на постсоветском рынке производства автоклавного газобетона. Заводы с оборудованием Wehrhahn находятся в авангарде отрасли, эффективно выпуская современную, пользующуюся повышенным спросом продукцию.

Какие факторы способствовали такому успеху?

4.1. Технические преимущества оборудования Wehrhahn

Технологические линии Wehrhahn имеют целый ряд существенных преимуществ, обеспечивающих максимальную эффективность процессов производства. Назовем некоторые из них.

- Оборудование дозирования и смешивания обеспечивает высокую точность дозировки сырьевых компонентов и необходимую интенсивность их смешивания.

- Закрытые зоны предварительного твердения необходимы для оптимизации химических процессов во время созревания массива и сокращения времени твердения.
- Высокоточное оборудование линии резки с двойным кантованием массива обеспечивает точные геометрические размеры изделий и полное отсутствие технологически обусловленных отходов производства (рис. 4).
- Полностью открывающаяся форма позволяет осуществлять автоматическую чистку и смазку форм, что экономит время и снижает расход смазочных материалов.
- Точная настройка параметров автоклавирования, возможность перепуска пара, а также использования вторичного тепла, образующегося в процессе автоклавирования, существенно снижают энергоемкость производственного процесса [4, стр. 21–24].
- Автоматические системы контроля качества продукции: система PCI (Product Control Information: сбор и анализ данных всего производственного процесса), системы контроля подъема массива и его температуры, контроля пластической прочности массива



Рис. 4. Профилирование армированных плит на высокоточной линии резки Wehrhahn



Рис. 5. Третий Семинар Wehrhahn по обмену опытом состоялся в г. Дельменхорст, Германия

и другие обеспечивают безукоризненное качество продукции и позволяют оптимизировать процесс производства.

- Система энергоменеджмента осуществляет учет всего энергопотребления (электричество, газ и др.), выявляет возможности экономии и предлагает меры для снижения расхода энергии [3, стр. 117–118].

4.2. Сервис Wehrhahn и интенсивный обмен опытом с нашими клиентами

Важным фактором успеха заводов Wehrhahn является, несомненно, интенсивный обмен опытом между специалистами заводов и компании Wehrhahn. Именно с этой целью регулярно проводится **Семинар по обмену опытом** для русскоговорящих клиентов Wehrhahn, на который собираются представители всех заводов, работающих на территории бывшего Советского Союза. В доверительной атмосфере обсуждаются насущные вопросы предприятий и идет интенсивный совместный поиск оптимальных решений с одной целью: обеспечить нашим клиентам эффективное производство высококачественной продукции (рис. 5).

Большое значение Wehrhahn придает сервису. По горячей телефонной линии оказывается поддержка на русском языке по всем вопросам, которые возникают в ходе эксплуатации оборудования. **Дистанционное обслуживание** автоматизированных систем управления позволяет максимально оперативно решать производственные задачи совместно со специалистами заводов.

Интенсивная «обратная связь» с нашими клиентами и обмен опытом между немецкими специалистами и персоналом на заводах дают

импульсы как для постоянного дальнейшего совершенствования оборудования, так и для повышения квалификации специалистов, эксплуатирующих данное оборудование, что также находит отражение в высокой культуре производства на линиях Wehrhahn.

5. Перспективы: строительство новых линий, расширение ассортимента, модернизация существующих заводов

По данным НААГ на 2013 г., рынок автоклавного газобетона по-прежнему является ненасыщенным даже в основных регионах России. Практически неосвоенными с точки зрения наличия производств автоклавного газобетона являются Дальний Восток, некоторые регионы Сибири и Северного Кавказа.

Если рассматривать рынок стеновых строительных материалов в целом, очевидно дальнейшее увеличение доли газобетона на данном рынке благодаря его превосходным потребительским качествам: малая плотность и, соответственно, малый вес и прекрасные термоизолирующие свойства, оптимальное соотношение плотности и прочности, очень точные геометрические размеры и др. Еще в 2002 г. доля газобетона на данном рынке была ничтожно мала, в то время как доля керамических изделий в объеме стеновых материалов составляла 80%. Согласно официальной статистике на 2013 г. ячеистый бетон стал основным стеновым материалом в России. Объемы его производства превысили объемы изготовления керамических стеновых материалов (рис. 6). Тенденция **вытеснения газобетоном других стеновых строительных материалов** сохранится и в будущем благодаря постоянному улучшению потребительских

свойств газобетона и расширению ассортимента продукции.

Необходимо отметить, что основные конкурентные стеновые материалы, такие как керамический и силикатный кирпич, прекрасно могут «уживаться» с газобетоном при использовании их в качестве облицовочных материалов для стен из автоклавного газобетона.

Перспективным является, несомненно, и **производство армированных изделий**. Так, в настоящее время активно формируются спрос и предложение на газобетонные перемычки. На наш взгляд, в ближайшее время также возникнет большой интерес к тонким стенам-перегородкам с легким (транспортным) армированием. Данный стеновой материал пользуется большой популярностью в Европе. В России для возведения стен-перегородок пока интенсивно используется силикатный кирпич, и здесь ситуация должна поменяться в пользу крупноформатных, легких стеновых панелей из газобетона. Хорошие перспективы имеют и несущие армированные панели, которые должны потеснить крупноформатные изделия из тяжелого бетона, явно уступающего по своим потребительским качествам газобетону (большой вес, плохая теплоизоляция, неточные геометрические размеры и т.д.).

Развитие рынка армированных изделий сдерживается в настоящий момент, как ни странно, самими производителями газобетона. По оценке НААГ, «рынок очень медленно движется в сторону армированных изделий из газобетона в первую очередь из-за большой востребованности стеновых блоков». Другими словами, рынок газобетонных блоков пока настолько интересен, что производители не торопятся расширять свои производства изготовлением армированных изделий. Однако интерес к данному производству проявляют уже многие производители. В частности, опыт завода «Бетолекс» доказывает перспективность данного направления.

Неизбежным является также **модернизация линий** со старым отечественным оборудованием. На сегодняшний день в России имеется 24 таких завода. Их средний возраст составляет 25 – 30 лет, мощности существенно изношены и требуют замены [1, 2]. По этой причине многие из данных заводов не могут достигнуть своих проектных показателей по выпуску. В ближайшие несколько лет эти предприятия будут вынуждены решать вопрос о реконструкции своих мощностей хотя бы с частичной заменой оборудования.

До сегодняшнего дня Wehrhahn остается единственным из иностранных производителей газобетонного оборудования, оказываю-



Рис. 6. Доли различных стеновых материалов на строительном рынке РФ в 2013 г. (по данным Федеральной службы государственной статистики РФ)

щим услуги по модернизации старых производств. В частности, в прошлом году на Липецком силикатном заводе были модернизированы транспортные системы и участок упаковки блоков. Новое оборудование с высокой степенью автоматизации успешно интегрировано в действующую производственную линию, включая систему электроуправления.

Для комплексной модернизации старых отечественных заводов особенно подходит оборудование типа Wehrhahn SMART, так как в этом случае возможно дальнейшее использование уже существующих машин.

Отметим, что модернизация и расширение – это не только удел старых предприятий. Современное производство газобетона отличается своей инновативностью и соответственно находится в постоянном движении. За 11 лет существования заводов Wehrhahn в странах СНГ и Балтии значительная их часть уже расширяла свои производства и/или внедряла технологические новинки Wehrhahn.

Литература

1. Вишневский, А.А., Гринфельд, Г.И., Смирнова, А.С. Итоги работы предприятий по производству автоклавного ячеистого бетона в 2013 г. // Технологии бетонов. – 2014. – № 4. – С. 44–47.
2. Вишневский, А.А. Отчет об исследовании рынка автоклавного газобетона России // НААГ, 2014 г.
3. Романова, Г.В., Франк Поттин, Уве Шлай. Ресурсосберегающее производство газобетона на оборудовании Wehrhahn // Сборник докладов научно-практической конференции «Современный автоклавный газобетон». – НААГ, Краснодар, 2013 г.
4. Хельбер Клаас, Романова, Г.В. Системы рекуперации тепловой энергии Wehrhahn // Сборник докладов научно-практической конференции «Современный автоклавный газобетон». – НААГ, Санкт-Петербург, 2011 г.

Использование сталеплавильного шлака в производстве ячеистого бетона автоклавного твердения

Барановская Е.И., канд. тех. наук, науч. сотр.

Мечай А.А., канд. тех. наук, зав. кафедрой химической
технологии вяжущих материалов
(БГТУ, г. Минск)

Введение

Основным источником техногенного сырья, используемого для производства строительных материалов, традиционно является черная и цветная металлургия. Широкое применение в производстве шлакопортландцемента, а также в качестве заполнителей для различных видов бетонов, получили доменные шлаки. Однако их использование в производстве автоклавных материалов, в частности, ячеистого бетона, ограничено из-за высокого содержания алюминатов, что отрицательно сказывается на морозостойкости. В то же время на сегодняшний день одним из важнейших направлений металлургической и строительной отраслей настоящее время комплексная переработка и утилизация сталеплавильных шлаков является.

В отвалах ОАО «БМЗ – Управляющая компания холдинга «БМК» (г. Жлобин) накопилось около 10 млн т электросталеплавильного шлака, оказывающего серьезную нагрузку на экологию региона. Ежегодный прирост данного отхода составляет 200–250 тыс. т. Несмотря на множество исследований в направлении переработки подобного сырья электросталеплавильные шлаки используются в настоящее время в количестве 40–50% от общей массы для подсыпки дорог. Оставшиеся 50–60%, представляющие собой фракцию 0–5 мм, накапливаются в отвалах. Причина такого использования сталеплавильных шлаков лежит в непостоянстве свойств этого продукта, неразрывно связанных с неравновесностью их формирования, нестабильностью фазового состава и структуры. Главным препятствием в решении данной проблемы является наличие в частицах шлака тонкодисперсных

стальных включений, которые не поддаются магнитной сепарации и значительно затрудняют помол материала, а при твердении вяжущей системы вызывают ее разупрочнение. Кроме того, в обычных условиях твердения за счет неполной гидратации белитовой фазы в последующем происходит силикатный распад (модификационный переход $\beta\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2 \rightarrow \gamma\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), сопровождающийся увеличением объема и разрушением материала, а высокое содержание кристаллической фазы в шлаке вследствие естественного медленного охлаждения расплава предопределяет его пониженную гидратационную активность. Определение эффективных способов переработки и подготовки шлаков позволит использовать их в качестве сырьевого компонента при производстве строительных материалов, в частности, автоклавного ячеистого бетона.

В связи с этим целью работы являлась разработка составов ячеистого бетона автоклавного твердения с использованием сталеплавильного шлака и исследование его структуры и физико-механических свойств.

Исследование структуры ячеистого бетона

В работе был использован очищенный от металлических включений по технологии ОАО «НПО «Центр» шлак, характеризующийся следующим диапазоном колебания химического состава, мас. %: CaO – 43,0–55,0; SiO_2 – 18,0–24,0; $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ – 8,0–13,0; Al_2O_3 – 5,5–9,0; MgO – 4,0–6,5; MnO – 1,5–3,0. Указанный химический состав позволил предположить присутствие минералов в шлаке, обладающих повышенными вяжущими свойствами в условиях автоклавной обработки. Рентгенофазовый анализ показал, что минералогический состав шлака характеризуется наличием

ларнита β - $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, шеннонита γ - $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, мервинита $3\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$, монтичеллита $\text{MgO} \cdot \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, ранкинита $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$, а также железосодержащих фаз – $3\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$ и магнетита Fe_3O_4 . Установлено, что объемная доля стеклофазы в шлаке колеблется в пределах 0,20–0,25. Высокое содержание кристаллической фазы в шлаке предопределяет его пониженную гидратационную активность в обычных условиях твердения. Распределение частиц в указанных диапазонах (мкм) было следующим, мас. %: 0–1 – 1,76; 1–5 – 14,08; 5–10 – 21,13; 10–35 – 47,53; 35–70 – 15,50.

Шлак вводился в состав ячеистобетонной смеси взамен 30–100 мас. % цемента по сравнению с контрольными (бездобавочными) образцами. Образцы ячеистого бетона подвергались гидротермальной обработке в лабораторном автоклаве при избыточном давлении насыщенного водяного пара 1,0 МПа.

Результаты проведенных исследований [1-3] позволили установить, что процесс твердения бетона в присутствии шлака существенно из-

меняется. Это связано с тем, что минералогический состав шлака характеризуется не только повышенным содержанием высокоосновных силикатов кальция и магния, обладающих вяжущим потенциалом, но и наличием алюминий- и железосодержащих соединений, которые при гидротермальной обработке способны подвергаться гидролизу с выделением в раствор $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и $\text{Al}(\text{OH})_3$, участвующих в образовании алюминий- и железозамещенных гидросиликатов кальция, а также эттрингитоподобных соединений (твердые растворы промежуточного состава $3\text{CaO} \cdot (x\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot (1-x)\text{Fe}_2\text{O}_3) \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$).

Рентгенограммы бетона на основе шлака (рис. 1) характеризуются увеличением интенсивности дифракционных отражений низкоосновных гидросиликатов кальция группы CSH(I) и появлением дополнительных рефлексов тоберморита по сравнению с контрольным образцом. Повышенный уровень закристаллизованности в образце на основе шлака обусловлен наличием следующих кристаллических фаз: $\text{CaSO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 2(\text{Fe}(\text{OH})\text{SO}_4) \cdot 19\text{H}_2\text{O}$,

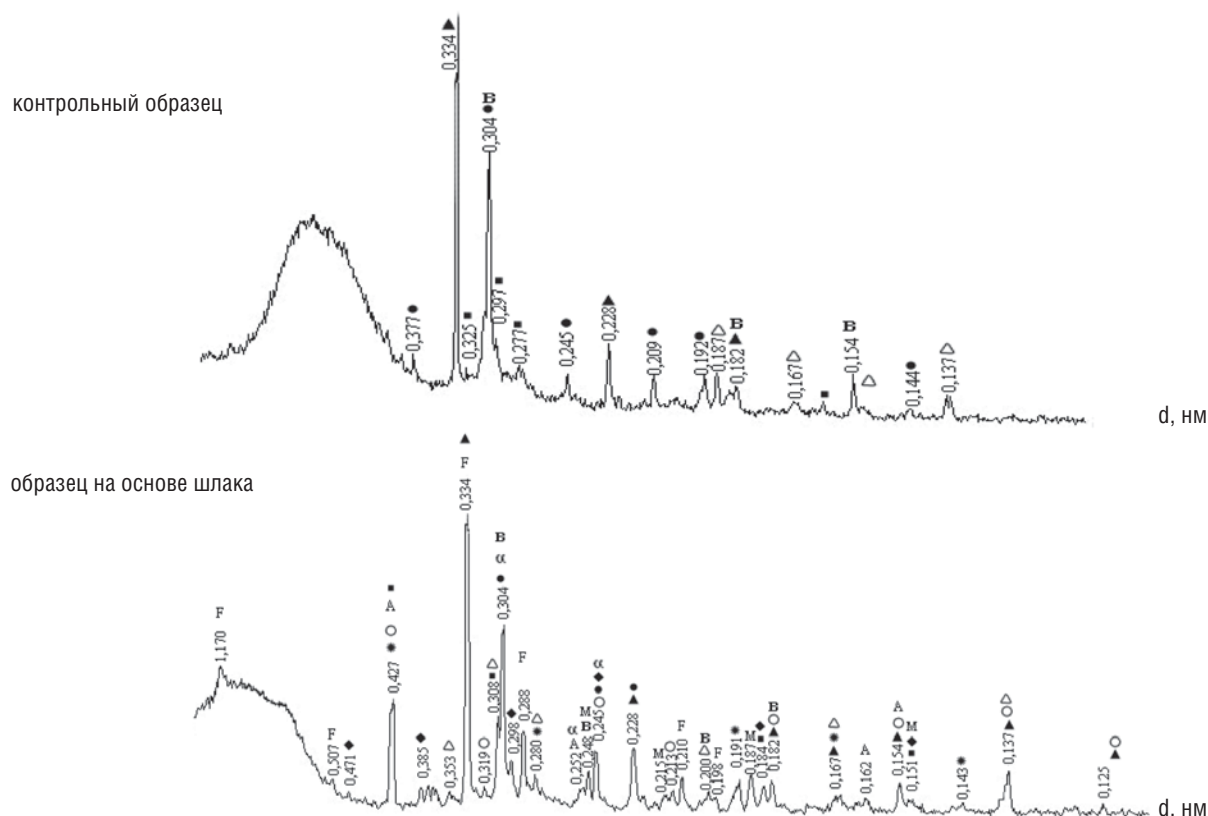


Рис. 1. Рентгенограммы ячеистого бетона

▲ – β-кварц; ● – кальцит CaCO_3 ; M – $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$; A – $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; α – $\alpha\text{-C}_2\text{SH}(\text{A})\text{O}$; * – $\text{CaSO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 2(\text{Fe}(\text{OH})\text{SO}_4) \cdot 19\text{H}_2\text{O}$; ○ – $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; B – CSH(I); ◆ – $3\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$; △ – $5\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; ■ – $6\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$; F – $\text{MgSO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 2(\text{Fe}(\text{OH})\text{SO}_4) \cdot 18\text{H}_2\text{O}$

$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, твердых растворов промежуточного состава $3\text{CaO} \cdot (x\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot (1-x)\text{Fe}_2\text{O}_3) \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ и $\alpha\text{-C}_2\text{SH(A)}$. Основным отличием является наличие рефлексов гидросиликатов магния: $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и славикита $\text{MgSO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, которые вносят дополнительный вклад в формирование прочной структуры межпоровых перегородок бетона. Важное значение для формирования состава новообразований имеет присутствие в ячеистобетонной смеси тонкомолотого песка (удельная поверхность 280–300 м²/кг) и извести. Указанные компоненты значительно повышают гидратационную активность основных кристаллических фаз шлака, способствуя интенсификации процессов твердения и образованию преимущественного низкоосновных гидросиликатов кальция (в том числе тоберморита и ксонотлита) при гидротермальном твердении бетона.

Результаты электронной микроскопии наиболее характерных участков поверхности стекла подтвердили сделанные выше выводы и предположения относительно изменения состава и структуры продуктов твердения бетона на основе шлака (рис. 2). Установлено, что при введении в ячеистобетонную сырьевую смесь шлака существенно изменяется морфология гидратных соединений по сравнению с контрольным образцом. В контрольном образце при среднем содержании в тоберморите алюминия 0,18 мас. % и отсутствии железа сформированы кристаллы длиной до 3–4 мкм в виде тонких удлиненных пластинок и узких табличек, а также отмечается наличие гелевой фазы того же элементного состава. Структура образца на основе шлака характеризуется на-

личием кристаллов алюминий- и железозамещенного тоберморита в виде пластинок длиной 5–8 мкм и 0,4–0,9 мкм в поперечнике.

Исходя из результатов проведенных исследований установлено, что до-полнительное введение со шлаком соединений железа приводит к изменению морфологии кристаллов и формированию гидросиликатов кальция преимущественно пластинчатой структуры. По нашим предположениям ионы Fe^{3+} за счет гетеровалентного замещения типа $\text{Si}^{4+} \leftrightarrow \text{Fe}^{3+}$ могут входить в тетраэдрический слой структуры, оказывая интенсифицирующее воздействие на процесс кристаллизации новообразований.

Исследование физико-механических свойств ячеистого бетона

Особенности структуры пор и материала межпоровых перегородок ячеистого бетона неизбежно влияют на его физико-механические, теплофизические и другие свойства, что было подтверждено результатами как лабораторных, так и производственных испытаний.

Лабораторные испытания позволили установить, что оптимальная микро- и макроструктура образцов обуславливает изменение физико-механических и теплофизических свойств бетона. Влажность после авто-клавной обработки для контрольных образцов с марками по плотности D300–D500 составляет 23–24%, образцов, образцов на основе – 15–16%. При среднегодовой относительной влажности воздуха в Беларуси 79% сорбционная влажность контрольного образца бетона составляет 7%, на основе шлака и САФД – 5,0%. Усадка модифицированных образцов снижается по сравне-

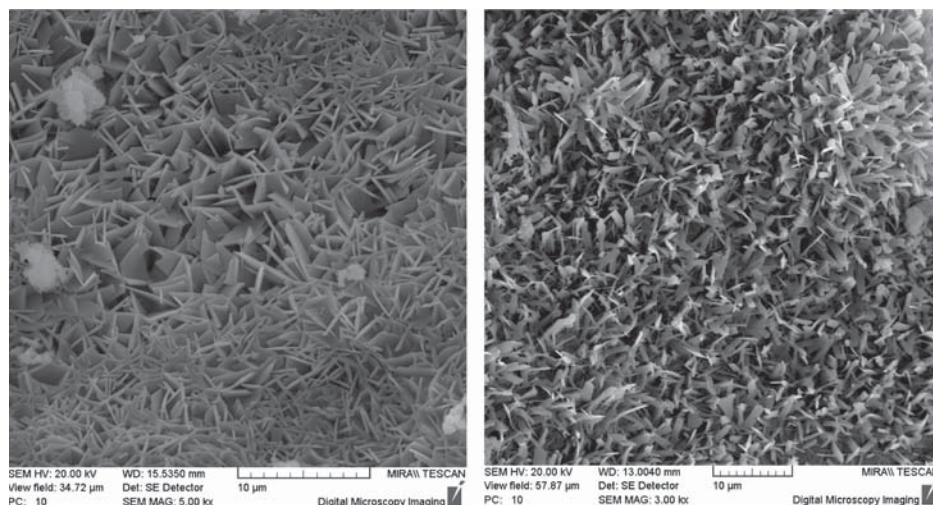


Рис. 2. Электронно-микроскопические снимки ячеистого бетона

Таблица 1

Результаты опытно-промышленной апробации в филиале № 5 «Гродненский КСМ» ОАО «Красносельскстройматериалы»

№ состава	Процент замены цемента на шлак, мас. %	Средняя плотность, кг/м³ ГОСТ 12730.1-78	Влажность бетона после автоклава, мас. %	Прочность на сжатие, МПа	Марка по плотности, СТБ 1117-98	Класс по прочности, СТБ 1117-98	Марка по морозостойкости*, не менее
1.1	—	516	31,0	2,4	D500	B20	F35
1.2	70	492	26,6	2,6	D500	B20	F35
2.1	—	426	31,6	1,8	D450	B15	F35
2.2	50	423	32,0	2,3	D400	B20	F35
3.1	—	271	33,0	0,9	D250	—	—
3.2	30	260	36,0	1,0	D250	—	—
3.3	50	255	37,0	1,1	D250	—	—
4.1	—	374	10,5	1,2	D350	—	—
4.2	30	380	14,0	1,4	D350	—	—
4.3	50	340	14,8	1,4	D350	—	—

*результаты получены в испытательном центре ГП «Институт НИИСМ»

нию с контрольным на 8–10% (для составов на основе шлака – 0,33 мм/м)

Результаты опытно-промышленной апробации в филиале № 5 «Гродненский КСМ» ОАО «Красносельскстройматериалы» представлены в табл. 1.

Задание «Разработка и внедрение ресурсосберегающей технологии автоклавного ячеистого бетона с использованием очищенного от металлических включений электросталеплавильного шлака ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» включено в Государственную программу освоения в производстве новых и высоких технологий на 2011-2015 годы, в связи с чем в настоящее время проводятся работы по адаптации указанной технологии к производственным условиям филиала № 5 «Гродненский комбинат строительных материалов» ОАО «Красносельскстройматериалы», где планируется ее внедрение.

Заключение

Таким образом, установлена принципиальная возможность использования подготовленного электросталеплавильного шлака в составе ячеистобетонных смесей, что позволяет частично либо полностью заменить такой

дорогостоящий и энергоемкий сырьевой компонент, как цемент. При этом обеспечивается формирование хорошо закристаллизованной структуры продуктов гидросиликатного твердения, представленных алюминий- и железозамещенными гидросиликатами кальция различной основности и этtringитоподобными соединениями. Указанные изменения состава и структуры бетона приводят к значительному повышению его прочности и улучшению других физико-механических и теплофизических свойств.

Литература

1. Мечай, А.А. Структура и свойства модифицированного ячеистого бетона на основе электросталеплавильного шлака / А.А. Мечай, Е.И. Барановская // Строительная наука и техника. – 2011. – № 5 (38). – С. 40–44.
2. Мечай, А.А. Модифицированный автоклавный ячеистый бетон на основе электросталеплавильного шлака / А.А. Мечай, Е.И. Барановская // Проблемы современного бетона и железобетона: материалы III Междунар. симпози., Минск, 9–11 нояб. 2011 г.: в 2 т. / РУП «Институт БелНИИС»; редкол.: М.Ф. Марковский [и др.]. – Минск, 2011. – Т. 2. – С. 369–387.
3. Мечай, А.А. Автоклавный ячеистый бетон с использованием электросталеплавильного шлака / А.А. Мечай, Е. И. Барановская, С.В. Ласанкин // Труды БГТУ. – 2011. – № 3: Химия и технология неорган. в-в. – С. 40–44.

Опыт производства в России ячеистого бетона автоклавного твердения на современных комплектных линиях поставки КНР

Анучин С.М., генеральный директор ЗАО «Автоклав-Сервис»
(Россия, г. Тольятти)

При выборе партнера – поставщика оборудования для производства ячеистого бетона автоклавного твердения – покупателю необходимо рассмотреть и обратить пристальное внимание на несколько основных вопросов:

- качество предлагаемого оборудования;
- комплектность поставки;
- цена комплекта оборудования и его монтажа;
- сертификация оборудования и другая разрешительная документация – это особенно относится к выбору автоклавов;
- инженерное сопровождение проекта, включая наличие квалифицированных конструкторов, технологов, монтажников, специалистов по автоматизации и т.д.;
- гарантийные обязательства;
- поставка запасных частей и расходных материалов в будущем.

В настоящем сообщении отражен опыт поставки и работы в Белоруссии и России линий по производству ячеистого бетона китайской компанией Yanbian Kangrun (Shanghai) Co., LTD, а также совместная работа с компанией ЗАО «Автоклав-Сервис» г. Тольятти по размещению заказов на автоклавы различного типоразмера, опыт их регистрации и эксплуатации.

Сегодня линии, поставленные данной компанией, работают на следующих предприятиях:

- Могилевский ООО «Газосиликат». Производительность 1000 м³/в сутки. Работает с 2007 года, автоклавы Ø2,85x38 м – 7 шт. (фото № 1).
- г. Набережные Челны (Татарстан), завод Uniblock. Производительность 1000 м³/в сутки. Срок монтажа оборудования с даты поставки до запуска 10 месяцев. Линия работает 8 месяцев. Автоклавы Ø 2,75x40 м – 7 штук (фото № 2).

- г. Пенза. Завод мощностью 800 м³/в сутки. В стадии пусконаладки автоклавы Ø2,68x32 м – 7 штук.
- г. Благовещенск. Производительность 400 м³/в сутки, автоклавы Ø2,75x32 м – 3 штуки. Завод в стадии строительства (фото № 3-4).

Для успешного ведения инженеринговой и внешнеэкономической деятельности компания Kangrun в течение 10 лет создала специализированную команду, включая своих инженеров, конструкторов, технологов, переводчиков.



Фото 1

Как известно, при производстве газобетона наиболее ответственным и опасным при эксплуатации оборудованием являются автоклавы. Для обеспечения надежности автоклавов и приведения их конструкции и документации к российским нормам китайская компания провела большую инженерную работу с ЗАО «Автоклав-Сервис» г. Тольятти.

ЗАО «Автоклав-Сервис» выбрал производителя автоклавов в Китае, этот производитель – компания Jiangsu Sifang Boiler Co., LTD. Компа-



Фото 2

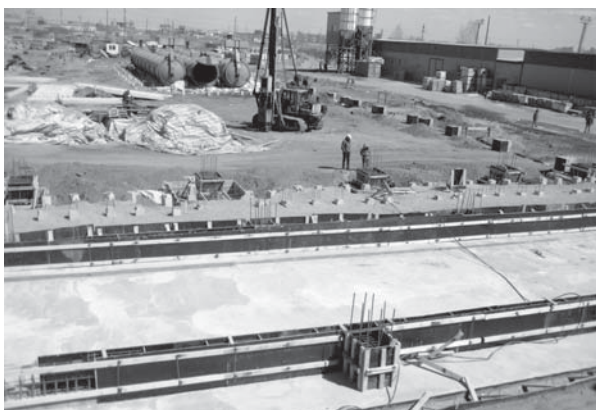


Фото 3

ния Sifang является крупным производителем автоклавов и паровых котлов, имеет американский сертификат ASME и Российский сертификат соответствия.

ЗАО «Автоклав-Сервис» строго по российским нормам контролирует качество автоклавов, включая металл для изготовления корпусов, конструкцию автоклавов, их производство, поставку, монтаж и пусконаладку в России. Таким образом, обеспечивает активные работы по автоклавам Sifang в России и в других странах СНГ.

После проведенных в российских лабораториях исследований установлено, что для корпусов автоклавов применяется котельная сталь 17 ГС, ГОСТ 5520, разрешенная к применению Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением ПБ 03–576–03.

Специалисты ЗАО «Автоклав-Сервис» имеют 30-летний опыт проектирования, постановки на производство и экспертизы действующих автоклавов. С участием специалистов ЗАО «Автоклав-Сервис» создана в разные годы вся нормативная документация, связанная с проектированием, эксплуатацией и экспертизой автоклавов для строительной индустрии России.

«Автоклав-Сервис» выполняет весь комплекс работ для любого заказчика, включающий выбор автоклавов, их расстановку, разработку строительного задания, чертежей паровой и электрической обвязки. Проектирование, изготовление и монтаж систем автоматизации процесса обработки газобетона. Обеспечение систем безопасности автоклавов.

На каждую партию автоклавов, предназначенных для поставки в Россию, ЗАО «Автоклав-Сервис» разрабатывает и согласовывает



Фото 4

球磨机

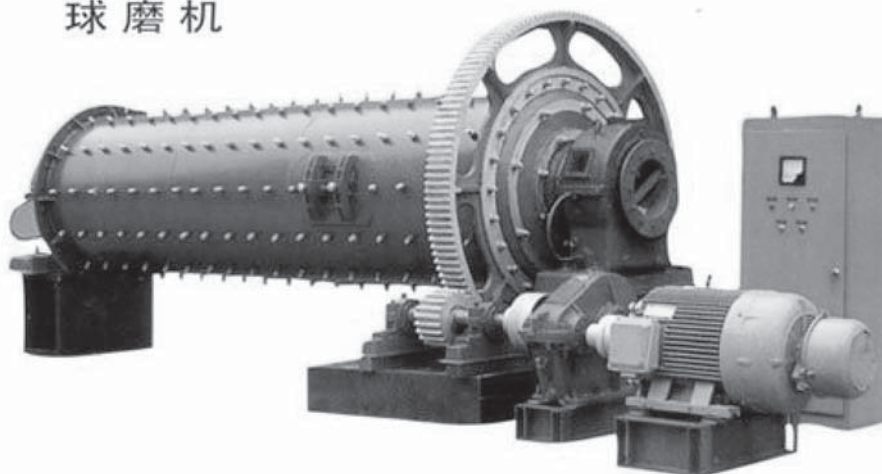


Фото 5

ет с заводом-изготовителем техническое задание, согласно заявке заказчика, создает всю техническую документацию, включая паспорт сосуда и комплект чертежей на русском языке, производит комплектацию автоклава сертифицированными российскими датчиками, сертифицированной запорно-регулирующей арматурой. Поскольку проект установки автоклава и проект паровой обвязки должен проходить экспертизу в лицензированной экспертной организации, то комплекс этих работ, включая разработку и поставку системы автоматизации автоклавов, а также пусконаладочные работы берет на себя ЗАО «Автоклав-Сервис», в том числе под-

готовку пакета документов для регистрации автоклава в органах Ростехнадзора.

ЗАО «Автоклав-Сервис» имеет от Sifang сертификат, подтверждающий право на выполнение любых работ с автоклавами на территории России от лица завода-изготовителя.

Еще одним важным и крупным компонентом оборудования в линии является мельница для измельчения песка. Компания Kangrun комплектует линии мельницами от крупнейшего и хорошо зарекомендовавшего себя производителя XUZHOU MALONG GRUP.

MALONG GRUP выпускает широкий спектр шаровых мельниц различной производительности мокрого и сухого помола (фото № 5). Сроки поставки полного комплекта оборудования для производства ячеистого бетона, включая автоклавы и мельницы, составляет 3–4 месяца с даты заключения контракта.

Одновременно ЗАО «Автоклав-Сервис» и компания Kangrun создают в Тольятти склад запасных частей и расходных материалов для поставляемого оборудования по производству ячеистого бетона.

Таким образом, благодаря проведенной кропотливой и многолетней работе компания China Yanbian Kangrun (Shanghai) и ее официальный партнер в России ЗАО «Автоклав-Сервис» (г. Тольятти) располагают всеми необходимыми ресурсами для поставки и пусконаладки современных линий по производству ячеистого бетона различной производительности.



Алюминиевый газообразователь. Процесс непрерывного улучшения

Змановский С.В., Игumenъщев А.С.,
ОК РУСАЛ

Выбор состава и способа получения сырьевой смеси является наиболее важным элементом технологии производства ячеистобетонных изделий. Всем производителям газобетона хорошо известно, что качество продукции зависит от очень многих факторов. Наиболее важным является качество сырьевых компонентов – извести, цемента, песка, гипса, алюминиевого газообразователя. Как известно, в странах СНГ рынок сырьевых материалов очень богат, но в силу того, что в каждом регионе сырьевые компоненты имеют свои особенности, идеальных рецептов по формированию ячеистобетонной смеси не существует.

Важнейшей технологической особенностью получения высококачественных газобетонных изделий максимальной пористости и достаточной прочности является создание оптимальных условий для двух одновременно протекающих процессов газовыделения и газодержания. Необходимо обеспечить соответствие между скоростью реакции газовыделения и скоростью нарастания структурной вязкости цементного раствора. При этом выделение газа должно как можно полнее закончиться к началу схватывания системы цемент-вода. Протекание процесса газообразования определяется большим количеством различных факторов. Наибольшее влияние на скорость этого процесса оказывают вид, количество и свойства газообразователя, основные свойства которого будут рассмотрены ниже.

Поскольку алюминиевый пигмент выступает в качестве газообразователя и способствует образованию пор, важными являются те его свойства, которые оказывают существенное воздействие на процесс вспучивания массива ячеистого бетона и распределение размеров пор в массиве.

Основным фактором при выборе газообразователя является определение оптимально-

го варианта как в отношении конечного ассортимента изделий из ячеистого бетона, так и в отношении протекания процесса газообразования. В настоящее время ведущие производители алюминиевых газообразователей предоставляют достаточно широкий ассортимент продукции, позволяющий подобрать наиболее подходящий для производства газобетона.

Рынок газобетона становится все более требовательным к качеству газообразователя. Постоянно увеличивается спрос на мелкие продукты, необходимые для производства газобетона плотностью D400 и ниже. В связи с этим компанией РУСАЛ было принято решение о модернизации предприятий порошковой металлургии. Первым этапом проекта стала установка современной размольной системы HOSOKAWA Alpine (Германия) на предприятии СУАЛ-ПМ в г. Шелехов.

Новое оборудование позволило увеличить производственные мощности и начать выпуск новых видов алюминиевых газообразователей для производства газобетона, которые соответствуют самым высоким стандартам качества. Эта система позволяет поднять качество продукции на принципиально новый уровень, т. к. с его помощью стало возможным получать новые пудры монодисперсного состава – так называемые “узкие” пудры с гранулометрическим составом от 10 до 70 мкм. Узкий диапазон гранулометрического состава и качество размола – это основные характеристики, существенно влияющие на кинетику газовыделения.

Полное окончание газовыделения новых продуктов происходит на 10–12 минуте – значительно раньше пудр, изготовленных по старой технологии. Этот показатель является определяющим для многих производителей ячеистого бетона. Величина частиц алюминия должна быть более однородной, как показано на рис. 1. Здесь же приведено сравнение гра-

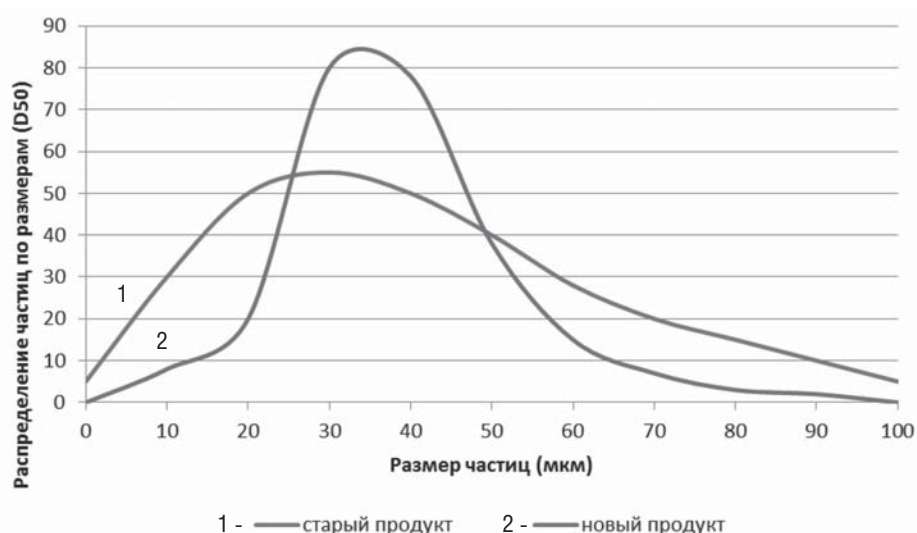


Рис. 1. Сравнение гранулометрического состава старой гидрофильной пудры ГАП-3 и ее аналога, произведенного на новом оборудовании

нулометрического состава гидрофильной пудры ГАП-3, произведенной по старой технологии и ее аналога, произведенного на новом оборудовании. Измерения осуществлялись при помощи лазерного дифракционного микроанализатора размеров частиц “Analysette 22” фирмы FRITSCH. Этот прибор основан на явлении дифракции сходящегося лазерного луча и зависимости угла рассеяния света от размера.

Равномерность размеров частиц необходима для получения равномерного вспучивания и образования одинаковых по размеру пор в объеме изделия из ячеистого бетона (рис. 2).

Результаты анализов первых партий новых алюминиевых газообразователей показали, что по основным характеристикам (качество размола, кинетика газовыделения, содержание активного алюминия, степень смачива-

емости) продукция ОК РУСАЛ не уступает продукции ведущих европейских производителей, таких как Schlenk, Benda-Lutz, Eckart. Необходимо отметить, что продукция ОК РУСАЛ производится на внутреннем рынке с наиболее выгодными для потребителя условиями.

Вторым этапом модернизации планируется установка в 2014 году специальных смесителей на производствах в Волгограде и Шелехове. Это оборудование позволит производить алюминиевые пасты с объемом содержания сольвента в продукте от 10 до 35% и обеспечит безопасность использования.

Параллельно с модернизацией оборудования в компании РУСАЛ разработана новая методика определения количества выделившегося водорода. Цель метода – определение кинетики газовыделения порошкообразного и час-

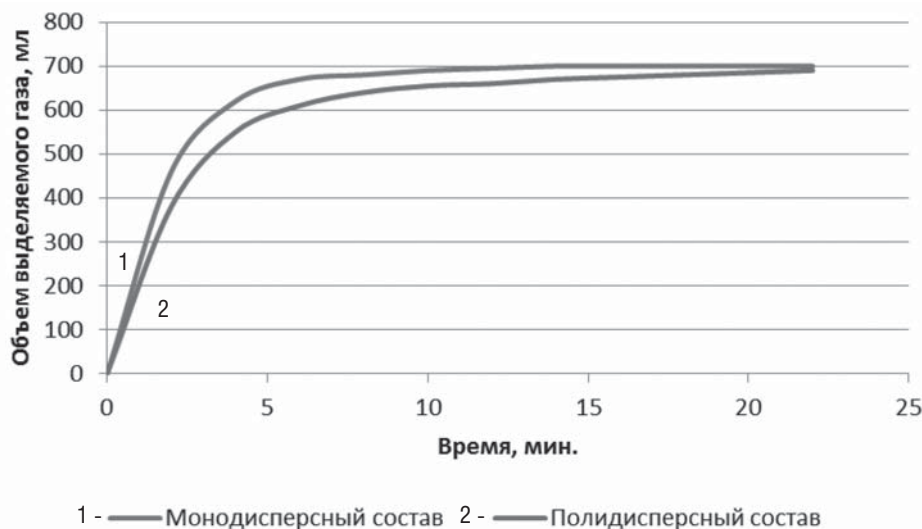


Рис. 2. Кинетика газовыделения пудр монодисперсного и полидисперсного состава

точно скомкованного образца продукции. Метод основан на определении объема выделившегося водорода при взаимодействии алюминиевой пудры (пасты) с гидроокисью кальция в стандартных заданных условиях. Ранее характеристики газообразователей определялись по кроющей способности на воде, остатку на ситах и содержанию активного алюминия и примесей в продукте. Новая методика позволяет определять характеристики, существенно влияющие на процесс формирования газобетонного массива, но которые не определялись ранее. Прежде всего – это возможность определить динамику выделения водорода (V) в см³ на 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 и 22 минутах.

Одной из важных проблем при использовании алюминиевых паст в качестве газообразователей является присутствие укрупненных агломератов (склеенных комков). При приготовлении алюминиевой суспензии подобные частицы не отделяются друг от друга и не позволяют получить однородную структуру ячеистого бетона. Реакция газовыделения у укрупненных агломератов происходит значительно медленнее аналогичной реакции с участием свободной частицы, часто вызывая бурную конечную стадию газовыделения. Для решения этой проблемы в компании РУСАЛ было обращено особое внимание на совершенствование характеристик поверхностно-активного вещества (ПАВ), которое обеспечивало бы хорошую смачиваемость газообразователя в воде и од-

новременно препятствовало бы агломерации. Разработана система подачи ПАВ непосредственно в мельницу, что позволило добиться его равномерной адсорбции на алюминиевых частицах, исключая присутствие укрупненных агломератов. В компании также ведутся работы по улучшению качества ПАВ. Проводятся испытания различных образцов ПАВ как на синтетической, так и на органической основе. Испытываются различные добавки, обеспечивающие задержку реакции начала газовыделения. На многих заводах это актуально.

Повышение качества газообразователя – естественная и необходимая мера в современных условиях. На заводах, работающих на всем пространстве СНГ, можно наблюдать общую тенденцию к увеличению количества импортных технологических линий и к снижению плотности АГБ, что естественно, предъявляет жесткие требования к качеству газообразователя.

В настоящее время ОК РУСАЛ продолжает целенаправленно модернизировать производство и совершенствовать качество газообразователей. Для работы в этом направлении в компании запланированы дополнительные инвестиции. В 2015–2017 годах будет продолжена разработка новых технологических решений и “know-how”, которые имеют своей конечной целью выпуск продукта, превосходящего по качеству лучшие зарубежные аналоги и в то же время более доступного по цене.



ЗАО «Могилевский КСИ» – базовое предприятие конференции

ЗАО «Могилевский КСИ» – один из крупнейших производителей изделий из автоклавного ячеистого бетона и силикатного кирпича в регионе СНГ и Балтии. Высококвалифицированные специалисты, современное оборудование, постоянное совершенствование технологий, широкое внедрение автоматизированных и компьютеризированных систем управления, многолетний опыт работы комбината обеспечивают высокое качество продукции.

Закрытое акционерное общество «Могилевский комбинат силикатных изделий» – предприятие промышленности строительных материалов. Комбинат выпускает широкий спектр стройматериалов:

- блоки из ячеистого бетона для кладки на клею и на растворе;
- перемычки брусковые из ячеистого бетона;
- плиты теплоизоляционные из ячеистого бетона;
- кирпич и камни силикатные пустотелые лицевые и рядовые;
- плиты пенополистирольные теплоизоляционные;
- смеси бетонные и растворные;
- железобетонные изделия;
- сухие строительные смеси.

Могилевский КСИ введен в эксплуатацию в 1968 году. На сегодняшний день комбинат является закрытым акционерным обществом с численностью работников около 800 человек.

Первую продукцию – кирпич силикатный комбинат выпустил 13 августа 1968 года, а в декабре того же года началось производство изделий из ячеистого бетона. Первые блоки из ячеистого бетона выпускались по опыту Рижского ЖБК–1 в формах объемом 8,8 м³ с ручной резкой. В процессе производства блоков из ячеистого бетона за период с 1969 года по настоящее время пройдены следующие этапы совершенствования технологии и резательного оборудования:

1969–1975 гг. – ручная резка в формах объемом 8,8 м³;

1975–1993 гг. – механизированное разрезание массивов рамкой в формах объемом 8,8 м³;

1980–1989 гг. – на III технологической линии работал резательный комплекс типа «Универсал»;

1990–1993 гг. – замена резательного оборудования на резательный комплекс типа «Силбетблок».

Первый такой резательный комплекс был смонтирован и пущен в эксплуатацию в 1989–1990 гг. во вновь построенном пролете 7-й технологической линии. Резательный комплекс «Силбетблок» в определенной мере удовлетворял в 1990-х годах требования рынка стройиндустрии в качественных и количественных показателях блоков из ячеистого бетона.

Однако в начале нового тысячелетия тенденции рынка изменились в части значительного повышения требований к качеству продукции. В этот период отмечен и рост спроса на блоки из ячеистого бетона при его снижении на кирпич и крупноразмерные армированные изделия.

Учитывая вышеизложенные обстоятельства, руководством комбината принято кардинальное решение, обеспечившее наряду с наращиванием объемов производства высокое качество блоков. В конце 2002 года были начаты работы с немецкой фирмой «Masa-Henke» по проектированию, приобретению оборудования, монтажу новой прогрессивной технологической линии, обеспечивающей выпуск блоков, в том числе пазогребневой формы для кладки на тонкослойный клеевой раствор.

30 марта 2004 года был заформован и прошел полный цикл обработки в пуско-наладочном режиме первый массив блоков.

В 2009 году освоен выпуск армированных перемычек из ячеистого бетона, которые благодаря своим уникальным свойствам успешно применяются в гражданском строительстве.

В 2010 году запущена в эксплуатацию еще одна немецкая высокопроизводительная линия по выпуску блоков из ячеистого бетона для кладки на клеевой раствор. Линия воплотила все последние разработки немецкой компании «Masa-Henke» – безусловного мирового лидера среди производителей оборудования для стройиндустрии.

При производстве блоков используется техника струнной резки, что позволяет достичь высокой точности геометрических размеров изделий. Линейное отклонение размеров блока от заданных не превышает $\pm 1-1,5$ мм, что позволяет применять при кладке клеевой раствор. Поверхность стены при этом получается ровной, что дает возможность ограничиться нанесением тонкого слоя отделочного материала.

Использование струнной технологии позволяет добиться также и широкого разнообразия размеров и конфигураций ячеистобетонных блоков. Кроме того, существующая технология позволяет производить блоки с системой «паз-гребень» и специальными выемками для рук для обеспечения удобства при укладке блоков. При этом перестройка линии на новый размер может быть выполнена в течение нескольких минут, что дает возможность предприятию-изготовителю быстро выполнить заказ на необходимый вид продукции.

В настоящее время изделия из ячеистого бетона выпускаются на 5-ти технологических линиях:

- технологическая линия № 1 «Силбетблок» – выпуск блоков из ячеистого бетона 3 категории, перемычек из ячеистого бетона, плит теплоизоляционных из ячеистого бетона;
- технологические линии № 2, № 3 «Силбетблок» – выпуск блоков из ячеистого бетона 3 категории, плит теплоизоляционных из ячеистого бетона;
- технологические линии № 6, № 7 «Masa Henke» – выпуск блоков из ячеистого бетона 1 категории.

Параллельно с производством блоков из ячеистого бетона выполнялись работы по повышению качества силикатного кирпича, осваивался выпуск других, новых для комбината видов продукции стройиндустрии.

В 1982 году комбинат освоил выпуск утолщенного силикатного кирпича пустотностью 12–13%. В 1985 году пустотность кирпича повышена до 17–18%. В 1997 году приобретен и запущен в производство гидравлический пресс БСП–500 немецкой фирмы «Боймер и Боймер», который обеспечивал выпуск высококачественного силикатного кирпича и камней с пустотностью 20–24%.

В 2006 году приобретен, смонтирован и запущен в работу немецкий гидравлический пресс HDP–800 с технологией двухстороннего прессования немецкой фирмы «Masa-Dorstener». В июне 2012 года закончены работы по монтажу и запуску в работу очередного немецкого пресса фирмы «Masa-Dorstener». Это высокопроизводительный гидравлический пресс HDP–800N.

Установка немецких прессов позволила увеличить выпуск лицевого силикатного кирпича и наладить выпуск камней силикатных.

В настоящее время силикатный кирпич выпускается на 7-и прессах:

- револьверные пресса CM816 № 1–4 — 2-пустотный силикатный кирпич;
- гидравлические пресса BSP500 № 5, HDP800 № 6 – 11-пустотный силикатный кирпич, камни силикатные;
- гидравлический пресс HDP800N № 7 – 11-пустотный силикатный кирпич, камни силикатные, окрашенный силикатный кирпич и камни.

Во второй половине 1990-х годов комбинат освоил выпуск строительных растворов, бетонных смесей, плит пенополистирольных и других видов продукции. В 2012 году введен в эксплуатацию новый растворобетонный узел с итальянским оборудованием, что позволило значительно повысить качество отпускаемых бетонных и растворных смесей.

В 2013 году комбинат освоил выпуск колец цилиндрических фальцевого типа, плит перекрытий и плит днищ, предназначенных для устройства смотровых колодцев повышенной герметичности. Кольца производятся на высокотехнологичном оборудовании фирмы BFS по технологии вибропрессования с использованием жестких бетонных смесей.

Модернизация схем упаковки продукции с использованием новейших упаковочных машин датского и итальянского производства позволила повысить транспортабельность продукции и полностью исключить возможность

случайного ее повреждения при транспортировке.

В состав предприятия входят цеха основного и вспомогательного производства. К подразделениям основного производства комбината относятся: цех газосиликатных изделий; цех силикатного кирпича; транспортно-сырьевой цех. Вспомогательное производство включает железнодорожный цех; цех карьер-гараж; паросиловой цех; ремонтно-механический цех; электроцех; ремонтно-строительный цех.

В течение всей производственной деятельности продукция Могилевского КСИ пользуется устойчивым спросом на строительных рынках Республики Беларусь, Российской Федерации, Украины, стран Балтии. Сертификаты соответствия Республики Беларусь, Российской Федерации, Евросоюза подтверждают ее вы-

сокое качество. Продукция комбината обеспечивает строительство комфортного, экологически безопасного жилья.

На предприятии действует система менеджмента качества на соответствие требованиям СТБ ISO 9001, система управления охраной окружающей среды СТБ ИСО 14001, система управления охраной труда СТБ 18001.

На комбинате постоянно выполняются работы по совершенствованию технологии, модернизации оборудования, повышению качества продукции благодаря тесному сотрудничеству с научно-исследовательскими, проектными, академическими институтами и университетами Республики Беларусь, а также с фирмами Западной Европы. И в перспективе коллектив предприятия не намерен останавливаться в развитии.



**ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«МОГИЛЕВСКИЙ КОМБИНАТ СИЛИКАТНЫХ ИЗДЕЛИЙ»**

Республика Беларусь, 212030, г. Могилев, ул. Крупской, 224
E-mail: sbyt_ksi@tut.by
www.mglksi.by

РУКОВОДСТВО

Директор – Пац Василий Николаевич +375 222 72 22 68
Главный инженер – Моисеенко Валерий Александрович +375 222 72 22 51
Заместитель директора по коммерческим вопросам –
Никифоров Виктор Иванович +375 222 72 22 37

Приемная:
+375 222 72 22 38 (факс)

Отдел маркетинга и сбыта:
+375 222 72 22 52, +375 222 72 22 59, +375 222 72 22 39 (факс)

Фирменный магазин:
+375 222 72 22 14

Финансовый отдел:
+375 222 72 22 41 (факс)

Отдел материально-технического снабжения:
+375 222 72 22 32 (факс)

Некоторые результаты экспериментальных исследований теплофизических характеристик автоклавных ячеистых бетонов низких плотностей и учет их влияния на тепловлажностный режим наружных стен зданий

Крутилин А.Б., зав. лаб. теплофизических исследований
(РУП «Институт БелНИИС», г. Минск)

Лешкевич В.В., научный сотрудник
(БНТУ, г. Минск)

Рыхленок Ю.А., зав. отделом ограждающих конструкций
(РУП «Институт БелНИИС», г. Минск)

Введение

Строительство современных зданий предполагает эффективное использование строительных материалов с целью максимального использования их теплозащитного потенциала. При этом достигается меньшая толщина наружных стен и, как следствие, меньшая нагрузка на несущие элементы каркаса здания при их поэтажном исполнении. Этим обеспечивается не только экономия тепловой энергии на отопление зданий, но и ресурсосбережение.

Для эффективного использования теплозащитного потенциала строительных материалов необходимо прежде всего такое конструктивное исполнение наружных стен, при котором они в течение каждого годового отопительного периода будут иметь минимальные влажности и, соответственно, минимальные коэффициенты теплопроводности. Однако уменьшение сроков строительства зданий приводит к возведению наружных стен с материалами, имеющими технологическую и строительную влажность. Во многих случаях влажности материалов значительно превышают показатели их максимального сорбционного увлажнения, а также расчетные массовые отношения влаги, принимаемые при теплотехнических расчетах по ТКП 45–2.04–43 [1]. При таких условиях возникают несколько негативных моментов для ограждающих конструкций:

- коэффициенты теплопроводности материалов будут повышенными, а сопротивление теплопередаче, являющееся основным показателем теплозащиты наружных ограждающих

дающих конструкций, – пониженным, что, несомненно, приведет к недотопу помещений и нарушению параметров микроклимата;

- “пик” максимальной влажности материалов будет расположен у наружных защитных или отделочных слоев.

Если недотопы помещений в первые годы эксплуатации зданий целым рядом способов устранимы, то значительное увеличение влажностей материалов у наружной поверхности стен сказывается весьма негативно для их дальнейшей эксплуатации. Так, “тонкие” слои материалов у наружной поверхности стен в процессе эксплуатации в холодный период года испытывают многочисленные переходы через 0 °С и при наличии сверхсорбционной влаги претерпевают микроразрушения порового пространства за счет исчерпания ресурса морозостойкости.

Все вышеперечисленное характерно для массово используемых наружных стен, выполняемых кладкой из ячеистобетонных блоков. Блоки имеют повышенную технологическую влажность; повышенная влажность ячеистого бетона характерна и при эксплуатации наружных стен зданий в первые годы после возведения. Для таких условий очень важным является выбор типа и характеристик наружных защитных (отделочных) слоев с целью обеспечения необходимого межремонтного периода их эксплуатации (далее – долговечности).

Для прогнозирования влажностного режима, а также долговечности наружных стен зда-

ний с использованием ячеистого бетона (с повышенной технологической влажностью) необходимо иметь теплофизические характеристики данного материала, в том числе и определяющие движение жидкой влаги в изотермических и не изотермических условиях.

1. Влияние влажности на коэффициент теплопроводности ячеистого бетона

Для расчетов тепловлажностного режима, а также прогнозирования долговечности наружных стен необходимы точные данные о зависимости теплопроводности от влажности не только при положительных температурах, но и в области отрицательных температур, т. к. именно они должны использоваться при расчетах температурного режима «промерзающей» части наружной стены.

Несмотря на то, что вопрос зависимости теплопроводности от влажности считается достаточно изученным (публикации Г. Бове, Кауфмана Б.Н., Кривицкого М.Я., Франчука А.У., Виноградского В.М. и др. авторов), данные для ячеистого бетона низких плотностей ($\rho = 400$ и 500 кг/м^3) в области отрицательных температур ограничены.

Еще более ограничены данные по влажностям материалов, при которых в порах материалов не образуется лед. Известно, что в области температур наружного воздуха, соответствующих условиям эксплуатации ограждающих конструкций, вода в порах материалов всегда содержится в том или ином количестве, и только часть ее переходит в лед при понижении температуры ниже $t_n = 0^\circ\text{C}$. Если свободная несвязанная вода при нормальном атмосферном давлении имеет температуру замер-

зания $t_n \approx 0^\circ\text{C}$, то поровая (пленочная) вода материалов, находящаяся под воздействием поверхностных сил, имеет более низкую температуру замерзания. Т.е. при определенной влажности материала влага в его порах в области отрицательных температур может вообще не переходить в лед.

Лабораторные исследования влияния влажности на коэффициент теплопроводности ячеистого бетона проводили на образцах (тип «З»). При этом варьировались:

- плотность образцов ($\rho = 400$ и 500 кг/м^3);
- влажность образцов (близкая к 5%, 10%, 20%, 30%, 40% и 50% по массе).

Образцы увлажнялись водой до определенной влажности и упаковывались со всех сторон в полиэтиленовую пленку. В таком состоянии они выдерживались в условиях, близких к изотермическим, для равномерного перераспределения жидкой влаги по их толще. После выдержки в изотермических условиях образцы испытывались в установке для измерения теплопроводности типа «NETZSCH HFM 436 Lambda» в БНТУ. Экспериментальные данные систематизированы и приведены на рис. 1 и 2.

Для отрицательных температур увеличение коэффициента теплопроводности происходит при влажности ячеистого бетона более $W = 20\%$ для плотности $\rho = 400 \text{ кг/м}^3$ и более $W = 15\%$ по массе для плотности $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$, что связано с началом образования льда в порах материалов. В зависимости от температуры образцов только часть жидкой влаги переходит в лед, при этом начало образования льда происходит при температуре порядка $t_{\text{обр}} \approx -2,0^\circ\text{C}$.

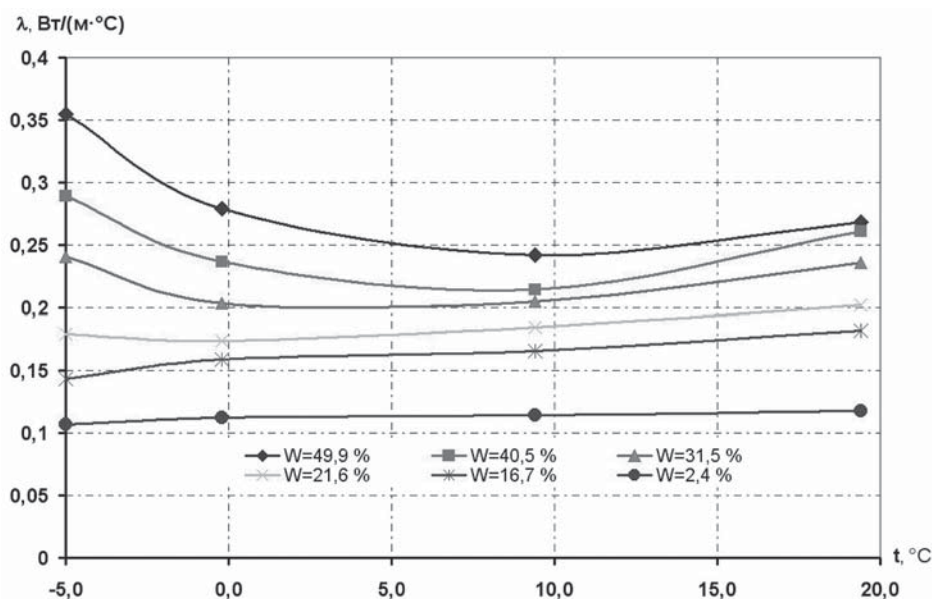


Рис. 1. Зависимость коэффициента теплопроводности ячеистого бетона ($\rho = 400 \text{ кг/м}^3$) от температуры и массовой влажности

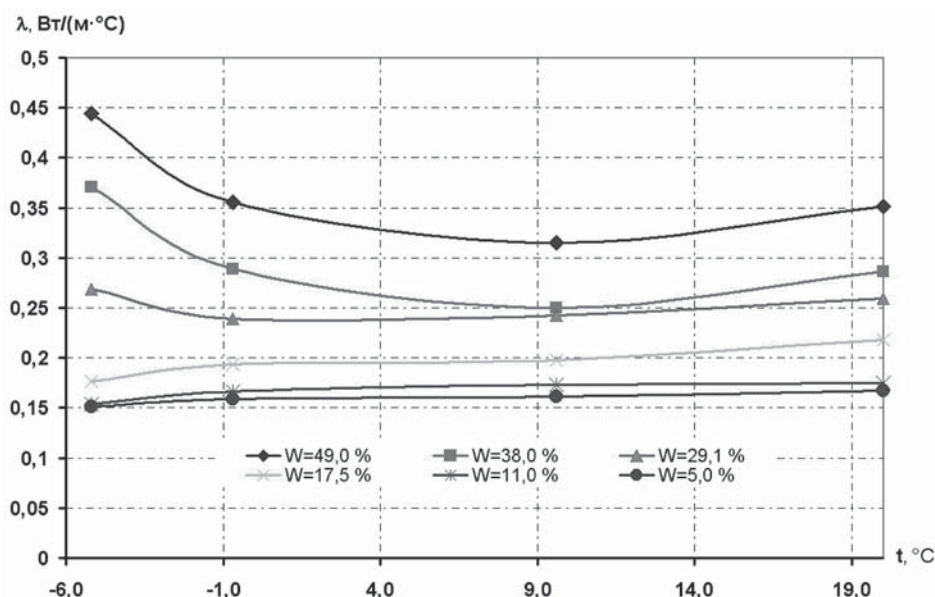


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплопроводности ячеистого бетона ($\rho = 500 \text{ кг/м}^3$) от температуры и массовой влажности

С понижением температуры коэффициенты теплопроводности ячеистого бетона в зависимости от влажности могут как увеличиваться, так и уменьшаться. Это позволяет определить граничные влажности, при которых для отрицательных температур в порах материалов лед не образуется или его количество незначительно.

Следует отметить, что полученные экспериментальные данные отличаются от данных, приведенных в работах [2] и [3], а также публикациях ряда других авторов.

2. Влияние влажности на коэффициент изотермической влагопроводности ячеистого бетона

Исследования влияния влажности на коэффициент изотермической влагопроводности ячеистого бетона выполняли на образцах типа "З" плотностью $\rho = 400$ и 500 кг/м^3 .

Образцы увлажнялись водой до влажности, близкой к 20%, 35%, 45 и 60% по массе, и упаковывались со всех сторон в полиэтиленовую пленку. В таком состоянии образцы выдерживались в условиях, близких к изотермическим, для равномерного перераспределения жидкой влаги по их толще. Температуры образцов для проведения эксперимента приняты $t = +20^\circ\text{C}$ и $t = -5^\circ\text{C}$.

После выдержки в изотермических условиях образцы стыковались методом разрезной колонки друг с другом с влажностями, близкими по показателям и со всех сторон влагоизолировались полиэтиленовой пленкой. После определенной временной выдержки в изотермических условиях для принятых темпера-

тур образцов, колонки периодически разбирали, образцы взвешивали и собирали заново.

Коэффициенты изотермической влагопроводности для различных температур определяли по формуле:

$$\beta_W = \frac{G_W}{\frac{dw}{dx}}, \quad (1)$$

где G_W – количество влаги, проходящей через 1 м^2 площади в 1 час, $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$;

dw/dx – перепад массовой влажности по длине образца, $\%/ \text{м}$.

Зависимости коэффициентов изотермической влагопроводности от влажности для различных температур образцов приведены на рис. 3 и 4.

Результаты экспериментальных исследований изотермической влагопроводности ячеистого бетона показали, что при отрицательных температурах также имеется перемещение влаги вследствие наличия незамерзшей воды в порах материалов. Для области положительных температур перемещение воды в образцах наблюдается при влажностях $W > 17\%$ по массе для ячеистого бетона плотности $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$ и при $W > 25\%$ по массе для ячеистого бетона плотности $\rho = 400 \text{ кг/м}^3$. Для области отрицательных температур перемещение воды в образцах наблюдается при влажностях $W > 35\%$ по массе для ячеистого бетона плотности $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$ и $W > 45\%$ по массе для ячеистого бетона плотности $\rho = 400 \text{ кг/м}^3$. Результаты показывают значительное влияние на коэффициент изотермической влагопроводности температуры и плотности материала.

При эксплуатации наружных стен с повышенной влажностью ячеистого бетона в начальный период эксплуатации движение жидкой влаги за счет изотермической влагонепроводности будет незначительным вследствие незначительных перепадов массовой влажности по их сечению. В дальнейшем при снижении влажности “тонких” слоев ячеистого бетона у наружной и внутренней (или только у внутренней) поверхности стены движение влаги будет направлено из толщи к краевым слоям, способствуя выравниванию влажности стены в целом. Снижение влажности ячеисто-

го бетона будет главным образом происходить за счет потока водяного пара из слоев материала у наружной и внутренней штукатурки.

При наличии наружной полимерцементной штукатурки с низким коэффициентом паропроницаемости за счет изотермической влагонепроводности, а также за счет термовлагонепроводности, будет постоянный приток влаги к “тонким” слоям ячеистого бетона у наружной штукатурки, а снижение их влажности за счет потока водяного пара к наружному воздуху – незначительным.

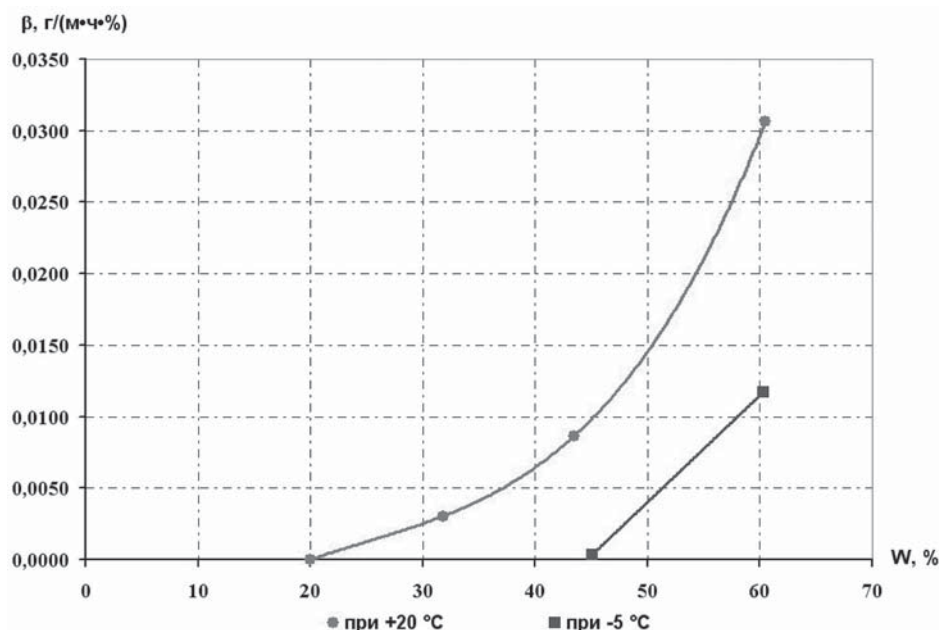


Рис. 3. Коэффициенты изотермической влагонепроводности ячеистого бетона ($\rho = 400 \text{ кг/м}^3$) в зависимости от влажности

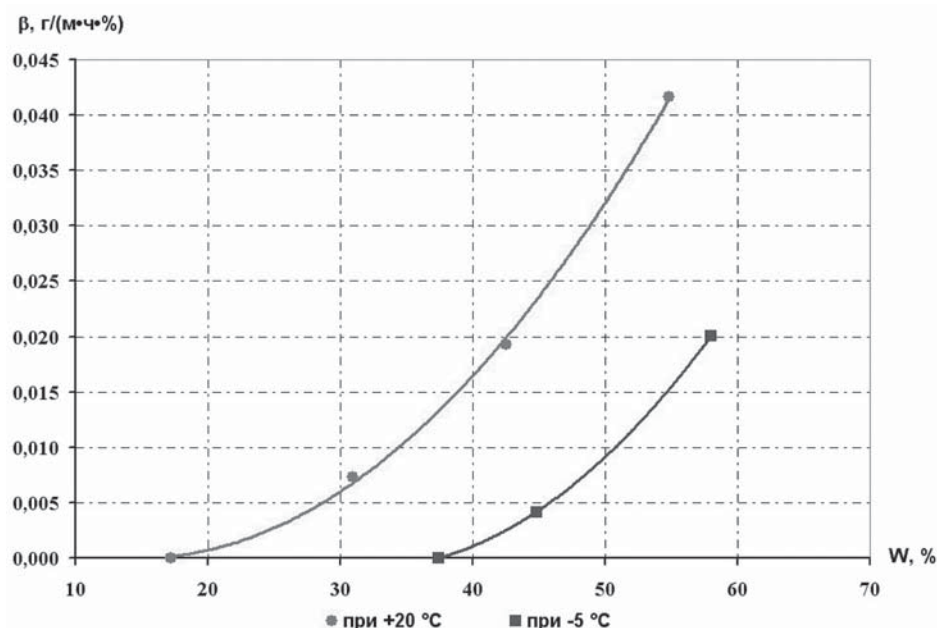


Рис. 4. Коэффициенты изотермической влагонепроводности ячеистого бетона ($\rho = 500 \text{ кг/м}^3$) в зависимости от влажности

3. Определение коэффициентов термо-влажностопроводности в образцах ячеистого бетона

При эксплуатации наружных стен с повышенной влажностью ячеистого бетона по сечению стены движение влаги возможно за счет механизма термовлажностопроводности, т.е. при наличии градиента температуры по сечению стены, вызывая сдвиг максимальной влажности к наружной поверхности стены.

Впервые данный механизм движения влаги установил Лыков А.В. в середине прошлого века. Исследования по его изучению велись преимущественно в области сушки материалов вследствие наличия при протекании данных процессов значительных градиентов температуры. Определение термоградиентных коэффициентов строительных материалов производилось преимущественно советскими учеными до конца 1990-ых годов. Данные по их величинам, а также исследования их зависимостей для ячеистых бетонов низких плотностей ограничены, а для отрицательных температур образцов – не найдены.

Определение термоградиентных коэффициентов предлагалось различными способами, обзор которых приведен в [4]. Выделяют стационарные методы, заключающиеся в выдержке влагоизолированного образца между двумя термостатами до установления момента стационарного температурного и влажностного состояния, после чего по кривым распределения влагосодержания и температуры по длине образца рассчитывают термоградиентный коэффициент. Недостатки стационарных методов – длительность проведения испытаний, при которых постоянно необходимо производить монтаж и демонтаж образцов. Нестационарные методы определения термоградиентного коэффициента, как правило, требуют специально разработанного оборудования, но проводятся значительно быстрее.

Результаты исследований авторов предполагают различные модели для прогнозирования влажностного режима ограждающих конструкций и, соответственно, различные способы для определения коэффициентов переноса влаги через (в) капиллярно-пористые тела, что ограничивает использование данных методик.

При раздельном учете основных механизмов переноса влаги в модели прогнозирования влажностного режима наружных ограждающих конструкций предлагается вместо термоградиентного коэффициента определять коэффициент термовлажностопроводности (по аналогии с коэффициентом влажностопроводности):

$$\beta_t = \frac{G_t}{\frac{dt}{dx}}, \quad (2)$$

где G_t – количество влаги, проходящей через 1 м² площади в 1 час за счет термовлажностопроводности, г/(м²·ч);

dt/dx – перепад температуры по длине образца, °/м.

Эксперименты проводили на состыкованных образцах (разрезная колонка) с разными, но близкими по величинам массовыми влажностями. Для создания “теплой” и “холодной” поверхностей использована установка для измерения теплопроводности типа “NETZSCH HFM 436 Lambda” в БНТУ (рис. 5).

Перед стыковкой образцы ячеистого бетона с различными влажностями упаковывались в полиэтиленовую пленку и выдерживались не менее 2-х недель в условиях, близких к изотермическим. После выдержки составлялись колонки, которые со всех сторон влагоизолировались полиэтиленовой пленкой и устанавливались в обойму из экструзионного полистирола. Колонки в обойме устанавливались так, чтобы образцы с большей влажностью примыкали к “теплой” плите установки, а с меньшей влажностью – к холодной. Таким об-

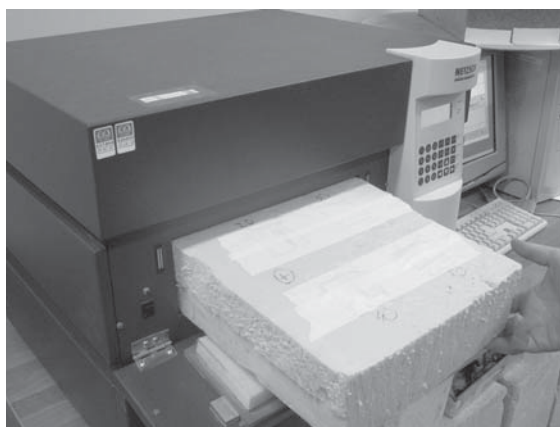


Рис. 5. Общий вид образцов и экспериментальной установки для определения коэффициентов термовлажностопроводности

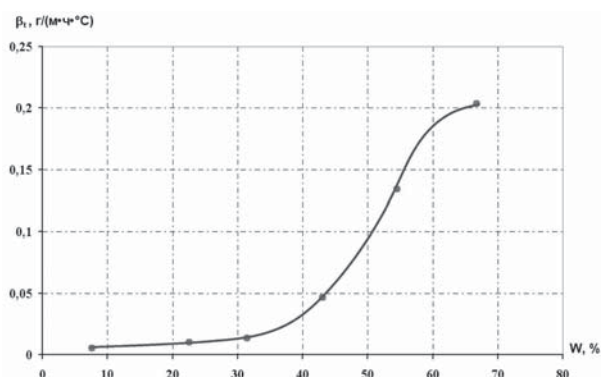


Рис. 6. Коэффициенты термовлагопроводности ячеистого бетона ($\rho = 400 \text{ кг/м}^3$) в зависимости от влажности при средней температуре образцов $t \approx -5^{\circ}\text{С}$

разом обеспечивалось движение влаги основными механизмами переноса в одном направлении – от образцов, примыкающих к “теплой” плите, к образцам у “холодной” плиты.

Колонки выдерживались при перепаде температуры между плитами установки примерно в $\Delta t = 15^{\circ}\text{С}$, что близко к условиям эксплуатации наружных стен. При проведении эксперимента они периодически разбирались, образцы взвешивались и колонки собирались заново для определения установившегося потока влаги между образцами. Время между взвешиваниями составляло не менее суток, а общее время эксперимента – не менее трех суток.

Определение перепадов температур по длине разрезной колонки выполнялось расчетным путем методом последовательного приближения по известным массовым влажностям образцов и известным температурам на “теплой” и “холодной” плитах прибора. Коэффициенты теплопроводности образцов ячеистого бетона колонки принимали в зависимости от их средней температуры и влажности (рис. 1, 2).

Результаты экспериментальных исследований зависимостей коэффициентов термовлагопроводности ячеистого бетона от влажности при средней температуре образцов $t \approx -5^{\circ}\text{С}$ приведены на рис. 6 и 7. Видно, что для обеих плотностей материала значительное увеличение коэффициентов термовлагопроводности происходит при влажностях, превышающих 30% по массе. При влажностях менее 20% поток влаги через единицу площади материала сопоставим с потоком водяного пара для условий выполнения эксперимента. При влажностях материала более 40% по массе коэффициенты термовлагопроводности на порядок превышают коэффициенты изотермической влагопроводности.

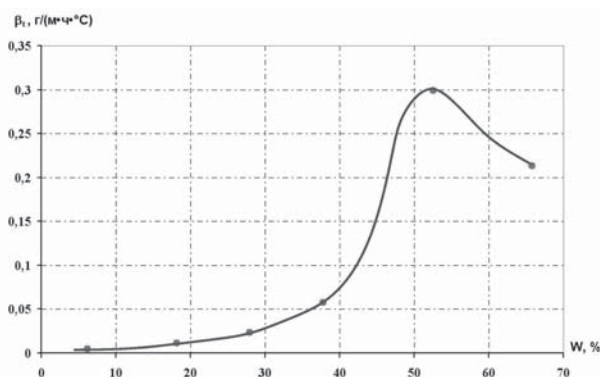


Рис. 7. Коэффициенты термовлагопроводности ячеистого бетона ($\rho = 500 \text{ кг/м}^3$) в зависимости от влажности при средней температуре образцов $t \approx -5^{\circ}\text{С}$

Заключение

Экспериментальными исследованиями установлено влияние температуры и влажности на коэффициент теплопроводности ячеистого бетона типа “З” плотностей 400 и 500 кг/м^3 . На основании полученных данных предлагается определять граничные влажности, при которых для отрицательных температур лед в порах материалов не образуется или его количество незначительно.

Установлено, что при отрицательных температурах образцов ячеистого бетона с влажностями более 30% по массе одним из основных механизмов перемещения влаги является термовлагопроводность. В реальных условиях эксплуатации наружных стен здания, выполненных кладкой из ячеистобетонных блоков с влажностями более 30%, в зимний период года возможно значительное увеличение влажностей материалов у наружных защитно-отделочных слоев и снижение долговечности за счет более интенсивного истощения ресурса морозостойкости.

Литература

1. ТКП 45–2.04–43–2006 “Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования”. Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 2007.
2. Перехоженцев, А.Г. “Вопросы теории и расчета влажностного состояния неоднородных участков ограждающих конструкций зданий”. Волгоградская государственная архитектурно-строительная академия. – Волгоград, 1997.
3. Франчук, А.У. “Таблицы теплотехнических показателей строительных материалов”. Научно-исследовательский институт строительной физики Госстроя СССР. – М., 1969.
4. Дмитриевич, А.Д. Теплозащитные свойства строительных материалов и конструкций / А.Д. Дмитриевич. – Минск: Беларусь, 1963. – 212 с.

Повышение долговечности ячеистого бетона автоклавного твердения за счет снижения его водопоглощения

Волошина Т.Н., старший научный сотрудник,
Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт строительных материалов и изделий «НИИСМИ»
(Украина, Киев)

АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты исследования влияния кремнийорганических гидрофобизирующих добавок на основные физико-механические свойства автоклавного газобетона марки по средней плотности D400.

ABSTRACT: The results of investigation of silicone waterproofing additives on physical and mechanical properties of AAC average density D400 are given.

Ячеистые бетоны автоклавного твердения относятся к строительным материалам, структура которых характеризуется высокой пористостью и значительной гидрофильностью. Поэтому вопросы снижения сорбционного влагосодержания и водопоглощения ячеистого бетона являются актуальными, учитывая необходимость расширения сферы применения этого прогрессивного строительного материала. Снизить показатели сорбционного влагосодержания и водопоглощения ячеистого бетона до определенного оптимального значения возможно путем оптимизации его структуры.

Одним из направлений оптимизации структуры строительных материалов является их гидрофобизация – поверхностная или объемная – с помощью различных органических соединений, способных придать поверхности материала водоотталкивающие свойства.

Известная [1] технология объемной гидрофобизации автоклавного газобетона кремнийорганическим соединением ПМС-100 позволяет получить материал с водопоглощением от 2 до 12% по массе. Однако жидкость ПМС-100 имеет достаточно высокую кинематическую вязкость – $(95-105) \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ при $+20^\circ\text{C}$, что затрудняет равномерное распределение гидрофобизатора по объему ячеистобетонной смеси, а следовательно, требует больших затрат энергии на ее приготовление.

В Украине производится целый ряд продуктов на основе полисилоксанов, которые имеют теплостойкость свыше 200°C и более низкую по сравнению с ПМС-100 кинематическую вязкость, что теоретически позволит использо-

вать их для объемной гидрофобизации ячеистого бетона автоклавного твердения. Характеристики продуктов приведены в табл. 1–3.

Как видно из табл. 1, жидкости ПМС-40 и ПМС-50 имеют значительно более низкие значения кинематической вязкости при температуре вспышки в открытом тигле более 200°C , что превышает температуру автоклав-

Таблица 1

Характеристики гидрофобизаторов на основе полиметилсилоксана

№ п/п	Наименование показателей	ГКЖ 136-157 М
1	Вязкость кинематическая при $+20^\circ\text{C}$, $\text{м}^2/\text{с}$	$29,9 \cdot 10^{-6}$
2	Температура вспышки в открытом тигле, $^\circ\text{C}$	151
3	Плотность при температуре $(25 \pm 0,5)^\circ\text{C}$, $\text{г}/\text{см}^3$	0,998
4	Реакция среды (рН водной вытяжки)	6,72

Таблица 2

Характеристики гидрофобизатора на основе олигометилгидросилоксана

№ п/п	Наименование показателей	Аквапрок Н
1	Плотность при температуре $(20 \pm 0,5)^\circ\text{C}$, $\text{г}/\text{см}^3$	1,217
2	Щелочность в пересчете на NaOH, %	15,0
3	Массовая доля нелетучих веществ, %	26,9

Таблица 3

**Характеристики гидрофобизаторов
на основе метилсиликоната**

№ п/п	Показатель	ПМС-100	ПМС-50	ПМС-40
1	2	3	4	5
1	Вязкость кинематическая при +20 °С, м ² /с	(95-105) ·10 ⁻⁶	(45-55) ·10 ⁻⁶	(36-44) ·10 ⁻⁶
2	Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	305	220	200
3	Плотность при 20 °С, г/см ³	0,91- 0,98	0,91- 0,98	0,91- 0,98

ной обработки. ГКЖ 136–157 М характеризуется еще более низким показателем кинематической вязкости, но температура вспышки составляет 151 °С.

Исследование возможности использования вышеуказанных кремнийорганических соединений выполняли для конструктивно-теплоизоляционного газобетона марки по средней плотности D400.

Добавки кремнийорганических жидкостей вводили в ячеистобетонные смеси с водой затворения. Расход гидрофобизатора варьировали по массе от 0,5 до 3% от массы сухих компонентов для полиметилсилоксана ПМС, и от 0,5 до 5% – для олигометилгидросилоксана ГКЖ 136–157 М и метилсиликоната натрия Аквапрок Н.

Кинетика вспучивания ячеистобетонных смесей, содержащих добавки, приведена на (рис. 1–5).

После завершения процесса вспучивания высота массивов, содержащих добавки ПМС-50, ПМС-40 и ГКЖ 136–157 М была выше, чем в массивах, содержащих добавку ПМС-100 и Аквапрок Н.

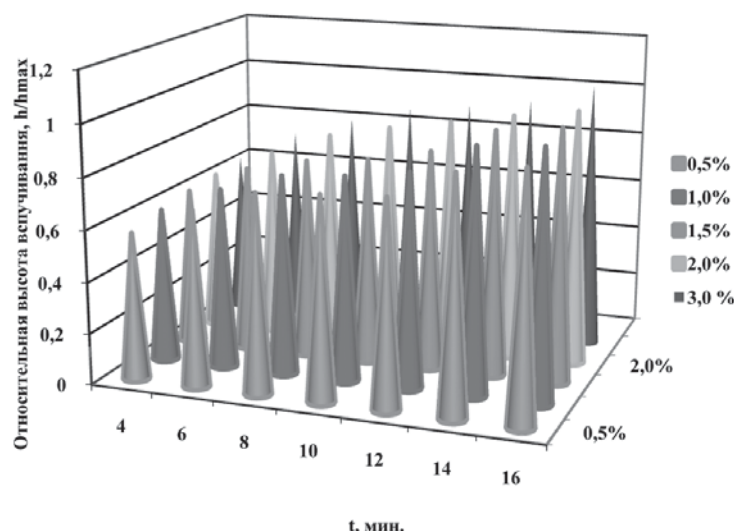


Рис. 1. Кинетика
вспучивания
ячеистобетонных смесей
с добавкой ПМС-100

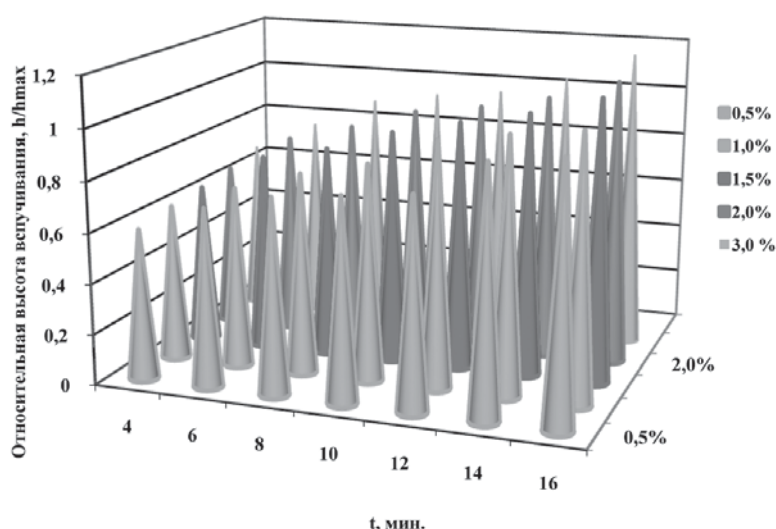


Рис. 2. Кинетика
вспучивания
ячеистобетонных смесей
с добавкой ПМС-50

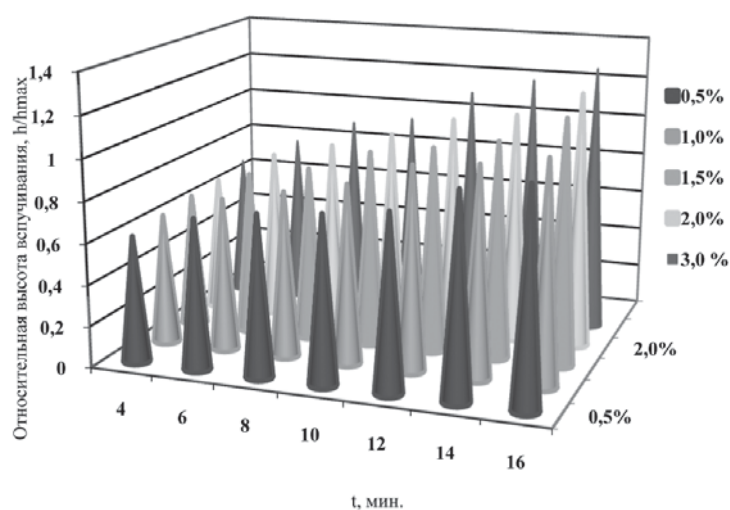


Рис. 3. Кинетика вспучивания ячеистобетонных смесей с добавкой ПМС-40

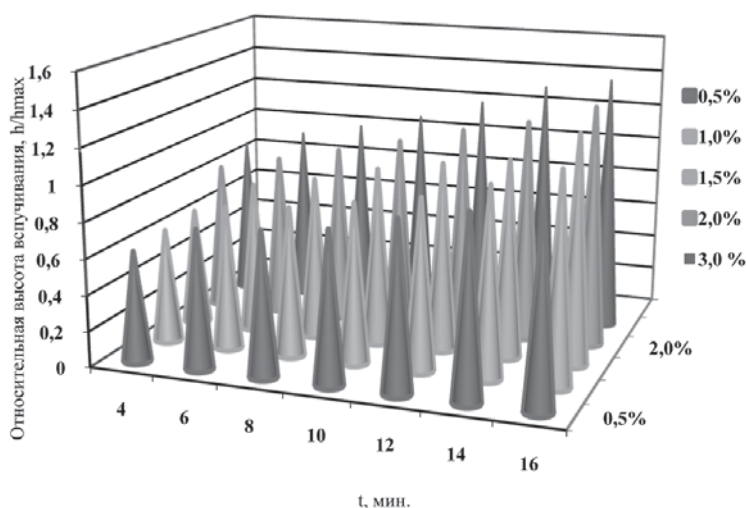


Рис. 4. Кинетика вспучивания ячеистобетонных смесей с добавкой ГКЖ 136–157 М

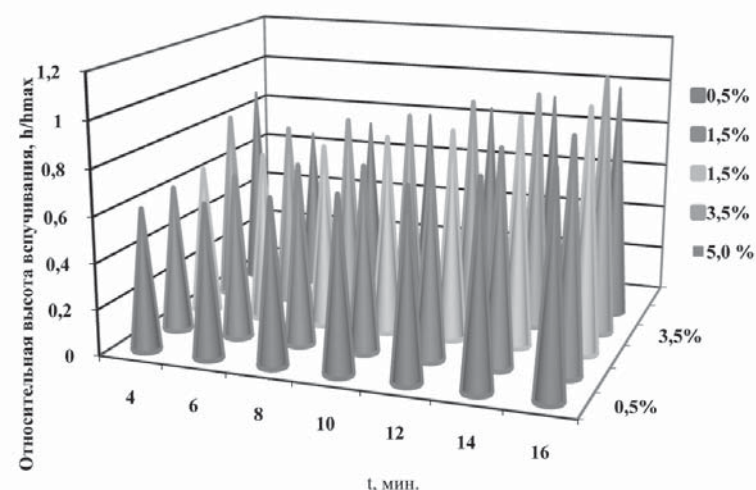


Рис. 5. Кинетика вспучивания ячеистобетонных смесей с добавкой метилсиликоната натрия Аквалпрок Н

Таблица 4

Физико-механические характеристики разработанных автоклавных газобетонов марки по средней плотности D400, модифицированных полиметилсилоксаном

Показатели	Состав автоклавных газобетонов									
	без добавки	с добавкой в кол-ве, % по массе сухих компонентов								
		2% ПМС-100			ПМС-50			ПМС-40		
		1,5	2,0	3,0	1,5	2,0	3,0	1,5	2,0	3,0
Средняя плотность в сухом состоянии, кг/м ³	410	394	390	396	387	383	380	378	382	385
Прочность при сжатии, МПа	2,9	3,0	3,7	3,3	3,1	3,8	3,5	3,0	3,7	3,4
Водопоглощение, % по массе, за 24 ч.	49,6	6,2	2,6	2,0	7,0	4,2	3,0	8,4	5,1	4,8
Морозостойкость, марка	F25	F35	F50	F35	F35	F50	F50	F35	F50	F50

Таблица 5

Физико-механические характеристики разработанных автоклавных газобетонов марки по средней плотности D400, модифицированных добавками олигометилгидросилоксана и метилсиликоната натрия

Показатели	Состав автоклавных газобетонов						
	без добавки	с добавкой в кол-ве, % по массе сухих компонентов					
		ГКЖ 136-157 М			Аквапрок Н		
		2,5	3,5	5,0	2,5	3,5	5,0
Средняя плотность в сухом состоянии, кг/м ³	410	402	396	390	408	413	419
Прочность при сжатии, МПа	2,9	3,2	3,5	3,0	3,3	3,0	2,7
Водопоглощение, % по массе, за 24 ч.	49,6	31,0	29,8	31,7	30,3	30,8	32,6
Морозостойкость, циклы	F25	F25	F35	F25	F35	F25	F25

Также было исследовано влияние добавок на процесс набора пластической прочности ячеистобетонного сырца. Установлено, что введение добавок ПМС-50, ПМС-40 и метилсиликоната натрия в состав ячеистобетонных смесей не вызывает заметного негативного влияния на кинетику набора пластической прочности сырца по сравнению с добавкой ПМС-100.

Физико-механические свойства разработанных газобетонов (прочность при сжатии, средняя плотность в сухом состоянии, водопоглощение, морозостойкость) были исследованы в соответствии с требованиями действующих в Украине нормативных документов и приведены в табл. 4–5.

По результатам проведенных исследований установлено, что для повышения основных физико-механических и эксплуатационных характеристик газобетонов марки по средней плотности D400 оптимальным является

введение в состав ячеистобетонных смесей добавки кремнийорганической жидкости ПМС-50 в количестве 1,5–2% от массы сухих компонентов. При этом прочность материала при сжатии повышается с 2,9 МПа до 3,8 МПа; водопоглощение снижается с 49,6% до 4,2% по массе, морозостойкость повышается на 2 марки. Составы, содержащие добавки ПМС-50 и ПМС-40, характеризовались пониженной на 3–5% средней плотностью в сухом состоянии при равнозначных значениях прочности на сжатие (3,7 МПа и 3,8 МПа соответственно). Образцы автоклавных газобетонов, модифицированных добавками олигометилгидросилоксана и метилсиликоната натрия, показали повышение прочности и морозостойкости при количестве добавок 3,5% и 2,5% соответственно.

Литература

1. Лаповська, С.Д. Автоклавний газобетон з покращеними експлуатаційними властивостями: дис. ... докт. техн. наук / Світлана Давидівна Лаповська; КНУБА.– К., 2013. – 387 с.

Наномодифицированный автоклавный ячеистый бетон

Мечай А.А., к.т.н., зав. кафедрой химической технологии вяжущих материалов, **Мисник М.П.**, аспирант (Белорусский государственный технологический университет, г. Минск)

Колпащиков В.Л., к. ф-м. н. (Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова)

Синица М., д.т.н., **Ю. Шепутите-Юцике**, докторант (Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, г. Вильнюс)

В связи с переходом на Европейские нормы в области строительства одной из актуальных проблем в производстве ячеистого бетона является необходимость снижения его плотности при сохранении достаточной прочности. Снижение плотности стеновых блоков из ячеистого бетона на каждые 50 кг/м³ позволяет снизить расход топлива на обогрев зданий на 1 кг условного топлива на 1 м² стены в год. Производство ячеистого бетона с плотностью 200–350 кг/м³ вместо 400–500 кг/м³ обеспечит снижение на 20–30% расхода цемента и извести, сокращение на 30–40% энергозатрат на помол сырья за счет снижения его удельного расхода, сохранность изделий при транспортировке и уменьшение нагрузки на фундамент при строительстве. Главным препятствием в производстве и применении ячеистого бетона пониженной плотности является его недостаточная прочность. Таким образом, совершенствование технологии ячеистого бетона в этом направлении является важной задачей, решение которой обеспечит энерго- и ресурсосбережение в производстве данного вида материала, а также при его использовании в строительстве.

Одним из способов увеличения прочности и улучшения других свойств при изготовлении строительных материалов на основе цемента является использование углеродных нанотрубок (УНТ). Применение углеродных наноматериалов для структурирования вяжущих матриц в бетонах плотной и поризованной структуры показывает высокую эффективность по улучшению свойств данных строительных материалов. Сверхмалые дозы УНТ способствуют существенному изменению физико-механических свойств строительных материалов: увеличивается прочность, морозостойкость, снижаются значения деформации усадки, повышается устойчивость к воздействию химической коррозии. Было установлено, что УНТ выпол-

няют роль центров кристаллизации при твердении бетонов и приводят к формированию кристаллогидратных новообразований повышенной плотности и прочности.

На кафедре химической технологии вяжущих материалов Белорусского государственного технологического университета проведены исследования по использованию углеродных нанотрубок для модифицирования структуры ячеистого бетона автоклавного твердения пониженной плотности.

На начальном этапе исследования УНТ вводились в ячеистобетонную смесь в виде суспензии, однако прочность ячеистого бетона осталась на прежнем уровне. Поэтому была сформулирована гипотеза, объясняющая отсутствие прироста прочности ячеистого бетона. Ячеистобетонная смесь содержит значительную долю воды (водотвердое отношение составляет 0,5–0,6), что предопределяет присутствие нанотрубок в основном в поровой жидкости. Для эффективной работы их в качестве центров направленной кристаллизации при гидросиликатном твердении необходимо обеспечить присутствие нанотрубок не в порах, а непосредственно в области взаимодействия кварца и гидроксида кальция. Известен эффект механоактивации при совместном помоле извести и кварцевого песка с получением известково-кремнеземистого вяжущего, в том числе и за счет проникновения частиц извести в микро- и макродефекты частиц кварца, образующихся при их измельчении. Это позволяет ускорить процесс взаимодействия кварца и гидроксида кальция при автоклавировании благодаря большей поверхности контакта реагирующих фаз. Совместное измельчение данных материалов в мельнице будет способствовать проникновению нанотрубок в микродефекты зерен кварца и обеспечивать образование центров направленной кристаллизации гидросиликатов кальция различной ос-

новности непосредственно в области формирования цементирующего вещества. Для подтверждения этого предположения были исследованы несколько вариантов ввода УНТ в ячеистобетонную смесь: при сухом и мокром способах помола песка и при помоле известково-кремнеземистого вяжущего.

Дозировка УНТ была выбрана на основании результатов собственных поисковых исследований и составила 0,01% от массы сухих компонентов ячеистобетонной смеси. Запаривание образцов проводилось в лабораторном автоклаве при избыточном давлении насыщенного водяного пара 1,0 МПа и времени выдержки при рабочем давлении 6 ч. Введение наноматериала в технологию планируется с помощью дозатора малых количеств (производство – Россия) на конвейер песка, поступающего в шаровую мельницу. Производительность дозатора 1–2,5 кг/ч, что соответствует производительности мельницы по известково-песчаному вяжущему (10 т/ч). В мельнице в среде абразивного материала обеспечивается качественное распределение УНТ в смеси.

Анализ полученных результатов показал, что наиболее эффективным является ввод углеродных нанотрубок в состав известково-песчаного вяжущего при совместном помоле кварцевого песка и извести. Коэффициент конструктивного качества наномодифицированного ячеистого бетона по сравнению с контрольным образцом увеличился в 1,5–1,9 раза в зависимости от времени помола. В то же время введение углеродных нанотрубок в со-

став песка при его помоле по сухому и мокрому способам является неэффективным либо приводит к незначительному увеличению прочности (на 15–20%).

На рентгенограмме наномодифицированного образца (рис. 1) фиксируются дифракционные отражения следующих соединений: β -кварца, низкоосновных гидросиликатов кальция группы CSH (I) (общепринятое обозначение гидросиликатов кальция с молярным соотношением Ca: Si равным 0,8–1,5, по классификации Х. Тейлора), тоберморита, ксонотлита. По сравнению с контрольным образцом увеличивается интенсивность дифракционных отражений низкоосновных гидросиликатов кальция, в том числе тоберморита и ксонотлита, что обуславливает упрочнение межпоровых перегородок и, следовательно, повышение прочности готовых изделий.

Наличие указанных соединений подтверждается результатами дифференциально-термического анализа, представленными на рис. 2.

Эндоэффект с минимумом при температуре 750–770 °С является суммарным эффектом декарбонизации кальцита, вносимого в систему с известью, и дегидратации низкоосновных гидросиликатов кальция переменного состава. По потере массы в высокотемпературной области можно судить о количестве низкоосновных гидросиликатов кальция в образцах. Исходя из данных термогравиметрического анализа установлено, что потеря массы в интервале

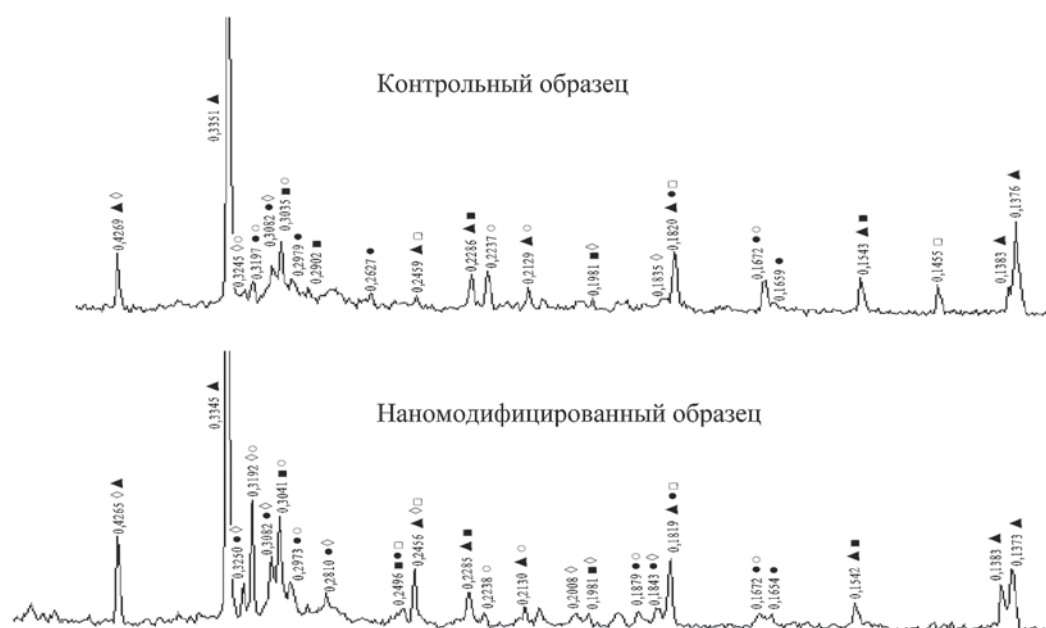


Рис. 1. Рентгенограммы ячеистого бетона: ▲ – β -кварц; □ – $4\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$; ○ – CSH (I); ● – тоберморит $5\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; ■ – кальцит CaCO_3 ; ◇ – ксонотлит $6\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

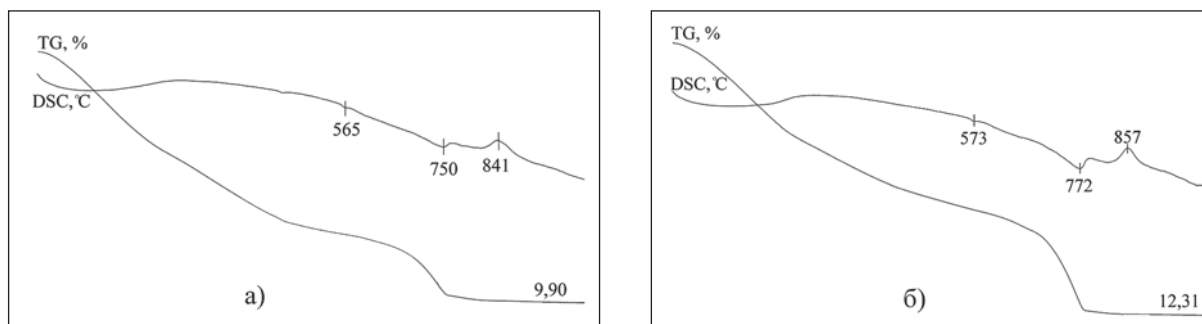


Рис. 2. Дифференциально-термический анализ образцов ячеистого бетона:
а) контрольный образец; б) наномодифицированный образец

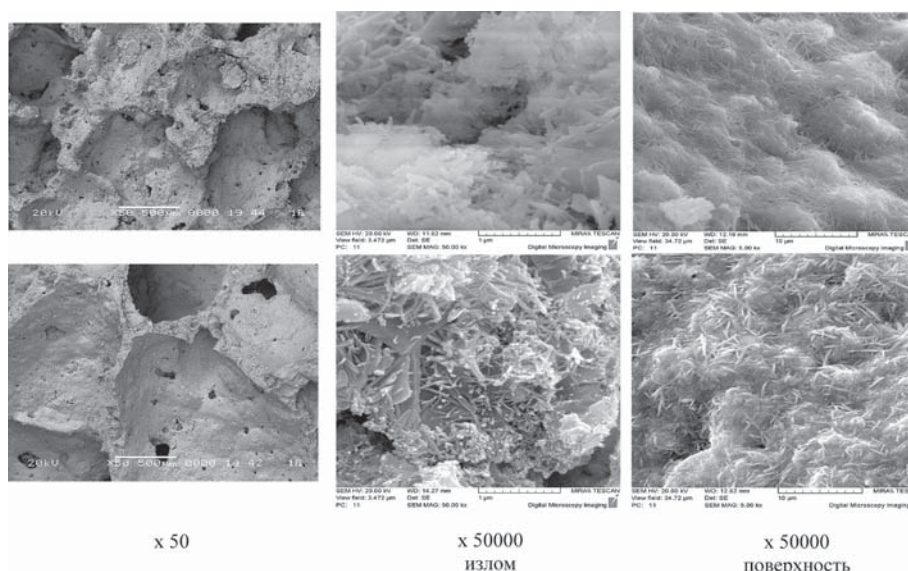


Рис. 3. Электронно-микроскопические снимки ячеистого бетона:
а) контрольный образец;
б) наномодифицированный образец

температур 700–780 °С в контрольном образце составляет 2,1 мас.%, а в наномодифицированном – 3,4 мас.%, что свидетельствует о более высоком содержании низкоосновных гидросиликатов кальция.

Экзоэффект при 840–860 °С соответствует кристаллизации волластонита, образовавшегося при дегидратации тоберморитоподобных гидросиликатов кальция. У наномодифицированного образца данный эффект интенсивнее, что свидетельствует о более высоком содержании тоберморита, обеспечивающего высокую прочность материала межпоровых перегородок.

На основании анализа электронно-микроскопических снимков (рис. 3) установлено, что макроструктура наномодифицированного образца отличается меньшей степенью дефектности по сравнению с контрольным образцом.

Исследование наиболее типичных участков микроструктуры показало, что характерной особенностью наномодифицированного

ячеистого бетона является наличие в составе межпоровых перегородок большого количества волокнистых и игольчатых кристаллов низкоосновных гидросиликатов кальция, создающих прочный пространственный кристаллический каркас. Микроструктура контрольного образца отличается наличием большого количества гелеобразных субмикроструктурных фаз.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить положительное влияние углеродных нанотрубок на процесс формирования структуры продуктов гидросиликатного твердения. УНТ выполняют функцию центров направленной кристаллизации продуктов гидратации и твердения и обеспечивают качественное изменение структуры автоклавного ячеистого бетона. Микроструктура межпоровых перегородок наномодифицированного автоклавного ячеистого бетона характеризуется высокой степенью закристаллизованности гидросиликатов кальция и меньшим количеством гелеобразных субмикроструктурных фаз.

Влияние добавок пылевидной микросилики SiO_2 и микроармирующих добавок на структуру и свойства автоклавного ячеистого бетона

Синица М., докт. техн. наук;
Сеземан Г., докт. техн. наук;
Клигис М., докт. техн. наук; (все ст. научн. сотрудники Вильнюсского технического университета им. Гедиминаса);
Шепутите-Ю. Юцике, докторант ВТУ им. Гедиминаса;
Мечай А.А., канд. техн. наук, зав. кафедрой, БГТУ (г. Минск);
Барановская Е.И., канд. техн. наук, БГТУ (г. Минск)

Одним из путей увеличения качественных показателей автоклавного ячеистого бетона (AAC – от англ.: Autoclave Aerated Concrete), в том числе и прочностных его свойств при минимальном увеличении энергозатрат, является его модифицирование эффективными добавками, влияющими на качество силикатного камня, связанного с возникновением в его микроструктуре новообразований – гидросиликатов кальция. Целью введения добавок в исходный состав AAC является: повышение степени кристаллизации гидросиликатов кальция группы тоберморита до достижения ими пластинчатой формы закристаллизованности и содействие увеличению их взаимосвязи с матрицей бетона посредством армирующих волокон. В статье рассматривается изучение влияния добавки микросилики, представляю-

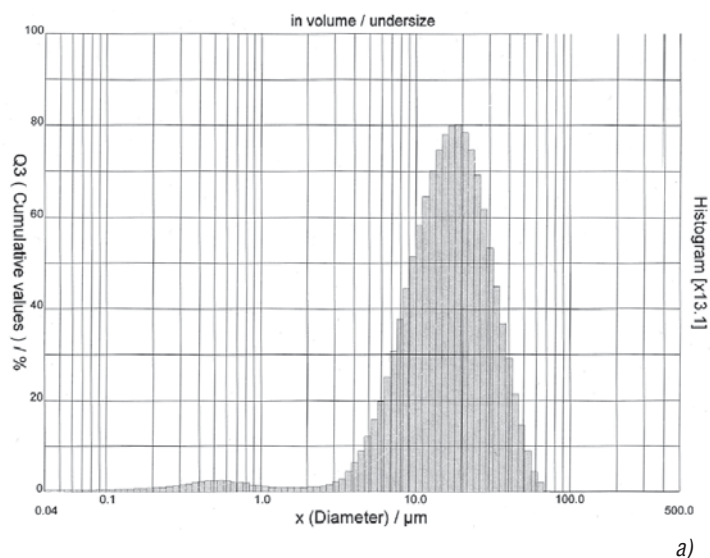
щей собой пылевидные, осажденные в электрофильтрах отходы металлургического производства, на структуру и свойства AAC. В исследованиях использовали польскую микросилику (SMD SILIMIC), содержащую 88% активного аморфного кремнеземистого компонента. В табл. 1. и на рис. 1. приведены химический состав компонентов и характеристики применяемой микросилики.

Влияние добавок аморфного нанодисперсного SiO_2 – (SMD SILIMIC) на свойства AAC исследовано А Лаукайтисом и др. [1]. Установлено, что замена 1% песка аморфным SiO_2 компонентом увеличивает уровень кристаллизации гидросиликатов кальция, что в итоге приводит к повышению прочностных свойств и температуростойкости AAC.

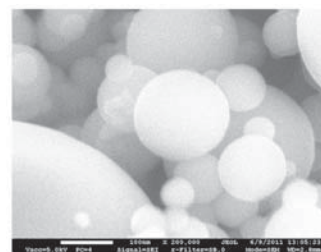
Химический состав основных компонентов и добавки микросилики

Таблица 1

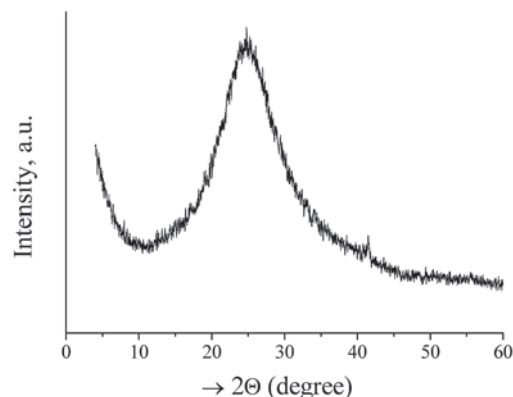
Твердые материалы и добавки	Химический состав (масс. %)															
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	SO_3	R_2O	C	TiO_2	MnO	P_2O_5	Cr_2O_3	V_2O_5	Проч.
Портланд-цемент	20,76	6,12	3,37	63,50	–	1,0	0,3	0,8	–	–	–	–	–	–	–	4,45
Известь	4,05	2,21	0,88	89,24	2,38	–	–	–	0,37	–	–	–	–	–	–	0,87
Песок	90,4	4,0	0,65	2,05	0,49	–	–	–	1,39	–	–	–	–	–	–	1,02
Микро-силика	88,0	–	1,50	1,00	1,50	2,00	0,60	–	–	1,50	–	–	–	–	–	3,90



а)



б)



в)

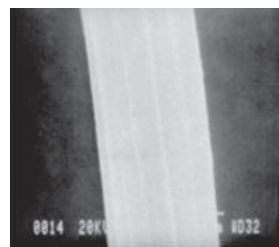
Рис. 1. Характеристики микросилики:
а – распределение частиц по размеру; б – СЭМ фотография (x 200 000); в – рентгенограмма

Второе направление упрочнения ААС было осуществлено методом его армирования волокнами, в том числе и полученными из отходов производства, а именно: искусственного углерода; полипропилена; отходов муллитовой ваты; отходов базальтовой ваты. СЭМ фотографии волокнистых добавок представлены на рис. 2, а их характеристики приведены в табл. 2.

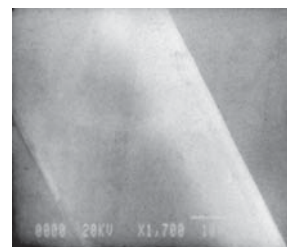
Известно, что при автоклавной обработке ААС создается щелочная среда, поэтому в начале исследований было установлено поведение волокон в аналогичной среде. В статье Г. Сеземана и др. [2] установлено, что искусственные волокна из полипропилена и углерода являются щелочестойкими и ощутимых изменений после испытания на их поверхности не наблюдалось, в то время как искусственные волокна из неорганического материала – каолиновой и базальтовой ваты – в щелочной среде корродировались и разрушались.

При проверке поведения волокон в матрице ААС установлено, что все вышеуказанные волокна, армирующие матрицу силикатобето-

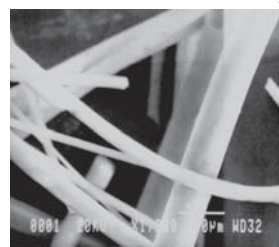
на, увеличивают ее прочностные характеристики, но проявляют себя в матрице по-разному. Волокна, изготовленные из отходов произ-



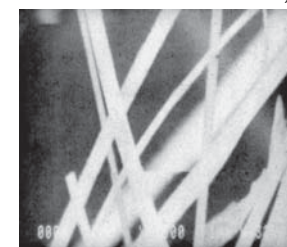
а)



б)



в)



г)

Рис. 2. СЭМ фотографии исследуемых волокон:
а – углеродное; б – полипропиленовое;
в – базальтовая вата; г – каолиновая вата.
Увеличение: а – x55000; б – x1700; в – x1900; г – x5500.

Характеристики использованных волокнистых добавок

Таблица 2

№	Волокно	Длина волокна, мм	Диаметр волокна, μм	Прочность на растяжение, ГПа	Примечание
1	Базальтовая вата	5	4,6	2–3	Температуростойкое до 700 °С
2	Полипропилен	5	7,5	0,5	Щелочестойкое
3	Искусственное углеродное волокно	5	4,6–7,7	2–3	Щелочестойкое и температуростойкое до 700 °С
4	Каолиновая вата	5	3,3	–	Температуростойкое до 1200 °С

водства ваты, хорошо срастаются с кристаллической матрицей гидросиликатов кальция, в то время как волокна искусственного углерода при изломе образцов AAC свободно вытаскиваются из матрицы. Надо отметить, что волокна полипропилена при термовлажностной автоклавной обработке ячеистобетонного массива частично плавятся, покрывая зону контакта волокон с межпоровыми перегородками матрицы полипропиленовой пленкой, прочно соединяющей места контакта. Установлено, что по эффективности увеличения прочностных свойств AAC армирующие волокна выстраиваются в следующем порядке: углеродное > полипропиленовое > базальтовое > муллитовое [3]. Фрагменты фактуры AAC матрицы с исследуемыми волокнами показан на рис. 3.

Влияние армирующих волокон базальтовой ваты на морозостойкость AAC рассмотрено в статье М. Синицы и др. [4]. Установлено, что после 25 циклов попеременного замораживания–оттаивания базальтовые волокна длиной 5 мм способствуют уменьшению потерь как

массы образцов, так и предела прочности при сжатии.

Исследование свойств AAC, армированного волокном искусственного углерода длиной 5 мм, показало, что у таких образцов увеличивается способность отражения электромагнитных волн [5].

Эффект мелкораздробленных волокон искусственного углерода исследован в работе [6]. Установлено, что частицы волокон служат центрами кристаллизации новообразований – гидросиликатов кальция, это в свою очередь ведет к увеличению прочностных характеристик AAC, в т.ч. и к повышению сопротивления при кратковременном воздействии повышенных температур до 700 °С.

Влияние комплексной добавки – микросилики и волокон базальтовой ваты на свойства AAC исследовано в статье М. Синицы и др. [7]. Установлено, что небольшое количество добавки (0,3% волокна от массы твердых веществ исходной смеси и замена 1,0% массы песка в смеси аморфным компонентом – микросиликой), увеличивает прочностные харак-

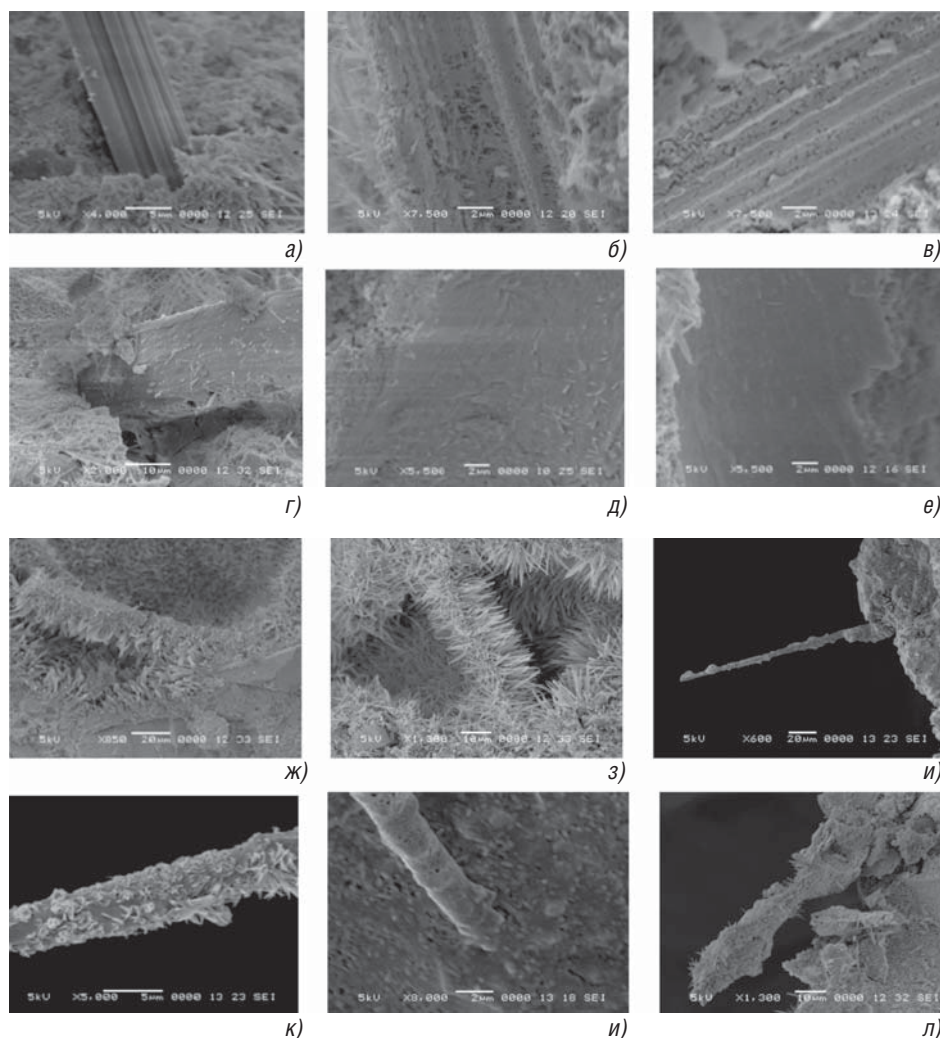
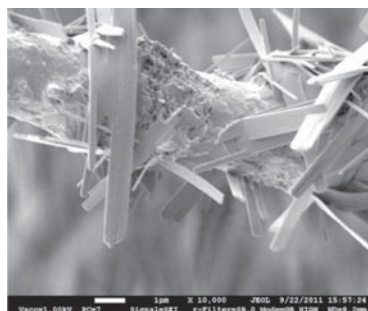
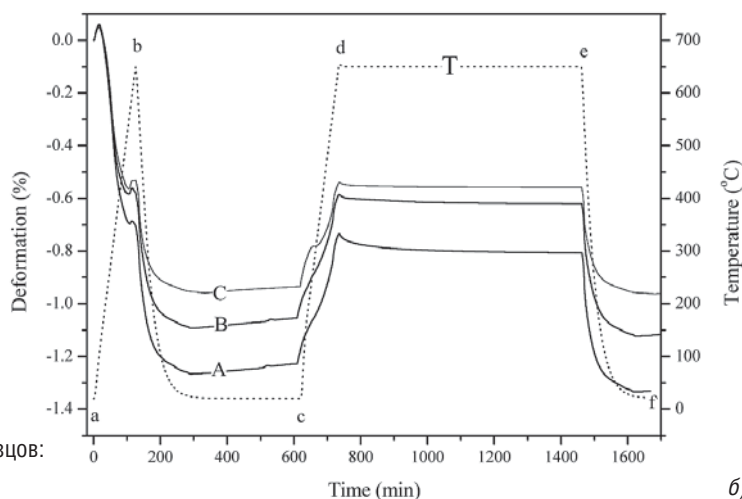


Рис. 3. Микроструктура поверхности излома AAC, армированного волокнами: углеродным (а, б, в), полипропиленовым (г, д, е), базальтовым (ж, з, и), каолиновым (к, л, л)



а)

Рис. 4. а – базальтовое волокно в AAC матрице, покрытое гидросиликатами кальция после температурной выдержки при 650 °С; б – кривые температурной деформации AAC образцов: А – без добавки; В – с добавкой базальтового волокна; С – с комплексной добавкой; Т – изменение температуры в ходе эксперимента



б)

теристики материала и его температуростойкость при длительном воздействии повышенной температуры и многократном колебании температуры от 30 до 650 °С. После 12-часового термического воздействия 650 °С величина линейной усадки образцов с комплексной добавкой была на 28% меньше, чем без добавки. Влияние добавок на структуру и температуростойкость AAC приведены на рис. 4.

Способ изготовления AAC с применением комплексной добавки, включающей волокна базальтовой ваты, защищен патентом Литвы за № 5966 от 25 октября 2013, который в данный момент находится в стадии патентирования в Евросоюзе [8].

На кафедре химической технологии вяжущих материалов Белорусского государственного технологического университета разработана сульфоалюмоферритная добавка (САФД), оказывающая влияние на процесс твердения и формирование прочной гидросиликатной матрицы бетона, что позволило получить материал с улучшенными физико-механическими и теплофизическими характеристиками. Добавку САФД синтезировали путем обжига при температуре 1000 °С в течение 20 мин. смеси, включающей, мас. %: железистый кек – 60, мел – 25, фосфогипс – 15. Состав смеси был рассчитан с учетом стехиометрии сульфоалюмоферрита кальция состава $3\text{CaO} \cdot 3(0,5\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 0,5 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3) \cdot \text{CaSO}_4$. С помощью рентгенофазового анализа (РФА) установлено, что минералогический состав добавки представлен в основном сульфоалюмоферритом кальция $3\text{CaO} \cdot 3(0,5\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 0,5 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3) \cdot \text{CaSO}_4$, ангидритом CaSO_4 , сульфосиликатом кальция $2(2\text{CaO}2\text{SiO}_2) \cdot \text{CaSO}_4$ и сульфоалюминатом кальция $3(\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3) \cdot \text{CaSO}_4$.

Добавка вводилась в состав ячеистобетонной смеси в молотом виде с удельной поверхностью 4000–4500 см²/г с оптимальной дозировкой 1,5% от массы сухих компонентов.

Результаты рентгенофазового анализа показали существенное отличие фазового состава модифицированного образца бетона от бездобавочного (контрольного). Общий характер изменения состава продуктов твердения в присутствии САФД по сравнению с контрольным образцом выражается снижением интенсивности 100%-ных рефлексов $\beta\text{-SiO}_2$ ($d=0,334$ нм) и кальцита CaCO_3 ($d=0,304$ нм), вносимого в систему с известью, а также повышением уровня закристаллизованности за счет появления новых гидратных соединений и увеличением содержания кристаллических низкоосновных гидросиликатов кальция. Это свидетельствует о более полном и интенсивном усвоении кварца при гидросиликатном твердении и связывании кальцита предположительно в гидроксикарбосиликаты кальция переменного состава типа $\text{CaOCSiO}_2 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ и скоутита $6\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, находящиеся, вероятно, в рентгеноаморфном состоянии. Рентгенограмма образца, содержащего в сырьевой смеси САФД, характеризуется наличием рефлексов следующих соединений, которые отсутствуют в контрольном образце: $\text{CaSO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 4\text{Al}(\text{OH})_3$ ($d = 0,297; 0,223; 0,198; 0,186; 0,138; 0,137$ нм), $\text{CaSO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 2(\text{Fe}(\text{OH})\text{SO}_4) \cdot 19\text{H}_2\text{O}$ ($d=0,427; 0,281; 0,273; 0,198; 0,186; 0,152$ нм), $\text{CaOAl}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ($d = 0,427; 0,319; 245; 0,223; 0,212; 0,191; 0,154; 0,138; 0,125$ нм), а также твердых растворов промежуточного состава $3\text{CaO} \cdot (\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot (1-x) \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3) \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$, являющихся структурными аналогами эттрин-

гита, ($d = 0,281; 0,223; 0,212; 0,200; 0,154; 0,152$ нм), $\alpha\text{-C}_2\text{SH}$ (A) ($d = 0,377; 0,334; 0,304; 0,245$ нм). Указанные соединения, вероятно, способствуют химическому армированию материала межпоровых перегородок и за счет этого повышают его прочность.

Исследование наиболее типичных участков микроструктуры (рис. 5) показало, что характерной особенностью модифицированного ячеистого бетона является наличие в составе межпоровых перегородок большого количества волокнистых и игольчатых кристаллов низкоосновных гидросиликатов кальция, а также эттрингитоподобных соединений длиной 1,0–3,0 мкм и 0,2–0,4 мкм в поперечнике, пронизывающих массу чешуйчато-слоистых и гелевидных образований и создающих прочный пространственный кристаллический каркас.

Установлено, что добавка САФД вследствие своего минералогического состава оказывает активирующее воздействие на процессы формирования гидросиликатной матрицы при гидротермальной обработке, обеспечивает высокую степень закристаллизованности межпоровых перегородок и тем самым способствует уп-

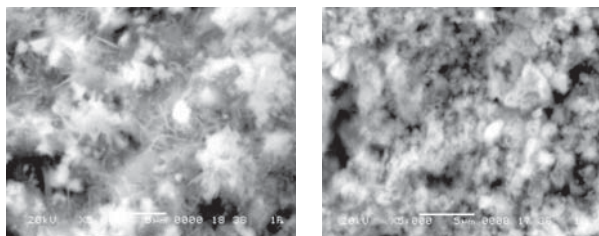


Рис. 5. Электронно-микроскопические снимки ячеистого бетона

рочнению их структуры за счет микроармирования. Интенсификация кристаллизационных процессов, обусловленная формированием алюминий- и железозамещенных низкоосновных гидросиликатов кальция и железозамещенных эттрингитоподобных соединений, способствует снижению величины диффузионного торможения реагирующих компонентов, которое является лимитирующим фактором химических реакций в данной системе, что обуславливает ускорение процесса связывания кварца в гидросиликаты кальция. Результаты лабораторных исследований показали, что при дозировке добавки 1,5–2,0% от массы сухих компонентов прочность ячеистого бетона по сравнению с контрольными образцами увеличивается в 2,0–2,2 раза для марки по плотности D 200; в 2,5–2,6 раза – для марки D 300,

в 1,8–1,9 – для марки D 400, в 1,9–2,0 раза – для марки D 500.

Данные исследования проводились в рамках литовско-белорусского проекта ТАР-15/2013 в области научно-технического сотрудничества: “Исследования влияния нано- и мелкодисперсных добавок на процессы твердения легких пористых композитов с целью создания ресурсосберегающих технологий конкурентноспособных теплоизоляционных строительных материалов” в 2013–2014 гг. при финансировании проекта с литовской стороны научной организацией “Research Council of Lithuania”, с белорусской стороны – Министерством образования Республики Беларусь.

Литература

1. Antanas Laukaitis, Jadvyga Kerienė, Modestas Kligys, Donatas Mikulskis, Lina Lekušaitė. Influence of Amorphous Nanodispersive SiO_2 Additive on Structure Formation and Properties of Autoclaved Aerated Concrete // Materials science. – 2010. – Vol 16. – № 3.
2. Georgijus Sezemanas, Jadvyga Kerienė, Marijonas Sinica, Antanas Laukaitis, Donatas Mikulskis. The Alkali and Temperature Resistance of Some Fibres // Materials science. – 2005. – Vol 11. – № 1. – С. 29–35.
3. Laukaitis, A., Kerienė, J., Mikulskis, D., Sinica, M., Sezemanas, G.. Influence of fibrous additives on properties of aerated autoclaved concrete forming mixtures and strength characteristics of products // Construction and Building Materials. – 2009. – № 23. – С. 3034–3042.
4. Marijonas Sinica, Antanas Laukaitis, Georgijus Sezemanas, Donatas Mikulskis, Jadvyga Kerienė. The influence of binding materials composition and fibrous additives on the properties of porous concrete. // Journal of civil engineering and management. – 2004. – Vol X, Suppl 2. – С. 131–136.
5. Laukaitis, A., Sinica, M., Balevičius, S., Levitas, B. Investigation of Electromagnetic Wave Absorber Based on Carbon Fiber Reinforced Aerated Concrete Using Time – Domain Method // Acta Physica Polonica. – 2008. – Vol 113, № 3. – С. 1047–1050.
6. Antanas Laukaitis, Jadvyga Kerienė, Modestas Kligys, Donatas Mikulskis, Lina Lekušaitė. Influence of mechanically treated carbon fibre additives on structure formation and properties of autoclaved aerated concrete. // Construction and Building Materials – 2012. – 26. – С. 362–371.
7. Marijonas Sinica, Georgij A. Sezeman, Donatas Mikulskis, Modestas Kligys, Vytautas Česnauskas. Impact of complex additive consisting of continuous basalt fibres and SiO_2 microdust on strength and heat resistance properties of autoclaved aerated concrete. // Construction and Building Materials. – 2014. – 50. – С. 718–726.
8. Marijonas Sinica, Georgijus Sezemanas, Vytautas Česnauskas, Donatas Mikulskis, Modestas Kligys. Патент Литвы LT 5966, от 25.10.2013. Gaminių iš autoklavinio akytojo betono gamybos būdas ir autoklavinio akytojo betono kompozicija (на литовском языке).

Использование метода термопорометрии для изучения процессов структурообразования цементного камня, модифицированного комплексными органоминеральными добавками

Ионов Д.С., Шейнич Л.А., Сопов В.П., ГП «НИИСК» (Украина, Киев)

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена проблеме изучения процессов структурообразования цементного камня, модифицированного комплексными органоминеральными добавками. Приведены результаты исследования структуры цементного камня методом термопорометрии на основе дифференциальной сканирующей микрокалориметрии. По итогам испытаний изучены количественные характеристики распределения пор по размерам в зависимости от их радиусов и изменение объема пористости в структуре искусственного камня в зависимости от количества пор определенного радиуса после твердения исследованных смесей в течение 7, 28 и 56 суток. С использованием оптимального состава органоминеральной добавки разработаны бетоны для массивного монолитного строительства классов В30...В40, которые отличаются низкой экзотермией, высокой трещиностойкостью, водонепроницаемостью и морозостойкостью.

ABSTRACT

Paper is devoted to the study of structure formation processes of cement paste, modified by complex organo-mineral additives. The article presents the results of a study pore structure of the cement paste compositions by thermoporometry method based on differential scanning microcalorimetry. Based on test results it was investigated quantitative characteristic pore size distribution according to their radii of porosity and volume changes in the structure of the artificial stone after hardening the mixtures investigated for 7, 28 and 56 days. Using the optimal composition of organo – mineral additive designed concrete class В30... В40 for massive monolithic construction, which are low – heat, high cracked resistance, water- and frost resistance.

Известно, что пористость играет важную роль в формировании основных свойств цементного камня и бетона [1], особенно если речь идет о материалах специального назначения. Для оценки распределения пор по размерам, объему и форме используют различные методы, каждый из которых применяется в конкретной специализированной области, соответствующей определенному уровню иерархичности в структуре цементного камня [2]. Ниже приведены исследования поровой структуры портландцементного камня без добавок и с использованием разработанной авторами [3] комплексной органоминеральной добавки, предназначенной для получения эффективных бетонов для монолитных конструкций. Оценка параметров поровой структуры искусственно-

го камня выполнена методом термопорометрии [4–7], в основе которого лежит термодинамическая зависимость температуры кристаллизации поровой жидкости от размеров пор:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{2\gamma} \int_{T_0}^T \frac{\Delta S dT}{V},$$

где R – радиус пор; γ – свободная поверхностная энергия на границе раздела фаз «твердое вещество-жидкость»; ΔS – изменение энтропии при кристаллизации жидкой фазы; V_l – объем жидкой фазы; T – температура кристаллизации.

В качестве экспериментального метода оценки температуры кристаллизации использовали дифференциальную сканирующую микрокалориметрию. Исследования проведены на кафедре физико-химической механики и технологии бетона Харьковского государ-

ственного технического университета строительства и архитектуры.

В данной работе использованы следующие материалы: портландцемент марки ПЦ II/Б-Ш-400, зола-унос Ладыженской ГРЭС, поликарбоксилатный суперпластификатор SKY 593 и полиэтиленгликоль с молекулярной массой 1500 (ПЭГ-1500). Для изучения поровой структуры были исследованы составы цементного теста, приведенные в табл. 1.

Исследования проводили в диапазоне температур +20...-60 °С. Скорость изменения температуры составляла 4 °С/мин. Образцы массой до 100 мг затворяли водой (водоцементное отношение В/Ц = 0,4) и помещали в герметичные алюминиевые капсулы. Образцы твердели в нормальных условиях при отсутствии влагообмена с окружающей средой на протяжении 7,28 и 56 суток.

Полученные результаты эксперимента после компьютерной обработки представлены в виде кривых, построенных с использованием программного обеспечения "Excel".

Графические интерпретации изменения характера поровой структуры искусственного камня, полученного при твердении образцов исследованных составов, приведены на рис. 1.

Таблица 1

Составы цементного теста, исследованные с помощью метода термопорометрии на основе дифференциальной сканирующей микрокалориметрии

Портландцемент (ПЦ), г	Зола-унос (З), г	SKY 593, г	ПЭГ-1500, г
100	0	0	0
88	12	0	0
88	12	0,7	0
88	12	0,63	0,07

Согласно данным, приведенным на рис. 1а (I), можно отметить, что в структуре камня на основе портландцемента без добавок наибольшее количество пор имеет радиус 2 нм (до 80%) и 2,8...4,2 нм (до 20%).

Состав, который кроме цемента содержит добавку золы, позволяет получить структуру камня с разветвленной системой пор радиусом 2...65 нм в разном количестве, но наибольшее количество пор характеризуется радиусом 2...2,5 нм (до 65%) и 3,5...6 нм (до 20%). Другие поры присутствуют в незначительном количестве и их суммарное количество не превышает 15%.

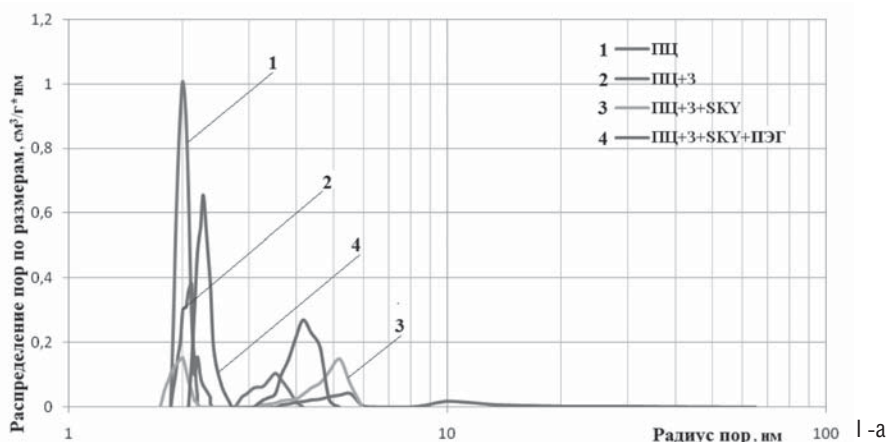
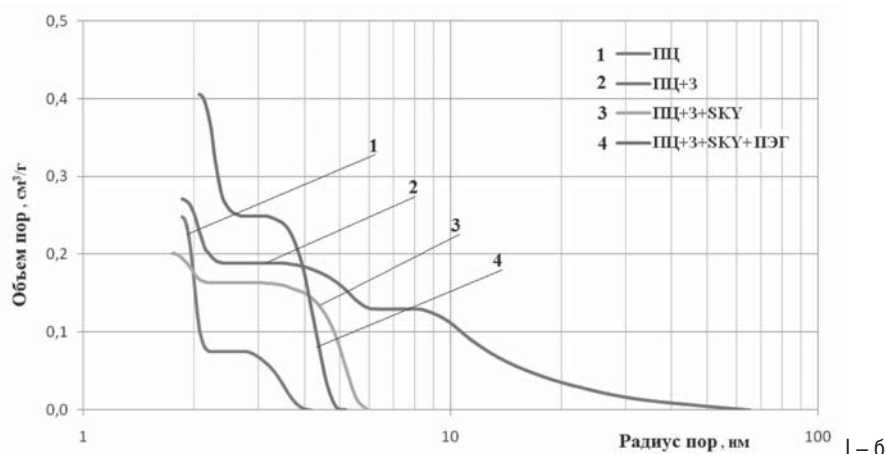
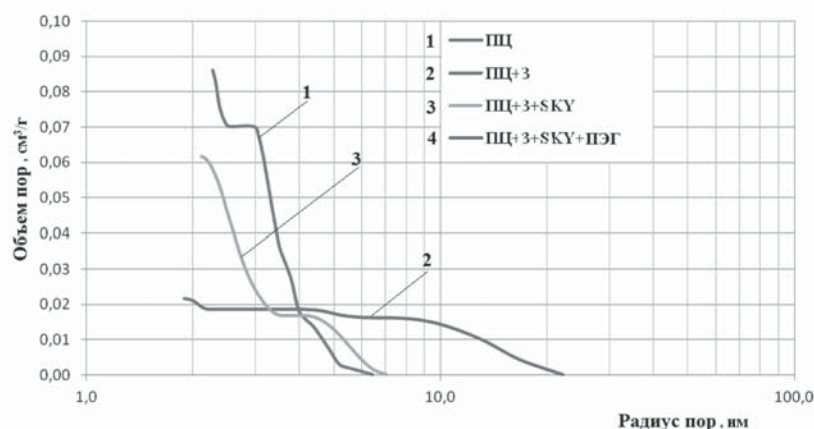
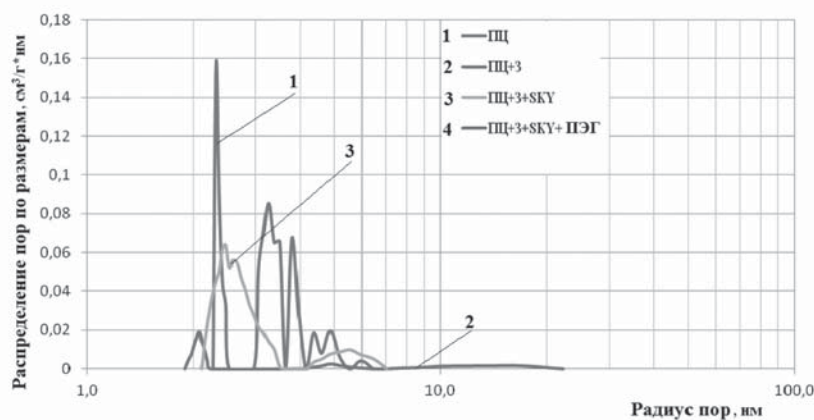
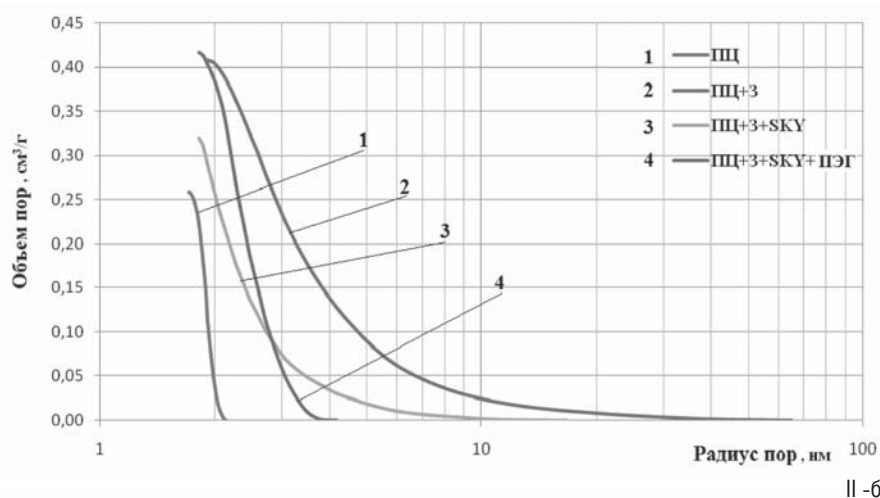
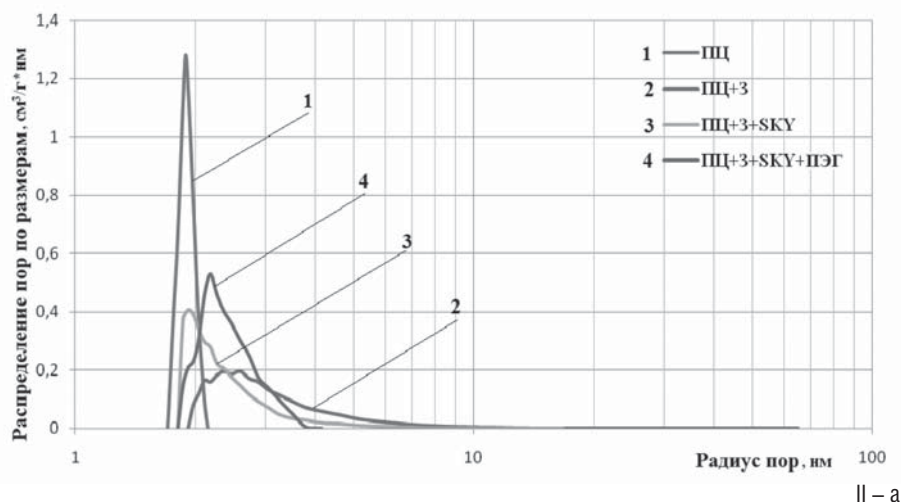


Рис. 1. Количественная характеристика распределения пор по размерам в зависимости от их радиусов (а) и изменение объема пористости в структуре искусственного камня в зависимости от количества пор определенного радиуса (б) после твердения исследованных смесей в течение 7 (I), 28 (II) и 56 (III) суток



Состав, содержащий вяжущее вещество портландцемент и золу-унос и пластификатор SKY 593, при твердении образует искусственный камень, в структуре которого преобладают поры с радиусом 1,8...2,4 нм (до 40%) и 3,2...6 нм (до 60%).

Золцементная композиция, модифицированная комплекс-



ной добавкой (СКУ 593 + полиэтиленгликоль), как и предыдущий состав при твердении, образует камень, в структуре которого преобладают поры двух диапазонов распределения радиусов. Это преимущественно мелкие поры радиусом 2,1...2,7 нм (до 55%) и более крупные 3,1...5,3 нм (до 45%).

Таким образом, сравнение приведенных выше данных позволяет отметить следующее. Наибольшее количество нанопор наименьшего радиуса имеет искусственный камень на основе портландцемента. При добавлении золы-уноса к портландцементу образуется искусственный камень, в структуре которого количество нанопор с малым диаметром сокращается, но общий диапазон распределения пор по радиусам расширяется. То есть при введении золы-уноса образуется искусственный камень, который имеет более разнообразную поровую структуру по величине радиуса, чем состав на основе портландцемента и, кроме того, наблюдается образование пор более крупных размеров. Это обусловлено замедлением процессов гидратации в присутствии золы-уноса и, как результат, образцы одного возраста имеют разную поровую структуру.

При введении в состав золоцементной композиции поликарбоксилатно-

го суперпластификатора образуется камень, в структуре которого количество пор с малым радиусом становится еще меньше, но растет количество нанопор среднего радиуса. Это можно объяснить тем, что добавление поликарбоксилатов, согласно [5], приводит к увеличению степени кристаллизации новообразований и к повышению воздухоовлечения, как следствие, – к увеличению пор среднего и более крупного размера. Добавление полиэтиленгликоля в состав вяжущих композиций способствует увеличению в структуре искусственного камня количества пор маленького радиуса (по сравнению с предыдущим вариантом), при этом также растет количество пор среднего радиуса. Это объясняется тем, что добавление полиэтиленгликоля усиливает действие поликарбоксилатного суперпластификатора и, как следствие, увеличивается количество пор среднего размера. При этом наблюдается замедление процессов гидратации исследованных композиций.

Согласно данным, приведенным на рис. 16 (I), можно отметить, что структуры, которые образуются при твердении композиций на основе ПЦ, (ПЦ + З + SKY) и (ПЦ + З + SKY + ПЭГ) имеют близкий диапазон изменения общего объема пористости в зависимости от радиусов пор, которые находятся в пределах 1,9...6 нм.

Структура камня, полученного на основе золоцементной композиции (ПЦ + З), отличается широким диапазоном изменения размера пор, радиус которых варьируется от 1,9 до 65 нм. Сравнивая данные, представленные на рис. 16 (I) и в табл. 2, можно отметить, что при введении в состав цементных композиций золы-уноса наблюдается образование искусственного камня, структура которого характеризуется широким диапазоном пор, что уменьшает прочность на ранних этапах твердения бетона (3...7 суток). При добавлении поликарбоксилатного суперпластификатора и полиэтиленгликоля, по сравнению с базовым составом, содержащим только портландцемент, отмечается рост общего объема пор (без увеличения их радиуса) и повышается прочность цементного камня в ранние сроки твердения на 5...30%.

Графики изменения поровой структуры искусственного камня на основе исследованных смесей, твердеющих в течение 28 суток, приведены на рис. 1а, б (II).

Согласно данным, представленным на рис. 1а (II), можно отметить, что в структуре камня, полученного на основе ПЦ, наибольшее количество пор наблюдается не в двух диа-

пазонах, как на 7 сутки твердения, а в одном, и они имеют радиус около 1,9 нм. Такой характер распределения пор по размерам можно рассматривать как “монопористость”, что создает условия для стабилизации и укрепления микроструктуры цементного камня.

Характер изменения пористости камня, полученного на основе цементно-зольной композиции, не имеет четко выраженного пика на графике (рис. 1а (II)), что свидетельствует о низком уровне развития нанопористости в структуре такого материала. Это негативно влияет на цементный камень, поскольку неопределенность наноструктуры снижает технологические свойства камня и замедляет скорость набора прочности по сравнению с прочностью камня на основе портландцемента (табл. 2).

Поровая структура камня на основе композиции ПЦ + З + SKY имеет такой же недостаток, как и структура предыдущего образца на основе цементно-зольной композиции (ПЦ + З). Однако поровая структура образца состава ПЦ + З + SKY является более развитой, причем в структуре преобладают мелкие нанопоры диаметром 2...3 нм. Это приводит к положительному эффекту наращивания прочности при твердении бетонов на 28 суток. Прочность повышается на 17...20% по сравнению с составами, содержащими портландцемент с добавкой золы или без нее.

Искусственный камень, полученный на основе портландцемента, золы-уноса и комплексной пластифицирующей добавки (SKY + ПЭГ), имеет разветвленную поровую структуру с радиусами пор 1,9...4 нм. Эта структура материала характеризуется широким диапазоном изменения размеров нанопор, который превышает аналогичный диапазон нанопор в структуре камня на основе ПЦ, причем в структуре камня, модифицированного добавками (SKY + ПЭГ) количественно преобладают мелкие поры, по сравнению с размером пор в структуре камня на основе золоцементных композиций без пластификатора и с пластификатором SKY 593. Это свидетельствует о формировании поровой структуры, в которой сбалансированное количество пор определенного диаметра обеспечивает стабильность свойств полученного искусственного камня во времени. Прочность камня при твердении композиций данного состава на 28 суток равна прочности состава, содержащего ПЦ + З + SKY (37 МПа).

Согласно данным, приведенным на рис. 1б (II), можно отметить, что искусственный камень на основе ПЦ имеет наименьшее общее количество нанопор, что говорит о не-

развитости поровой структуры такого материала и это может негативно влиять на его свойства. Например, прочность образцов на 28 суток низкая (табл. 2), по сравнению с составами, содержащими химические добавки.

Структура камня на основе золоцементной композиции (ПЦ + З) имеет наибольший общий объем нанопор, что свидетельствует о сверхразвитой поровой структуре. И это явление нежелательно, поскольку некоторое количество пор, особенно большого радиуса, может переходить в микро- и макропоры, которые будут снижать прочность камня. Наблюдается пониженная прочность на 7 суток и невысокая прочность на 28 суток (31 МПа), что значительно меньше прочности образцов, полученных с добавлением полимерных добавок (табл. 2).

Структура камня на основе композиции (ПЦ + З + SKY) имеет меньший общий объем пор, чем структура, полученная на основе предыдущего состава (ПЦ + З), но диапазон изменения радиуса пор все же остается достаточно широким – 1,9...20 нм. Это положительно влияет на прочность искусственного камня на 28 суток.

Состав композиции на основе ПЦ + З + SKY + ПЭГ обеспечивает получение искусственного камня с достаточно развитой системой нанопор, объем которых превышает объем пор в структуре камня на основе портландцемента, но при этом диапазон распределения пор по радиусам значительно шире, чем в структуре образцов на основе портландцемента и составляет 1,9...4,2 нм.

Такой объем пор при зафиксированном изменении их радиусов можно считать оптимальным для создания совершенной структуры цементного камня, поскольку структурная сетка нанопор является достаточно развитой, причем преобладают поры малого радиуса, что положительно влияет на прочность и трещиностойкость камня.

Изменение поровой структуры искусственного камня различного состава после 56 дней твердения представлено на рис. 1а, б (III).

Согласно данным (рис. 1а (III)), можно отметить, что структура искусственного камня на основе портландцемента нестабильна и со временем происходит увеличение радиуса пор с 2 нм (28 суток) до 6 нм (56 суток). Такое изменение пористости свидетельствует о начале деструктивных процессов, которые будут определять увеличение количества микро-трещин, особенно в массивных бетонных конструкциях.

В структуре камня на основе золоцементных композиций (ПЦ + З) сохраняется широкий диапазон изменения диаметров пор – 1,9...22 нм.

Достаточно интересные изменения имеют место в структуре камня на основе портландцемента, а именно расширяется диапазон изменения радиуса пор, достигая значений, характерных для структуры камня на основе ПЦ + З + SKY. Это свидетельствует о том, что пористость переходит с “нано” диапазона в “микро”, то есть нанопоры постепенно объединяются в поры большего размера, достигая со временем микроразмеров.

Рассматривая результаты, приведенные в табл. 2, можно отметить, что переход структуры от нано- к микропористости характеризуется снижением скорости набора прочности и стабилизацией прочности в поздние сроки твердения бетона (3, 6 и 12 мес.). Прочность бетона, в составе которого использована композиция (ПЦ + З + SKY + ПЭГ), является наибольшей в поздние сроки твердения (6, 12 мес.). Это объясняется тем, что молекулы полиэтиленгликоля связывают гидратные новообразования цементного камня (например, в портландит) и молекулы воды в гидратные кальций-полимерные соединения. Именно эти соединения на поздних сроках твердения

Таблица 2

Составы бетонных смесей и изменение прочности полученных бетонов во времени

№ состава	Состав бетонной смеси, кг/м³			ОК, см	Прочность, МПа, после твердения образцов в течение					
	ПЦ II/Б-Ш-400, кг/м³	Вода, л/м³	Добавка, кг/м³		3 сут	7 сут	28 сут	3 мес	6 мес	1 год
1	308	146	Зола – 42 SKY 593 – 2,2 ПЭГ – 0,25	1-4	13	23	37	45	55	60
2	308	146	Зола – 42 SKY 593 – 2,45	1-4	15	25	37	42	54	58
3	308	180	Зола - 42	1-4	9	15	31	35	39	44
4	350	190	-	1-4	11	17	29	38	42	45

и обуславливают продолжение процесса гидратации цемента в бетоне. Поскольку кальций-полимерные соединения на основе полиэтиленгликоля представляют собой агрегаты коллоидных размеров, то вокруг них образуется двойной электрический слой из молекул воды. Таким образом, с одной стороны происходит уплотнение поровой структуры цементной композиции, что подтверждается исчезновением пор в структуре камня на основе данной композиции (отсутствует соответствующая кривая на рис. 1а, б (III)), а с другой стороны наличие связанной воды в двойном электрическом слое предотвращает ее испарение из бетона и является дополнительным источником воды, необходимым для набора прочности бетона в поздние сроки твердения (табл. 2).

Добавка полиэтиленгликоля, вероятно, координирует поры в бетоне, что положительно влияет на повышение прочности (табл. 2) и принципиально меняет характер пористости образованного искусственного камня, а именно открытая пористость полностью переходит в закрытую. Обобщая приведенные данные согласно рис. (1 а, б), следует отметить, что с уменьшением радиуса пор (от 100 нм до 1 нм) общий объем пор на наноуровне все время увеличивается, то есть поры небольшого размера занимают в бетоне больший объем, чем поры большого размера.

Учитывая установленные особенности формирования пористой структуры искусственного камня и кинетику наращивания его прочности во времени при получении эффективных бетонов для монолитного строительства в качестве базовой была выбрана вяжущая композиция на основе портландцемента с добавкой золы-уноса и химического комплекса «полиэтиленгликоль + SKY 593» в количестве 0,7% (в соотношении – 1:9) от массы вяжущего.

Руководствуясь требованиями современной нормативной базы и результатами исследования процессов структурообразования с использованием метода термoporометрии разработаны бетоны для массивного монолитного строительства классов В30...В40, которые отличаются низкой экзотермией, высокой трещиностойкостью, водонепроницаемостью (доW8) и морозостойкостью (F200). Разработанные составы бетонов внедрены ЧАО «Бориспольский комбинат строительных материалов» при изготовлении массивных бетонных конструкций.

ВЫВОДЫ

1. С использованием метода термoporометрии исследована поровая структура пор-

тландцементного камня без добавок и с использованием комплексной органо-минеральной добавки, предназначенной для получения эффективных бетонов для монолитных конструкций.

2. Показано, что состав композиции на основе портландцемента, золы-уноса и органической добавки (SKY + ПЭГ) на 28 суток твердения обеспечивает получение искусственного камня, с достаточно развитой системой нанопор, объем которых превышает объем пор в структуре камня на основе портландцемента, но при этом диапазон их распределения по радиусам значительно шире, чем в структуре образцов на основе портландцемента и составляет 1,9...4,2 нм. Добавка полиэтиленгликоля, вероятно, координирует поры в бетоне, что положительно влияет на повышение прочности бетона и принципиально меняет характер пористости образованного искусственного камня, а именно на 56 суток твердения открытая пористость полностью переходит в закрытую. Методом термoporометрии поры в структуре такого камня не фиксируются.

3. С использованием оптимального состава органо-минеральной добавки разработаны бетоны для массивного монолитного строительства классов В30...В40, которые отличаются низкой экзотермией, высокой трещиностойкостью, водонепроницаемостью (доW8) и морозостойкостью (F200). Разработанные составы бетонов внедрены ЧАО «Бориспольский комбинат строительных материалов» при изготовлении массивных бетонных конструкций

Список литературы:

1. Тимашев, В.В. Влияние физической структуры цементного камня на его прочность / Цемент. – 1978. – № 2. – С.16–19.
2. Полиструктурная теория композиционных строительных материалов / Соломатов В.И., Выровой В.Н. и др. – Ташкент, ФАН, 1991. – 345 с.
3. Шейніч, Л.О., Іонов, Д.С. Вплив добавки поліетилєнґліколю на властивості бетону / Науково-технічний збірник «Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка». – ДП «НДІБ-МВ». – Вип. 43, 2012. – С.150–154.
4. Сопов, В.П., Ушеров-Маршак, А.В. Термодинамическая оценка структурных образований цементного камня / Современные проблемы строительного материаловедения. – Пятое академическое чтение РААСН, Воронеж, 1999. – С. 454–457.
5. Батраков, В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика / Батраков В.Г. – Москва, 1998. – 768 с.
6. Ушеров-Маршак, А.В. Термoporометрия цементного камня / А.В. Ушеров-Маршак, В.П. Сопов / Коллоидный журнал. – 1994. – Т. 56, № 4. – С. 600–603.
7. Ушеров-Маршак, А.В. Микроструктура цементного камня / А.В. Ушеров-Маршак, В.П. Сопов / Коллоидный журнал. – 1997. – Т. 59, № 6. – С. 846–850.

Эффективные гидроизоляционные материалы проникающего действия на основе модифицированных шлаковых цементов

Бондарь Е.В., Пушкарева Е.К.,
КНУСА (Украина, Киев)

В статье исследована эффективность использования вяжущей композиции (ПЦ II/Б-Ш-400), содержащей до 30% доменного гранулированного шлака, модифицированной природным цеолитом и комплексными добавками электролитов, для получения гидроизоляционных покрытий проникающего действия.

In the article it was researched usage CEM II, which were modified by natural zeolit and complex addiments of electrolits, for getting of hydroisolation coatings with waterproofing action.

Известно, что гидроизоляционные материалы проникающего действия используются для защиты бетонных и железобетонных конструкций от воздействия воды, водяного пара, мороза, агрессивных сред. Химически активная часть материала вступает в реакцию с составляющими цементного камня, образуя нерастворимые нитевидные кристаллы, которые вызывают уплотнение основания и создают водонепроницаемый барьер. При этом конструкции, обработанные проникающими гидроизоляционными составами, повышают свою морозостойкость, водонепроницаемость и стойкость к агрессивной среде. Влажность и ультрафиолетовое излучение не изменяют эксплуатационные характеристики бетона, прошедшего обработку гидроизоляционными материалами проникающего действия.

Материалы проникающего действия независимо от фирмы-производителя имеют один и тот же основной состав: бездобавочный портландцемент, кварцевый песок определенных фракций и активные химические добавки. Именно состав активных добавок, и определяет основное отличие между предлагаемыми на рынке составами гидроизоляционных материалов.

В то же время содержание большого количества таких химических добавок приводит к образованию высолов, трещин, отслаиванию покрытий, недолговечности бетонных и железобетонных сооружений, что вызывает недовольство потребителей.

Основой для получения известных в наше время гидроизоляционных составов выступают обычные бездобавочные портландцементы, которые в свою очередь имеют ряд негативных сторон, поскольку продукты гидратации таких вяжущих систем недостаточно долговечны и коррозионно неустойчивы.

Целью данной работы является оптимизация состава вяжущих композиций для получения гидроизоляционных материалов проникающего действия на основе шлаковых цементов, модифицированных комплексными добавками. Такие материалы предназначены для защиты подземных конструкций от разрушительного действия воды и влаги, что позволит повысить их долговечность и продлить срок эксплуатации.

Известно, что замена части портландцемента доменным гранулированным шлаком будет способствовать связыванию $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в низкоосновные гидросиликаты кальция, обеспечивая тем самым, повышенную устойчивость шлаковых цементов к действию мягких и минерализованных вод. Искусственный камень на основе такого цемента характеризуется высокой водонепроницаемостью, морозостойкостью и стойкостью к агрессивной среде – сульфатной коррозии, что и определяет область его применения как основы для получения гидроизоляционных покрытий проникающего действия.

Предыдущими исследованиями установлены оптимальные составы шлакового вяжущего [1, 2], подобрано рациональное содержание

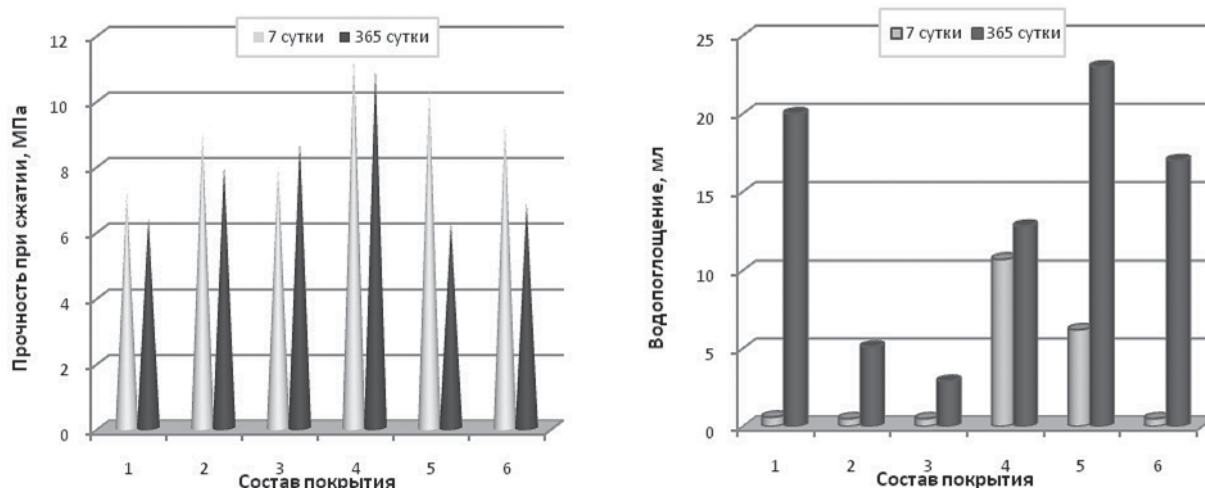


Рис.1. Прочность при сжатии (а) и водопоглощение (б) покрытий на основе вяжущих композиций, содержащих портландцемент, доменный гранулированный шлак и добавки природного цеолита, причем составы 1, 2, 3 дополнительно включают соли-электролиты (карбонаты, сульфаты, нитраты) в различных соотношениях, 4 – базовой состав цементно-шлаковой композиции, модифицированной добавкой цеолита, но не содержащий солей-электролитов, 5, 6 – составы сравнения: Пенетрон и Кальматрон соответственно

добавок-электролитов [3], исследованы основные физико-механические и специальные свойства гидроизоляционных покрытий на основе разработанных вяжущих композиций [4].

Повысить водонепроницаемость цементного камня наиболее простым методом позволяют добавки солей-электролитов, обуславливающие образование дополнительных кристаллогидратов. Соли-электролиты, растворяясь в воде, глубоко проникают в структуру бетона и вступают в реакцию с составляющими продуктами твердения цементного камня. В результате чего формируются водонерастворимые новообразования, которые заполняют поры, капилляры, трещины бетона до 0,5 мм, а также предотвращают фильтрацию воды, даже при наличии высокого гидростатического давления. При этом образованные кристаллогидраты внедряются в структуру бетона, уплотняя ее и предотвращая отслаивание гидроизоляционного покрытия от бетонной подложки.

Оптимальный состав солей, использованных для получения гидроизоляционных композиций, защищен патентом Украины.

Результаты исследования влияния солей электролитов, взятых в различных соотношениях на прочность при сжатии (а) и водопоглощение (б) покрытий, полученных на основе разработанных составов после 7 и 365 суток твердения, представлены на рис. 1.

Сравнение вышеприведенных данных показывает, что введение солей электролитов существенно не влияет на прочность вяжущих систем (при твердении в течение 7 суток), которая составляет 8,17 МПа и несколько усту-

пает составам сравнения – Кальматрону, Пенетрону и составу без солей.

Анализ результатов исследования прочности при сжатии покрытий на 365 суток показывает, что при использовании всех составов, кроме состава, включающего соли-электролиты с оптимальным соотношением компонентов, присущ некоторый спад прочности во времени. Наибольшей потерей прочности после 1 года твердения отличаются составы сравнения (Кальматрон и Пенетрон), прочность которых уменьшилась примерно в 1,3–1,6 раза.

В результате проведенных экспериментов было также установлено, что пропитка цементно-песчаных образцов гидроизоляционными растворами, содержащими комплекс солей, позволяет уменьшить значение водопоглощения в 17,7–21,4 раза (после 7 суток твердения) и в 2,5–4,4 раза (после 365 суток твердения), это подтверждается данными проведенных экспериментов.

Обобщение полученных зависимостей показывает, что наименьшей величиной водопоглощения как на 7 суток (0,5 мл), так и на 365 суток (2,9 мл), характеризуются покрытия, полученные на основе цементно-шлаковых композиций, модифицированных добавками цеолита и солей-электролитов.

Полученные покрытия характеризуются значительно более высокой надежностью по сравнению с традиционно применяемыми материалами аналогичного механизма действия и назначения, а их способность к гидроизоляции бетона не снижается даже после 1 года эксплуатации, как это было зафиксировано для аналогов сравнения (рис. 1).

Для раскрытия механизма процессов синтеза прочности разработанных оптимальных составов вяжущих систем исследованы фазовый состав новообразований с использованием рентгенофазового, дифференциально-тер-

мического анализ, электронной микроскопии. Результаты проведенных исследований приведены в табл. 1.

Введение комплексной добавки в состав растворной смеси приводит к ряду последо-

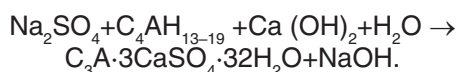
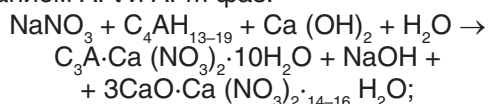
Таблица 1

Основные новообразования в гидроизоляционном покрытии на основе шлакового цемента, модифицированного добавкой природного цеолита и комплексом солей электролитов

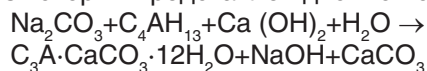
Основные компоненты вяжущего	Гидратные фазы по данным	
	РФА, нм	ДТА, °С
После твердения в течении 1 суток		
Портландцемент + шлак	2CaO·SiO ₂ ·H ₂ O (0,301; 0,237; 0,196; 0,192 нм); 5CaO·6SiO ₂ ·5H ₂ O (0,328; 0,176; 0,159 нм);	2CaO·SiO ₂ ·H ₂ O (-) 527; 5CaO·6SiO ₂ ·5H ₂ O (-) 130;
Портландцемент + шлак + цеолит	3CaO·Al ₂ O ₃ ·3CaSO ₄ ·32H ₂ O (0,388; 0,301; 0,213; 0,197; 0,194; 0,175; 0,165 нм); C ₂ SH(C) (0,422; 0,165 нм).	3CaO·Al ₂ O ₃ ·3CaSO ₄ ·32H ₂ O (-) 140; C ₂ SH(C) (-) 770.
Портландцемент + шлак + цеолит + соли	3CaO·Al ₂ O ₃ ·3CaSO ₄ ·32H ₂ O (0,324; 0,256; 0,242; 0,213; 0,197; 0,194; 0,175 нм); 3CaO·Al ₂ O ₃ ·CaSO ₄ ·12H ₂ O (0,488; 0,273; 0,144; 0,158 нм); 3CaO·Al ₂ O ₃ ·Ca(NO ₃) ₂ ·10H ₂ O (0,381; 0,294; 0,273; 0,187 нм); CaSO ₄ ·2H ₂ O (0,256; 0,177; 0,171 нм).	3CaO·Al ₂ O ₃ ·3CaSO ₄ ·32H ₂ O (-) 140; 3CaO·Al ₂ O ₃ ·CaSO ₄ ·12H ₂ O (-) 498; 3CaO·Al ₂ O ₃ ·Ca(NO ₃) ₂ ·10H ₂ O (-) 775; CaSO ₄ ·2H ₂ O (+) 340.
После твердения в течении 1 года		
Портландцемент + шлак	3CaO·Al ₂ O ₃ ·3CaSO ₄ ·32H ₂ O (d=0,301; 0,256; 0,234; 0,220; 0,215; 0,206; 0,197; 0,175; 0,166; 0,162; 0,157 нм); 2CaO·SiO ₂ ·H ₂ O (d=0,301; 0,275; 0,237; 0,205; 0,196; 0,192; 0,181; 0,174 нм)	3CaO·Al ₂ O ₃ ·3CaSO ₄ ·32H ₂ O (-) 150; 2CaO·SiO ₂ ·H ₂ O (-) 538
Портландцемент + шлак + цеолит	3CaO·Al ₂ O ₃ ·3CaSO ₄ ·32H ₂ O (d=0,240; 0,223; 0,212; 0,197; 0,166; 0,162 нм), 2CaO·SiO ₂ ·H ₂ O (d=0,301; 0,275; 0,224; 0,196; 0,192; 0,186 нм), Na{AlSi ₃ O ₈ }·H ₂ O (d=0,241; 0,221; 0,190; 0,185; 0,178; 0,168; 0,165; 0,160 нм), (Na, Ca) ₄ {Al ₃ Si ₁₆ O ₄₈ }·24H ₂ O (d=0,455; 0,332; 0,259; 0,207; 0,195; 0,187; 0,178; 0,168; 0,166 нм).	3CaO·Al ₂ O ₃ ·3CaSO ₄ ·32H ₂ O (-) 150; 2CaO·SiO ₂ ·H ₂ O (-) 525
Портландцемент + шлак + цеолит + соли	3CaO·Al ₂ O ₃ ·3CaSO ₄ ·32H ₂ O (d=0,262; 0,248; 0,234; 0,215; 0,208; 0,202; 0,197; 0,175; 0,166; 0,162 нм), 2CaO·SiO ₂ ·H ₂ O (d=0,334; 0,262; 0,245; 0,196; 0,186; 0,174 нм), Na{AlSi ₃ O ₈ }·H ₂ O (d=0,564; 0,345; 0,216; 0,185; 0,173; 0,165; 0,160 нм), (Na, Ca) ₄ {Al ₃ Si ₁₆ O ₄₈ }·24H ₂ O (d=0,346; 0,332; 0,298; 0,289; 0,207; 0,195; 0,193; 0,187; 0,166 нм), 3CaO·Al ₂ O ₃ ·CaSO ₄ ·12H ₂ O (d=0,287; 0,260; 0,235; 0,206; 0,190; 0,187; 0,166; 0,155 нм), 3CaO·Al ₂ O ₃ ·CaCO ₃ ·12H ₂ O (d=0,346; 0,330; 0,286; 0,217; 0,201; 0,186; 0,166; 0,160; 0,155 нм), 3CaO·Al ₂ O ₃ ·Ca(NO ₃) ₂ ·10H ₂ O (d=0,187 нм), Na ₈ Al ₆ Si ₆ O ₂₄ (SO ₄)·H ₂ O (d=0,286; 0,261; 0,213; 0,160 нм), (Na ₅ K ₁ Ca ₂)Al ₆ Si ₆ O ₂₄ (SO ₄) _{1,5} (d=0,288; 0,263; 0,215 нм)	3CaO·Al ₂ O ₃ ·3CaSO ₄ ·32H ₂ O (-) 150; 2CaO·SiO ₂ ·H ₂ O (-) 520; 3CaO·Al ₂ O ₃ ·CaSO ₄ ·12H ₂ O (+) 800; 3CaO·Al ₂ O ₃ ·Ca(NO ₃) ₂ ·10H ₂ O (-) 815

вательных и параллельных обменных реакций между ее компонентами.

Учитывая полученные результаты физико-химических исследований, предложен следующий механизм действия солей проникающей гидроизоляции: использование солей NaNO_3 , Na_2SO_4 , Na_2CO_3 , приводит к взаимодействию их с составляющими цементного камня с образованием AFt и AFm фаз:



Механизм действия карбоната натрия Na_2CO_3 можно представить как его реакцию с гидроалюминатом кальция в присутствии гидроксида кальция с последующим образованием двух труднорастворимых продуктов, один из которых представлен двойной солью:



Также возможна простая обменная реакция:
 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{NaOH}.$

Введение в цементно-шлаковую систему природных цеолитов позволяет связать свободные щелочи (Na, K) в нерастворимые гидроалюмосиликаты и окклюлировать анионы (CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , NO_3^-) в сложные неорганические комплексы, что в свою очередь служит гарантией долговечности гидроизоляционного покрытия во времени [5,6].

Таким образом, анализ результатов, полученных с использованием РФА и ДТА, подтверждает тезис о том, что наличие в составе цементного камня комплекса солей приводит на ранних стадиях гидратации к образованию, наряду с гидросиликатами и гидроалюминатами кальция, дополнительного количества структурно-активных гидратных AFt и AFm фаз, которые образуют кристаллический скелет, армирующий цементный камень, обеспечивая ускоренную кинетику нарастания прочности, уменьшая при этом степень водопоглощения и повышая водонепроницаемость гидроизоляционных покрытий во времени.

Экспериментально установлено, что при нанесении покрытия толщиной до 2 мм, глубина проникновения гидроизоляционного материала в структуру бетона составляет несколько десятков сантиметров, причем введение цеолитной добавки в состав вяжущей композиции обеспечивает связывание свободных щелочных соединений в нерастворимые гид-

роалюмосиликатные соединения (до 90%), а количество солей-электролитов, попадающих в структуру защищаемого бетона не превышает 0,04% на 1 м³.

Морозостойкость бетона после обработки разработанным гидроизоляционным составом повышается не менее чем на 100 циклов. Марка бетона по водонепроницаемости повышает-ся на 4 степени и более.

ВЫВОДЫ

Разработаны составы гидроизоляционных покрытий на основе цементно-шлаковых композиций, модифицированных природными цеолитами и солями электролитов, которые отличаются стабильностью эксплуатационных характеристик во времени и гарантируют долговечность полученного гидроизоляционного покрытия.

Одновременное введение в состав смешанных цементов различных по природе активности и свойствам минеральных добавок позволяет регулировать процессы структурообразования.

Предложенные составы гидроизоляционных материалов обеспечивают получение долговечного покрытия с высокими эксплуатационными характеристиками. Морозостойкость бетона после обработки разработанным гидроизоляционным составом повышается не менее чем на 100 циклов. Марка бетона по водонепроницаемости повышается на 4 степени и более.

Список литературы

1. Шлакомісткі цементи, модифіковані цеолітами, як основа для отримання гідроізоляційних розчинів / Пушкарьова К.К., Суханевич М.В., Бондар К.В., Марцих А.С. // Вісник ДонДАБА, 36. наук. праць "Сучасні будівельні матеріали, конструкції та інноваційні технології зведення будівель і споруд", том I, випуск 2010–5 (85). – Макіївка, ДонДАБА, 2010. – С. 102–108.
2. Використання шлакомістких цементів, модифікованих природними цеолітами, для одержання гідроізоляційних покриттів проникної дії / Пушкарьова К.К., Суханевич М.В., Бондар К.В., Разумова О.Є. // 36. наук. праць ВАТ Укр НДІ Вогнетривів ім. Бережного, № 110. – Харків, Каравелла, 2010. – С. 587–592.
3. Гідроізоляційні покриття проникної дії на основі ПЦ II/Б-Ш-400, модифіковані природними цеолітами / Пушкарьова К.К., Суханевич М.В., Бондар К.В. // Науково-технічний збірник "Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка". – Київ, 2011. – № 6 (71). – С. 35–37.
4. Покращення експлуатаційних властивостей бетонних споруд за рахунок використання гідроізоляційних матеріалів / Пушкарьова К.К., Суханевич М.В., Бондар К.В. // Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка, вип.44. – 2012. – С. 10–14.
5. Цеолиты в строительных материалах / Овчаренко Г.И., Свиридов В.Л., Казанцева Л.К. / – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2000. – 320 с.
6. Цеолитовые молекулярные сита / Д.Брек. – М., Мир. – 1976. – 768 с.

Некоторые особенности применения армированных газобетонных изделий в полносборном строительстве

Галкин С.Л., заместитель директора УП «ЦНТУС» (г. Минск, Республика Беларусь)

Сажнев Н.П., канд. техн. наук, советник руководителя

ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова»

Шелег Н.К., начальник производства ЗСК ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова», (оба – п. Чисть, Молодечненский р-н Минской обл., Республика Беларусь)

Введение

Современное строительство отличают высокие темпы строительно-монтажных работ, а также повышенные требования к энергетической эффективности конечной продукции, т.е. к расходу энергии на отопление вновь возводимых зданий. Сокращение периода освоения инвестиций является одним из факторов, определяющих выбор конструктивных схем и систем зданий, а также конструкционных материалов. В свою очередь технические решения наружных ограждающих конструкций, включая светопрозрачные заполнения, должны обеспечивать комфортные условия пребывания в помещениях при минимальном расходе невозобновляемых источников энергии. Следует заметить, что требования национальных строительных норм практически всех стран Европы с относительно холодной и продолжительной зимой, а также Канады, в части удельного энергопотребления зданиями приводят к необходимости применения конструкций наружных стен, включающих теплоизоляционный слой из высокоэффективных материалов. И необходимо особо подчеркнуть тот факт, что слоистые конструкции наружных стен устраивают и в тех случаях, когда в качестве конструкционного материала используют автоклавный ячеистый бетон (газобетон).

Зарубежный опыт применения армированных газобетонных изделий

Современное производство изделий из газобетона характеризуется высокой точностью геометрических размеров и стабильностью физико-технических показателей. В зарубежной практике строительства ячеистобетонные изделия находят применение в несущих конструктивных элементах остова зданий высотой до 5 этажей включительно [3, 15]. Этому в зна-

чительной степени способствует относительно небольшой собственный вес, достаточная прочность и жесткость газобетона, а также высокие показатели огнестойкости (по данным зарубежных источников – до 4 ч). Армированные изделия получили наиболее широкое распространение в ФРГ, США и Австралии [6, 7, 9].

Применение армированных газобетонных изделий в строительстве регламентировано соответствующими нормами, устанавливающими правила проектирования зданий, а также расчета и конструирования отдельных элементов. Следует заметить, что ввиду специфических свойств автоклавного ячеистого бетона положения по расчету и конструированию отдельных элементов, как правило, вынесены в отдельный документ, который в свою очередь ссылается на положения норм проектирования железобетонных конструкций. По такому принципу была построена нормативная база в бывшем СССР (Пособие [11] и СНиП 2.03.01–84* [12]), аналогичный подход реализован, в частности в странах Европейского Союза ([4] и [5]) и США ([2] и [1]).

Номенклатура ячеистобетонных армированных изделий, включающая, как правило, панели стен и перегородок, плиты перекрытий, перемычки и ступени, у различных производителей варьируется в широких пределах и в значительной степени зависит от сложившихся традиций применения этого материала в конкретных регионах. При этом панели используют не только в качестве навесных ограждающих конструкций (рис. 1), но и как несущие вертикальные и/или горизонтальные элементы стен (в том числе перегородок), а плиты – в качестве несущих элементов перекрытий (рис. 2). Армированные изделия из ячеистого бетона также находят применение в сочетании с други-

Рис. 1



Рис. 2а



Рис. 2б

ми строительными конструктивными материалами, такими, например, как металл (рис. 3) и древесина (рис. 4).

Тем не менее основная и наиболее массовая область применения ячеистобетонных изделий – гражданские здания малой и средней этажности со стеновой конструктивной схемой. При возведении таких объектов не требуется использование техники с большой грузоподъемностью, а увеличение размеров строительных элементов повышает темпы монтажных работ и сокращает общую продолжительность строительства. Как показывает зарубежный опыт (например, <http://www.lccsiporex.com/index.asp?id=16>), монтаж полносборного дома из ячеистобетонных панелей, перемычек и плит перекрытий может осуществлять бригада из шести человек, включая машиниста автомобильного крана. При этом затраты времени на монтаж 1 м³ изделий в среднем составляют 0,5 ч, что намного меньше трудоза-

рат при возведении кладки из ячеистобетонных блоков. Общая трудоемкость возведения для географических условий Саудовской Аравии с учетом конструкции фундамента, сопутствующих (устройство кольцевого анкера перекрытия) и отделочных работ не превышает 3,5 чел.·ч/м³ (из расчета на единицу объема ячеистобетонных изделий SIPOREX).

В плане изучения современных методов строительства с комплексным применением армированных ячеистобетонных изделий представляет интерес опыт работающего на территории США отделения компании Hebel, входящей в состав холдинга Xella и широко применяющей полносборный метод строительства малоэтажных гражданских зданий (рис. 5). Несу-



Рис. 3. Ячеистобетонные панели в наружных стенах здания со стальным каркасом



Рис. 4. Ячеистобетонные панели в наружных стенах здания с деревянным каркасом



Рис. 5. Строительство полносборных зданий из армированных ячеистобетонных изделий производства компании NEBEL (США); слева – монтаж плит перекрытия на стены из вертикальных несущих панелей; справа – пятиэтажное здание гостиницы

щие стены устраивают из панелей вертикальной (рис. 6) или горизонтальной (рис. 7) разрезки, боковые грани которых в зависимости от района строительства могут иметь различную форму (плоскую или профилированную). Следует заметить, что армирование и замоноличивание стыков стен из вертикальных панелей (с профилированными соответствующим образом боковыми гранями) не только обеспечивает фиксацию панелей из плоскости стены, но также за счет устройства “скрытого” каркаса позволяет повысить сопротивление стен действию горизонтальных нагрузок и упрощает устройство связей стен с перекрытиями. Кроме того, замоноличивание вертикальных стыков повышает их сопротивление воздухопроницанию, а также улучшает звукоизолирующие показатели и при определенных условиях позволяет отказаться от перетирки монтажных швов между панелями (например при отделке стен листовыми материалами или облицовке).

Проемы в несущих стенах перекрывают перемычками, изготавливаемыми специально для конкретного объемно-планировочного решения или путем обрезки стеновых панелей. Армирование перемычек назначают в зависимости от величины воспринимаемых ими нагрузок. Подоконные зоны проемов могут быть

выполнены как из укороченных стеновых панелей, так и специально изготовленных для этой цели элементов.

В процессе монтажа панели фиксируют с помощью инвентарных или изготавливаемых по месту подкосов. Для предупреждения раскрытия монтажных швов между угловыми панелями их соединяют винтовыми анкерами Helifix, устанавливаемыми попарно накрест в нескольких уровнях по высоте.

В качестве несущих элементов междуэтажных перекрытий и покрытия используют ячеистобетонные плиты (как правило, длиной до 6 м включительно). Швы между плитами армируют по всей длине и замоноличивают мелкозернистым бетоном или прочным цементно-песчаным раствором для обеспечения передачи вертикальных усилий между смежными плитами (за счет профиля боковых граней). Арматурные стержни межплитных швов отгибают и заводят за стержни каркаса кольцевого анкера, устраиваемого по периметру каждой ячейки перекрытия. Необходимо заметить, что кольцевой анкер является неотъемлемым элементом перекрытия [6–8] и согласно [6] выполняет несколько функций как в условиях нормальной эксплуатации здания, так и при аварийных воздействиях.

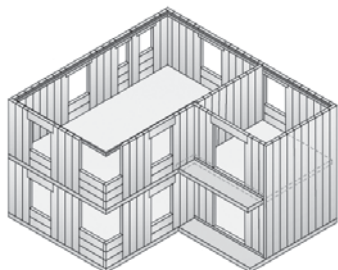


Рис. 6. Принципиальная схема здания с вертикальными несущими панелями из автоклавного ячеистого бетона

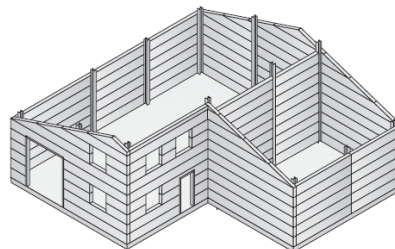


Рис. 7. Принципиальная схема здания с горизонтальными панелями из автоклавного ячеистого бетона

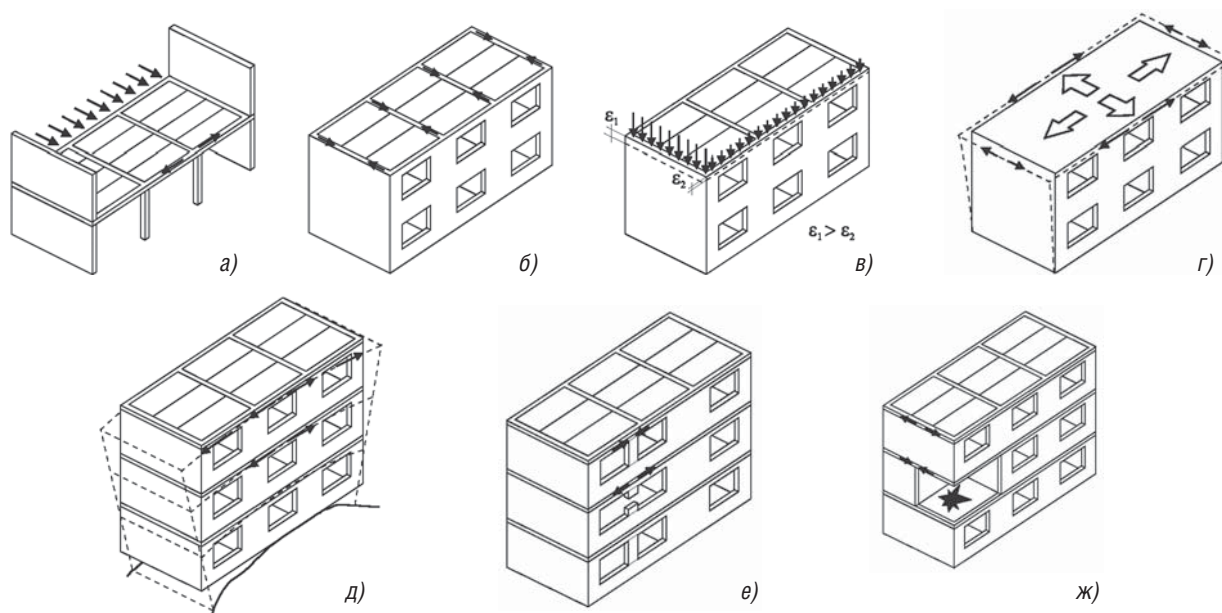


Рис. 8. Схемы работы кольцевого анкера сборного перекрытия (стрелками обозначены направления возможных усилий и деформаций здания или его отдельных частей)
а – при действии горизонтальных нагрузок; б – при горизонтальных деформациях в уровне перекрытий; в – при неравномерном нагружении стыкуемых несущих стен; г – при температурно-усадочных деформациях стен и перекрытий; д – при неравномерной осадке фундаментов; е – при разрушении несущего простенка; ж – при разрушении углового участка несущих стен

Так, например, объединение плит перекрытия в диск позволяет повысить пространственную жесткость несущего остова и его сопротивление горизонтальным нагрузкам (рис. 8а), а также геометрическую неизменяемость в уровнях перекрытий (рис. 8б). Кроме того кольцевой анкер выполняет функцию элемента, перераспределяющего усилия между неравномерно нагруженными стенами, предотвращая их неравномерную вертикальную деформацию (рис. 8в). Важная функция кольцевого анкера заключается также в ограничении температурных и усадочных деформаций (рис. 8г), возникающих вследствие естественных колебаний температуры наружного воздуха и снижения влажности ячеистого бетона до равновесного уровня в процессе эксплуатации здания. При развитии неравномерных осадок фундаментов (рис. 8д), обусловленных непредвиденными факторами, кольцевой анкер препятствует развитию неограниченных деформаций стен и способствует ограничению ширины раскрытия трещин.

В случае аварийных воздействий, результатом которых может быть разрушение простенка (рис. 8е) или угла несущей стены (рис. 8ж), кольцевой анкер препятствует непропорциональному разрушению перекрытия над поврежденной опорой и при определенных условиях может воспринимать часть нагрузки от расположенных выше частей зданий.

Арматурные стержни, как правило, с отгибами на концах, из замоноличенных стыков

стен заводят в кольцевой анкер. В зданиях высотой два этажа и более арматурные стержни пропускают насквозь через кольцевой анкер в расположенные выше конструкции стен. В этом случае непрерывность армирования вертикальных стыков между панелями способствует повышению сопротивления здания непредусмотренным воздействиям как в условиях нормальной эксплуатации, так и при возникновении чрезвычайных ситуаций.

Плоские и скатные кровли (последние – в случае мансардных этажей) устраивают с применением ячеистобетонных плит. При этом конструкция несущей части в обоих случаях остается неизменной и представляет собой горизонтальные или наклонные диски, объединенные кольцевыми анкерами. Межплитные швы, как и в случае междуэтажных перекрытий, армируют по всей длине и замоноличивают. Отличие наклонных дисков заключается в устройстве в необходимых случаях шпальных опор вдоль стен. Шпонки образуются скошенными (в пределах толщины опор) углами плит и замоноличиваются одновременно с кольцевым анкером. Для предотвращения среза по границам примыкания шпонок к кольцевым анкерам может быть предусмотрено дополнительное армирование.

Перегородки из газобетонных панелей являются достаточно распространенным техническим решением в зарубежной практике строительства. Панели изготавливают, как правило,

на высоту помещения за вычетом монтажных зазоров. Перемещение и монтаж панелей ввиду достаточно большого веса (более 100 кг) осуществляют вручную с помощью специальных тележек. Панели крепят к перекрытию путем устройства скользящих опор. При необходимости (в зависимости от профиля стыкообразующих граней) панели могут быть дополнительно соединены между собой. Перемычки над проемами в перегородках могут быть устроены как из элементов, получаемых путем обрезки перегородочных панелей, так и из брусовых перемычек, применяемых в каменных конструкциях из мелких блоков.

Анализ зарубежной нормативной и технической литературы свидетельствует о том, что описанная выше принципиальная конструкция несущего остова здания и перегородок из армированных газобетонных элементов применяется практически во всех странах, предприятия которых выпускают продукцию в номенклатуре, обеспечивающей комплексное применение автоклавного ячеистого бетона в полносборном строительстве.

В этой связи следует заметить, что строительство таких зданий требует соответствующей подготовки инженерно-технического и рабочего персонала, а также оснащения необходимым инструментом, машинами и механизмами. При этом весьма важную роль играют вспомогательные материалы и изделия, применяемые при монтаже. Кроме уже упоминавшихся винтовых анкеров Helifix, необходимо отметить специальные составы, используемые при монтаже стеновых и перегородочных панелей с плоскими стыкообразующими гранями. Об особых свойствах применяемых смесей свидетельствует тот факт, что состав по способу применения соответствующий тонкослойным растворам для кладки, наносят на монтируемый (а не на уже смонтированный) элемент высотой (длиной) до 6 м в горизонтальном положении. При этом не происходит отслаивания или сползания раствора в процессе подъема (поворота в вертикальное положение) и перемещения монтажного элемента к месту установки. Очевидно, что в этом случае монтажники должны обладать определенными навыками и располагать соответствующим техническим оснащением для установки панели в проектное положение с первого раза.

Говоря о современных конструктивных схемах полносборных зданий из газобетонных армированных изделий необходимо особо остановиться на конструкции фундаментов. Известно, что автоклавный ячеистый бетон, несмотря на небольшую прочность и низкий модуль упругости, по сравнению с традиционными

видами бетонов в большей степени проявляет свои хрупкие свойства и гораздо сильнее подвержен образованию трещин при растяжении и сдвиговых деформациях. В случае применения сборных элементов стены и перегородки будут иметь более высокую степень дискретности по сравнению с кладкой из мелких или крупных блоков за счет большего количества вертикальных неперевязанных швов. Такие конструкции крайне чувствительны к неравномерным осадкам опор (основания), которые могут привести к сдвигу панелей вдоль стыков, образованию трещин в защитно-декоративных покрытиях и ухудшению эксплуатационных показателей. Следует заметить, что устройство стен из горизонтальных панелей за счет наличия ориентированной соответствующим образом арматуры позволит в некоторой степени снизить негативные последствия неравномерных деформаций основания, однако не исключит полностью образование трещин и может привести к избыточному раскрытию вертикальных монтажных стыков.

С учетом изложенных соображений к конструкциям фундаментов зданий с комплексным применением газобетонных изделий независимо от конструктивного решения стен применяют повышенные требования по жесткости. Поэтому фундаменты таких зданий устраивают либо в виде сплошной монолитной плиты (в зданиях без подвала), либо с монолитными стенами подвала (цоколя), обладающими высокой изгибной и сдвиговой жесткостью. В особо сложных и неблагоприятных условиях может быть использовано комбинированное решение в виде монолитной конструкции, состоящей из плиты, стен и перекрытия над подвалом.

Некоторые результаты отечественного опыта применения армированных газобетонных изделий в полносборном строительстве

В Республике Беларусь производство ячеистобетонных изделий автоклавного твердения является одной из самых динамично развивающихся отраслей промышленности строительных материалов.

В 2013 г. в Беларуси годовой объем производства ячеистого бетона составил около 3,2 млн м³. При этом практически весь объем производства приходится на мелкие блоки, в то время как доля армированных изделий крайне мала. Ситуация с армированными изделиями усугубляется и тем, что не все предприятия располагают техническими возможностями даже для выпуска перемычек. И только завод ячеистого бетона ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» может выпускать всю номенклатуру армированных изде-

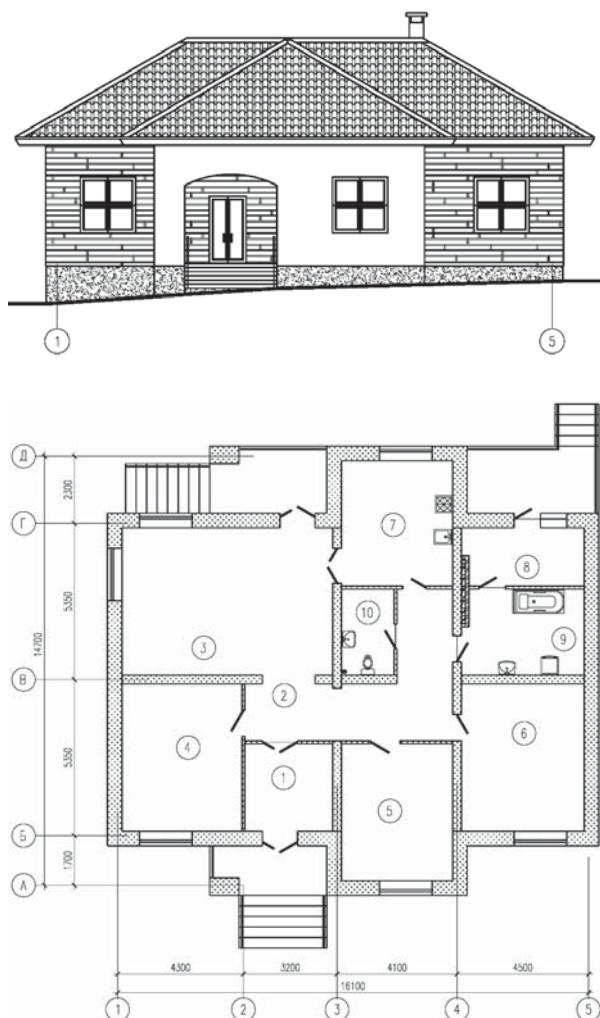


Рис. 9. Фасад и план экспериментального полносборного жилого дома из армированных ячеистобетонных изделий
Назначение помещений:

1 – тамбур (прихожая); 2 – коридор; 3 – гостиная;
4–6 – жилые комнаты; 7 – кухня; 8 – топочная;
9 – ванная комната; 10 – санузел

лий для реализации концепции полносборного строительства с применением газобетона.

В рамках развития новых эффективных конструктивных систем гражданских зданий ОАО «УКХ «Забудова» и УП «ЦНТУС» в 2013 г. начали экспериментальную разработку и освоение конструктивно-технологической схемы малоэтажных зданий со стенами из панелей вертикальной разрезки. В качестве объекта строительства был принят жилой дом в д. Ракутевщина Молодечненского района. Проектирование выполняли согласно действующим ТНПА, при этом разработку новых видов изделий – стеновых панелей вертикальной разрезки и перемычек высотой 600 мм (наружных и внутренних стен) выполняли как по Пособию к СНиП 2.03.01 [11], так и по СТБ EN 12602 [13].

В конструктивном отношении объект представляет одноэтажное здание (площадь 216 м²) с подвалом под частью плана и холодным чердаком под скатной стропильной кровлей* (рис. 9). С учетом инженерно-геологических условий строительной площадки, а также особенностей объемно-планировочного и конструктивного решения несущего остова фундамент запроектирован ленточным сборно-моноклитным (рис. 10). Перекрестные фундаментные ленты и плита перекрытия – моноклитные, стены подвала – из бетонных блоков с моноклитными вставками.

Наружные и внутренние стены – из вертикальных панелей шириной 600 мм и высотой до 3,5 м. Перемычки над проемами приняты высотой 600 мм и шириной, равной толщине стен. Для заполнения подоконных зон предусмотрены укороченные панели вертикальной разрезки. Все панели и перемычки наружных и внутренних стен изготавливали по индивидуальным чертежам, разработанным в составе проектной документации.

Панели и перемычки наружных стен толщиной 500 мм изготавливали из бетона класса по прочности на сжатие В2,5 и марки по средней плотности D500, внутренних стен толщиной 300 мм – соответственно В3,5 и D600. Стыко-



Рис. 10. Фундамент экспериментального жилого дома в процессе строительства: сверху – общий вид; внизу – фрагмент (с засыпанными пазухами) со стороны технического подполья

* Объемно-планировочное решение дома разработано главным архитектором проекта И.В.Чудовской (УП «ЦНТУС»)

образующие грани стеновых панелей имели пазогребневый профиль (с двумя пазами и гребнями на противоположных сторонах). Для соединения панелей в углах были предусмотрены специальные накладки из оцинкованной стали. Понизу каждую панель крепили к основанию с помощью стальных соединительных деталей, а по верхнему обрезу соединяли с конструкцией перекрытия путем устройства замоноличенных шпонок с арматурными выпусками.

Перекрытие над жилым этажом было из ячеистобетонных плит (толщиной 250 мм) с замоноличенными армированными межплитными швами и обвязочным контуром (кольцевым анкером), а также небольшими монолитными участками в местах пропуска инженерных коммуникаций и выхода на чердак. Плиты запроектированы на основе материалов типовой серии Б1.043.1–2.08 из бетона класса В3,5 и марки по средней плотности D700.

Для передачи нагрузок от стропильной кровли карнизные участки стены выполнены кладкой из ячеистобетонных блоков на тонкослойном (клеевом) растворе, при этом верхний ряд кладки – из лотковых блоков, в пространстве которых устроен монолитный обвязочный контур с арматурными выпусками для крепления мауэрлата.

Перегородки из панелей вертикальной разрезки, запроектированных на основе материалов типовой серии Б1.031.1–4.10, с плоскими стыкообразующими гранями. Панели перегородок изготавливали из бетона класса В3,5 и марки по средней плотности D700. Крепление перегородок к стенам перпендикулярного направления, перекрытию и между собой выполнено с помощью П-образных соединительных элементов из оцинкованной стали.

Одна из концепций экспериментального жилого дома заключалась в максимальном использовании теплотехнических свойств газобетона. Так, наружные стены были приняты толщиной 500 мм из условий выполнения нормативных требований к сопротивлению теплопередаче наружных стен $R_{T, \text{норм}} = 3,2 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Перекрытия над подвалом и жилой частью были дополнительно утеплены также из условия выполнения требований норм строительной теплотехники: над подвалом – до $R_T = 3,0 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, над жилой частью – до $R_T = 6,0 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Кроме того, стены цоколя также были утеплены до величины $R_T = 3,0 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ на глубину 1 м ниже планировочной отметки грунта.

Однако, как показал детальный анализ тепловых потерь с учетом объемно-планировочного и конструктивного решения дома, а также его расположения относительно сторон света, выполненный при участии ИООО

“Сен-Гобен Строительная Продукция Белорус”, расчетная величина удельного энергопотребления на отопление при указанном решении составила $q_h = 120 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ в год. Полученный результат не отвечал требованиям ТКП 45–2.04–196–2010 [14], согласно которому нормативное значение удельного расхода тепловой энергии за отопительный период на отопление и вентиляцию жилых зданий для г. Минска составляет $q_h^{\text{req}} = 96 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$. Кроме того, при полученном расчетном значении удельного расхода тепловой энергии проектируемый дом отвечал классу D (пониженный), в то время как согласно указанному ТНПА вновь проектируемые жилые здания должны отвечать требованиям классов А+, А или В.

Для достижения требуемых показателей ИООО “Сен-Гобен Строительная Продукция Белорус” выполнило расчет нескольких вариантов (в том числе с механической системой вентиляции с рекуперацией тепла) сокращения тепловых потерь, на основании которых было принято решение обеспечить выполнение нормируемых параметров только за счет соответствующего утепления наружных стен и перекрытия над жилой частью. В итоге толщина тепловой изоляции из минераловатных плит (с учетом тепловых потерь через теплопроводные включения навесной конструкции фасада) наружных стен составила 180 мм, перекрытия – 400 мм. При этом приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен (без учета светопрозрачных заполнений) достигло значения $R_T = 7,0 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, перекрытия – $R_T = 11,2 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Такое решение позволило обеспечить выполнение нормируемых показателей расхода тепловой энергии, снизить расчетное значение до $q_h = 74,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ (на 38% от первоначального показателя) и по рейтингу расхода тепловой энергии перевести дом в класс А (очень высокий).

Новая конструктивно-технологическая система строительства с применением армированных газобетонных изделий потребовала освоения новых методов монтажа с использованием специальных приспособлений. В первую очередь это относится к стеновым панелям вертикальной разрезки, монтаж которых, как уже было отмечено выше, имеет некоторые особенности. Так, в частности, заводом ячеистого бетона ОАО УКХ “Забудова” разработаны, изготовлены и при участии ЧУП “Чисть-Бау” апробированы в построечных условиях монтажные устройства – вилочная траверса (для захвата панели со стороны стыкообразующей грани, рис. 11) и винтовой захват, прижимные “щеки” которого располагаются со стороны фасадных поверхностей панелей.



Рис. 11. Монтаж полносборного дома из армированных ячеистобетонных изделий внизу – монтаж панели вилочной траверсой; вверху – общий вид смонтированной “коробки” дома



К сожалению, ограниченный объем печатного материала не позволяет подробно остановиться на всех нюансах освоения нового вида строительства, представляющих определенный научный и практический интерес.

В целом по итогам проектирования и строительства экспериментального полносборного жилого дома из армированных газобетонных изделий следует отметить, что разработка и опытная апробация новой конструктивно-технологической системы выявила целый ряд технических и технологических вопросов, которые требуют детального изучения, всестороннего анализа и соответствующей проработки для получения эффективных строительных решений. В Республике Беларусь новая система полносборного строительства имеет хорошую перспективу в области малоэтажных гражданских зданий благодаря наличию современного производства продукции из автоклавного ячеистого бетона и возможности его модернизации для наращивания объема выпуска армированных изделий.

Список использованных источников

1. ACI 318–11: Building Code Requirements for Structural Concrete.
2. ACI 523.4R-09: Guide for Design and Construction with Autoclaved Aerated Concrete Panels.
3. Aroni, S., Autoclaved Aerated Concrete: Properties, Testing and Design. RILEM Recommended Practice // Aroni, S., de Groot, G.J., Robinson, M.J., Svanholm, G., Wittman F.H. – Taylor&Francis Group, 1993, 404 p.
4. EN 12602:2008+A1:2013: Prefabricated reinforced components of autoclaved aerated concrete.
5. Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1–1: General rules and rules for buildings.
6. Hebel® Slab Panel. Technical Sheet and Installation Guide / Xella AAC Texas, Inc., 2009, 11 p.
7. Hebel® Vertical Load-Bearing Wall Panels. Technical Sheet and Installation Guide / Xella AAC Texas, Inc., 2013, 9 p.
8. Projektowanie konstrukcyjne budynków ze ścianami z bloczków YTONG wg PN-B-03002:1999–2005, 136 str.
9. Structural Floor Panels Design Guide / Supercrete NZ Limited, 2008, 52 p.
10. Газобетон как перспективный стройматериал: опыт применения за рубежом // Стройка. – 2009. – № 20. – Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.sibyt.ru/about/opyt-primeneniya-za-rubezhom.php>.
11. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из ячеистых бетонов (к СНиП 2.03.01–84).
12. СНиП 2.03.01–84* Бетонные и железобетонные конструкции.
13. СТБ EN 12602–2011. Изделия железобетонные заводского изготовления из автоклавного ячеистого бетона.
14. ТКП 45–2.04–196–2010. Строительная теплотехника (с изм. 1). Строительные нормы проектирования.
15. Трамбовецкий, В.П. Ячеистый бетон в строительстве // Технологии бетонов. – 2007. – № 2. – Электронный ресурс. Режим доступа: <http://old.stroi.mos.ru/nauka/d26dr6838mOrr6339.html>.

“Зеленое” строительство из сборного автоклавного газобетона. Новые методы применения ячеистого бетона

Виллем М. ван Боггелен, Антон Купава,
AIRCREEurope (Олдензаал, Нидерланды)

Сегодня автоклавный ячеистый бетон (АЯБ) является одним из самых экологически чистых строительных материалов. Универсальность номенклатуры газобетона и технико-физические свойства материала позволяют рассчитывать на высокоскоростное и энергоэффективное строительство из газобетонных элементов. В докладе предлагаются разные варианты достижения энергонеутрального строительства с ячеистобетонными изделиями, используя существующие знания и подтвержденную практику из ЕС.

“Зеленое” строительство

Технологии AIRCRETE развиваются в течение последних лет, делая “зеленый” образ жизни более доступным для всех нас. Энергосберегающее строительство в настоящее время уже больше чем просто тенденция. Директива, подписанная Советом Европы в 2010 году, обязала после 2018 года все общественные постройки и принадлежащие государству здания, а к концу 2020 года – все здания строить с почти нулевым потреблением энергии. Новая Директива об энергоэффективности дд. 2012 г. дополняет Директиву 2010 г., установив цели для снижения энергопотребления странам-членам ЕС.

Что значит энергонеутральное здание – здание с нулевым потреблением энергии?

Углеродно-нейтральное здание – это сооружение, которое не вызывает увеличения выброса углекислого газа (CO_2). Это означает, что потребление энергии и вырабатывание энергии самой конструкцией должны быть в балансе или нейтральными. Для достижения этой цели очевидный шаг заключается в сокращении энергопотребления зданий, который имеет непосредственное влияние на используемые стройматериалы, а также строительные методы. Сегодня в большинстве стран Западной Европы требуемый стандарт термического сопротивления здания составляет $R_c > 6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ для полов, стен и кровли. Например, пассивные дома в Нидерландах достигают значений $R_c = 10 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

Газобетонные изделия низкой плотности

Для производителей газобетона такая глобальная тенденция строгого энергосбережения предлагает больше возможностей, чем угроз. Ключевым аспектом успешной адаптации к новым правилам будет предложение строительных решений, состоящих из материалов с превосходной комбинацией конструктивно-теплоизоляционных свойств. Технологический Треугольник AIRCRETE выделяет важность высококачественного газобетона в энергоэффективном строительстве, беря основные свойства АЯБ за основу.

Теплопроводность изделий должна быть значительно снижена, чтобы соответствовать новым требованиям теплопотерь. Технологии AIRCRETE приспособили производство блоков и панелей низкой плотности (300 кг/м^3) со значением $\lambda = 0,07\text{--}0,08 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$. Плотность изделий напрямую связана с их прочностью на сжатие, а вот достижение хорошего сочетания этих двух свойств и одновременно уменьшения теплопроводности является непростой задачей. Только хорошее сырье, точная формула производства (с добавками) и самые современные технологии дают возможность производить изделия низкой плотности из АЯБ с подходящей геометрией и описанными выше физико-техническими значениями.

Строительные нормативы экологичности заставляют газобетонную индустрию также сосредоточиться на изделиях сверхниз-



Рис. 1. Технологический Треугольник AIRCRETE

Плотность	Сверхнизкая	Низкая	Высокая
Прочность на сжатие (Н/мм²)	0.5 – 2	3 – 5	5 – 10
Плотность (кг/м³)	110 – 300	300 – 500	500 – 800
Коэффициент теплопроводности (Вт/м·°C)	0.044 – 0.07	0.07 – 0.11	0.12 – 0.16

Рис. 2. Типовые характеристики автоклавного газобетона

кой плотности. Блоки из АЯБ плотностью 110–130 кг/м³ с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,044$ Вт/м·°C сегодня не являются исключением. В связи с ограниченностью деформационно-прочностных качеств сверхлегкие элементы из АЯБ не являются несущими и в основном используются для изоляции.

Изделия сверхнизкой плотности отлично комбинируются с панелями в строительной системе AIRCRETE (см. доклад “Быстровозводимое строительство из автоклавного газобетона”). Примером может быть газобетонный дизайн сэндвич-панелей, которые сочета-

ют в себе стандартные газобетонные панели с ультра-легким газобетоном для достижения термического сопротивления (R_c) в $6,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Для достижения термического сопротивления в $10 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ и выше, требуется двойная или тройная система сочетания слоев панелей различной плотности с низкой плотностью ($300 \text{ кг}/\text{м}^3$) и такими материалами, как твердая полиизоциануратная пена ($\lambda = 0,021 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{°C}$) или стекловата ($\lambda = 0,037 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{°C}$) между ними. Оба решения помогают сохранить толщину стены в пределах коммерчески допустимых 500 мм (в Европе). Такого типа газобетонные сэндвич-изделия со сверхлегкой плотностью или другими высокоизоляционными материалами производятся на заводском этапе с уже автоклавированной продукцией на (полу) автоматических сборочных линиях. Важно отметить, что методы производства таких плотностей из АЯБ требуют утонченных технологий и простого процесса резки, где массивы не кантуются, где не существует проблем слипания изделий и нет механических устройств разделения в сыром или автоклавированном состоянии.



H+HThermosteinMW
Изоляция: Стекловата
Толщина – 400 мм
 $R_c = 6.25$



YtongEnergyplus
Изоляция: Multipor
Толщина – 400–500 мм
 $R_c = 6.5\text{--}8.9$



H+HThermostein
Изоляция: Пена IPN
Толщина – 400 мм
 $R_c = 7.69$

Рис. 3. Новое поколение энергонеутрального газобетона (источник: H+H International и Xella Nederland)

Инфильтрация воздуха

Для того чтобы обеспечить меньшую энергозатратность для постоянного нагревания и охлаждения здания, должна быть достигнута **соответствующая герметичность** в соответствии со стандартами ЕС (см. EN-13829). Другими словами, плохое уплотнение контура, которое приводит к сквознякам, должно быть устранено. Инфильтрация воздуха и сте-



Рис. 4. Пассивный дом (Голландия):

а) плиты покрытия

б) стеновые и кровельные панели

в) готовый дом.

Внешние стены – блок (300 кг/м³; шир. 480 мм),
внутренние стены – панель (600 кг/м³; шир. 150 мм)

пень эксфильтрации попадают под компетенцию архитекторов, а также зависят от методов строительства и характеристик используемых стройматериалов. Строгие допуски изделий из АЯБ и применение тонкослойного клея повышают шансы на воздухо непроницаемое здание. Риск строительства с газобетонными блоками приходит с большим количеством соединений, которые должны быть склеены или уложены вручную. Здание из панелей из АЯБ сводит к минимуму количество соединений, которые должны быть заделаны, в результате чего вся конструкция менее склонна к пропуску воздуха. Несмотря на то, что стены могут быть впоследствии оштукатурены, ненадлежащая кладка блоков приводит к снижению уровня герметичности. Таким образом, для обеспечения высокой производительности энергонейтральных построек крупноформатные панели и плиты являются предпочтительнее блоков, когда речь идет об энергосберегающем и скоростном строительстве. Переход к высокоэкологичному строительству также знаменует собой конец применения толстого шва раствора при кладке. Достижение энергонейтральности жилья также предполагает отказ от ручных захватов в блоках и от профилей в стеновых панелях из АЯБ, потому что абсолютно все стороны материала в экодоме должны закрываться тонким слоем клея, чтобы минимизировать утечку воздуха.

Литература

1. European Commission, 2014. Energy Efficiency Directive. Accessed at: http://ec.europa.eu/energy/efficiency/eed/eed_en.html
2. European Council for an Energy Efficient Economy (eceee), 2013. Understanding the Energy Efficiency Directive – Steering through the maze #6: A guide from eceee. Accessed at http://www.eceee.org/eceee_Maze_guide6EED.pdf
3. Waite M.B., O'Brien S.M., 2013. AIR LEAKAGE: DIFFICULTIES IN MEASUREMENT, QUANTIFICATION AND ENERGY SIMULATION. National Institute of Building Sciences. Accessed at http://c.ymcdn.com/sites/www.nibs.org/resource/resmgr/BEST/BEST2_018_WB6-1.pdf
4. W.van Boggelen, 2005. Developments and opportunities for AAC with modern production technology. 4th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete, London, ISBN 978-04-15383-56-1.
5. W.van Boggelen, 2011. The contribution of AAC in securing a sustainable future. 5th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete, Bydgoszcz, ISBN 978-83-89334-26-4.

Основные факторы, влияющие на долговечность наружных стен из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения, и способы ее повышения

Рыхленок Ю.А., зав. отделом ограждающих конструкций
Крутилин А.Б., зав. лабораторией теплофизических исследований
(РУП «Институт БелНИИС»)

ТКП EN 1990–2011 [1] регламентирует рекомендуемый проектный срок эксплуатации зданий и сооружений гражданского назначения для массового строительства на территории Республики Беларусь не менее 50 лет. Таким образом, при проектировании зданий следует предусматривать такие материалы, которые не приведут к снижению эксплуатационных свойств конструкций за указанный период.

При этом для обеспечения требуемой долговечности конструкции в первую очередь необходимо учитывать:

- предполагаемые условия эксплуатации;
- свойства и эксплуатационные качества применяемых материалов и изделий;
- конструктивные решения;
- качество выполнения строительных работ и уровень контроля;
- наличие особых защитных мероприятий;
- мероприятия по необходимому техническому обслуживанию в течение проектного срока эксплуатации.

На стадии проектирования должны быть определены условия окружающей среды так, чтобы можно было оценить их влияние на долговечность конструкции и предпринять соответствующие меры с целью защиты примененных материалов.

Одним из свойств материалов, определяющих долговечность наружных стен, является их морозостойкость. Морозостойкость ячеистого бетона согласно СТБ 1570–2005 [2] определяется количеством циклов замораживания-оттаивания без существенного снижения прочности и массы образцов, находящихся в водонасыщенном состоянии, что в подавляющем большинстве случаев не соответствует условиям эксплуатации конструкций. В общем случае для оценки долговечности наружных стен необходимо иметь данные не только о морозостойкости материала, находящегося в водонасыщенном состоянии, но и зависимость количества

циклов морозостойкости от влажности материала. При этом, задавая исходные данные о теплофизических характеристиках материалов наружной стены, имеющих определенные начальные влажности, расчетным путем можно получить распределение влажности по толщине конструкции во времени за многолетний период эксплуатации и в конечном счете определить период нормальной эксплуатации конструкции.

Исследования в данной области для ячеистых бетонов низких плотностей (от 400 до 600 кг/м³) крайне ограничены. Для уточнения зависимости морозостойкости от влажности, а также коэффициента теплопроводности от влажности при различных (положительных и отрицательных) температурах образцов в РУП «Институт БелНИИС» совместно с БНТУ выполнены исследования образцов ячеистого бетона плотностей $\rho = 400$ и 500 кг/м³, производимого заводами республики по литьевой технологии.

На рис. 1 показана экспериментальная зависимость количества циклов замораживания-оттаивания для ячеистого бетона плотностью $\rho = 400$ и 500 кг/м³.

Полученные данные могут быть использованы как исходные характеристики морозостойкости материала для дальнейших расчетов долговечности наружных стен.

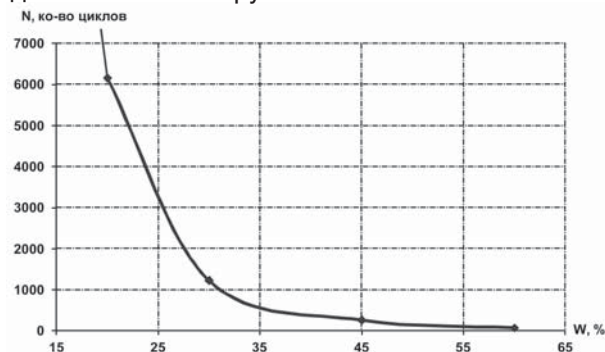


Рис. 1. Зависимость количества циклов морозостойкости от массовой влажности образцов ячеистого бетона плотностью $\rho = 400\text{--}500$ кг/м³

Александровским С.В. [3] на базе многочисленных исследований в ННИСФ установлена зависимость, описывающая долговечность наружных ограждающих конструкций, позволяющая рассчитать климатическую долговечность с учетом различных периодов времени и массовых влажностей ячеистого бетона, им соответствующих. По аналогии для периодов эксплуатации стен с различной влажностью слоев в зоне промерзания предлагается следующая формула:

$$\theta = \frac{N(W_H - W_P)}{[W_{\Xi}^1 - W_P] \cdot n^1 \cdot \xi^{\Pi} + [W_{\Xi}^{2...i} - W_P] \cdot n^{2...i} \cdot \xi^{\Pi}},$$

где N – выдерживаемое материалом ограждения число циклов попеременного замораживания-оттаивания при стандартных испытаниях на морозостойкость;

W_H – массовое отношение влаги в материале при его испытаниях на морозостойкость;

W_P – равновесное массовое отношение влаги в материале, ниже которого лед в нем не образуется;

$W_{\Xi}^1, W_{\Xi}^{2...i}$ – массовые влажности элементарных слоев в зоне промерзания в условиях эксплуатации за первый год и последующий период эксплуатации;

ξ^{Π} – коэффициент льдистости элементарных слоев в зоне промерзания в условиях эксплуатации;

$n^1, n^{2...i}$ – количество переходов через $t = 0^\circ\text{C}$, разделенных по условиям эксплуатации конструкции с различной влажностью.

Для прогнозирования долговечности на основании приведенной зависимости необходимы следующие данные:

- теплофизические характеристики материала (зависимости коэффициента теплопроводности от влажности в области положи-

тельных и отрицательных температур, коэффициенты влагопроводности и термовлагопроводности, а также коэффициенты паропроницаемости и изотермы сорбции);

- равновесное массовое отношение влаги в материале, ниже которого лед в нем не образуется;
- зависимость циклов морозостойкости от влажности материала;
- расчеты влажностного режима для однолетнего (многолетнего) периодов времени с определением влажностей материалов по сечениям стены в осенний, зимний и весенний периоды (помесячно) для каждого года.

Влияние температуры на величину коэффициентов теплопроводности материалов при их различной влажности показано на рис. 2 и 3. Семейства кривых для двух плотностей ячеистого бетона имеют схожий характер.

Установлено, что при влажностях, превышающих 15% по массе для ячеистого бетона плотностью 500 кг/м³ и 20% по массе для ячеистого бетона плотностью 400 кг/м³, в области отрицательных температур происходит фазовое превращение воды в лед и резкое увеличение коэффициента теплопроводности материалов. Это обозначает, что в условиях эксплуатации наружных ограждающих конструкций будет происходить постепенное истощение ресурса морозостойкости. Следует отметить, что установленные массовые влажности ячеистого бетона, при которых происходит образование льда в порах материалов, примерно соответствуют 8% объемной влажности, которую и следует считать как критическую для начального периода эксплуатации здания.

При массовых влажностях, превышающих вышеуказанные значения, происходит значительное увеличение коэффициентов теплопроводности материалов в области отрица-

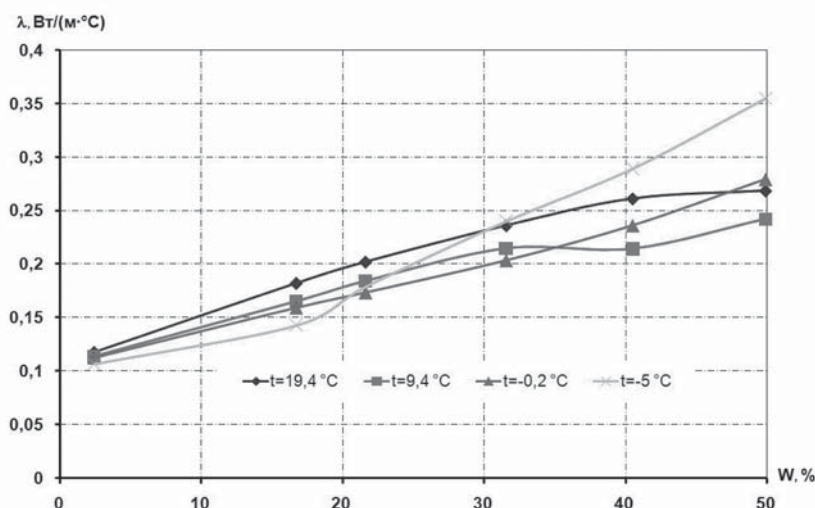


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплопроводности ячеистого бетона от влажности ($\rho = 400 \text{ кг/м}^3$) для различных температур образцов

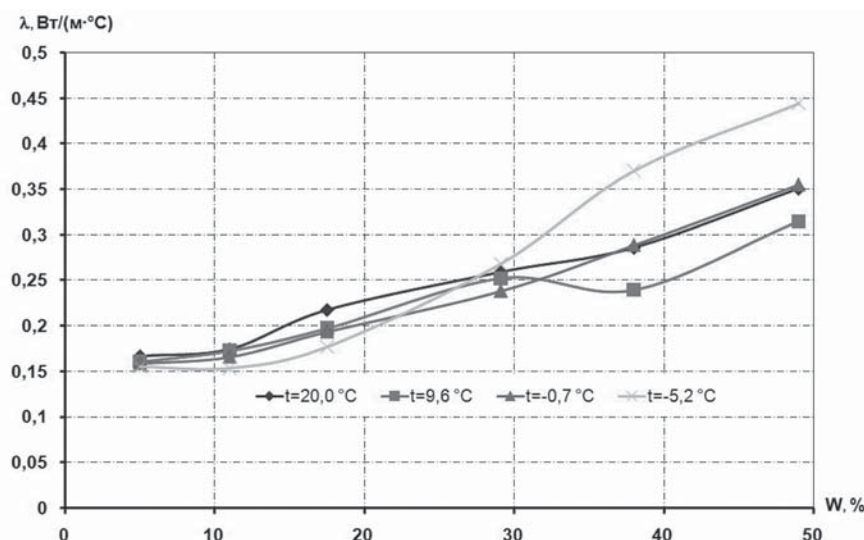


Рис. 3. Зависимость коэффициента теплопроводности ячеистого бетона от влажности ($\rho = 500 \text{ кг/м}^3$) для различных температур образцов

тельных температур по сравнению с областью положительных температур, что связано с образованием льда в порах материала.

В зависимости от температуры образцов только часть жидкой влаги переходит в лед, при этом начало образования льда происходит при температуре порядка $t_{\text{обр}} \approx -2,0^\circ\text{C}$. Для данной температуры лишь незначительная часть воды переходит в лед; с понижением температуры объем льда увеличивается.

Анализ работы конструкций наружных стен, выполненных кладкой из ячеистобетонных блоков классов по средней плотности D400-D500 в климатических условиях Республики Беларусь, следует проводить с учетом следующих положений:

- исходя из полученных результатов испытаний ячеистого бетона в зависимости от температуры только часть жидкой влаги, находящейся в порах материала, переходит в лед, при этом начало образования льда происходит при температуре порядка $t \approx -2,0^\circ\text{C}$;
- согласно данным СНБ 2.04.02 [4], количество дней с переходом температуры воздуха через $t = 0^\circ\text{C}$ в течение суток находится в пределах 65-77 раз в год в зависимости от региона республики;
- при этом большинство циклов перехода через $t = 0^\circ\text{C}$ происходит с достижением температуры наружного воздуха не ниже $t = -10^\circ\text{C}$.

С учетом некоторого запаса для дальнейших расчетов принимали верхний показатель переходов температуры через $t = 0^\circ\text{C}$ в течение суток – $(n^1 + n^{2\dots i}) = 77$.

Прогнозирование долговечности ячеистого бетона плотностей 400–500 кг/м^3 , отраженное на рис. 3, выполнено на основании результатов расчетов влажностного режима наруж-

ных стен [5], а также методики, предложенной Александровским С.В. [2].

Из полученной зависимости видно, что нормируемая долговечность конструкций наружных стен 50 лет и более может быть обеспечена при влажности наружных слоев конструкций, не превышающей 23% по массе. В то же время конструкция, находящаяся в условиях массовой влажности, превышающей 32%, имеет ресурс долговечности 10 лет и менее.

Следует иметь в виду, что объемная влажность ячеистого бетона в конструкции стены эксплуатируемого отапливаемого здания по толщине распределена неравномерно, а вплоть до достижения ею равновесного эксплуатационного значения, соответствующего $W = 4\text{--}5\%$, в отопительный период пик влажности под действием механизмов влагопроводности и термовлагопроводности смещается к наружной поверхности стены. При этом даже при уровне средней массовой влажности по толщине стены, не превышающем $W = 8\%$ по объему, в элементарных слоях ячеистого бетона, примыкающих к наружной поверхности, влажность может превысить критическую, при которой начнут происходить микро-

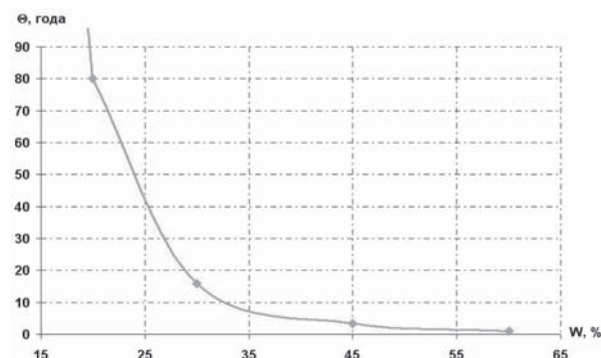


Рис. 3. Ориентировочное число лет эксплуатации ячеистого бетона плотностью $\rho = 400\text{--}500 \text{ кг/м}^3$ от массовой влажности

разрушения материала вследствие образования льда в его порах.

Конструктивное решение наружной стены имеет определяющее влияние на ресурс климатической долговечности наружных стен из ячеистобетонных блоков. Так, например, наружная облицовка из кирпичной кладки значительно нивелирует температурные колебания в «тонких» слоях ячеистого бетона, расположенных за кладкой, которые, соответственно, будут испытывать значительно меньшее количество переходов через 0°C (они будут происходить при снижении температуры наружного воздуха до $t_{\text{н}} = -5^{\circ}\text{C}$ и ниже). Отделка наружной поверхности стены из ячеистобетонных блоков штукатуркой тонкими полимерцементными растворами практически не влияет на температурный режим по ее сечению и, как следствие, наружные слои кладки данной конструкции наружной стены будут испытывать значительно большее количество переходов через 0°C .

Наилучшим с точки зрения климатической долговечности конструктивным решением наружной стены, выполненной кладкой из ячеистобетонных блоков, является их наружная облицовка вентилируемой фасадной системой с эффективным теплоизоляционным материалом толщиной не менее 50 мм. При таких условиях ячеистый бетон в зимний период работает преимущественно в области положительных температур, не испытывая деструкции за счет исчерпания ресурса морозостойкости.

Таким образом, учитывая конструктивные решения наружных стен в целом, возможна дифференциация требований к морозостойкости ячеистого бетона. К наружным стенам с отделкой штукатурными составами требования по морозостойкости ячеистого бетона должны быть выше, чем, например к стенам с облицовкой вентилируемой системой утепления или штукатурной системой утепления типа «термошуба». В требованиях нормативных документов по проектированию наружных стен это не предусмотрено.

Еще одной негативной стороной повышенной влажности материала наружных стен является значительное превышение над расчетными теплопотерь через наружные стены в начальный период эксплуатации здания. Например, при возведении кладки толщиной 500 мм из ячеистобетонных блоков марки по средней плотности D500 при влажности материала $W = 35\%$ по массе, ориентировочное сопротивление теплопередаче конструкции (без учета теплопроводных включений) будет равным $R_{\text{т}} \approx 1,9 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ при расчетном сопротивлении теплопередаче стены для усло-

вий эксплуатации «Б» по ТКП 45–2.04–43 [6] – $R_{\text{т}} \approx 3,2 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

Указанное обстоятельство влечет за собой недотоп в помещениях здания и, как следствие, выпадение конденсата на внутренних поверхностях наружных ограждений при герметизации жильцами наружного контура и увеличении относительной влажности внутреннего воздуха.

Анализ полученных результатов комплексных исследований ячеистого бетона плотностей 400 и 500 $\text{кг}/\text{м}^3$ позволяет наметить основные пути увеличения климатической долговечности наружных стен из ячеистобетонных блоков:

- применение конструктивных решений наружных стен, имеющих благоприятный влажностный режим, исключающий возможность конденсации водяного пара в толще и, соответственно, эксплуатация материалов в области их сорбционного увлажнения;
- ограничение начальной эксплуатационной влажности наружных стен из ячеистобетонных блоков до 8–10% по объему, создавая условия для их сушки как после производства, так и при возведении зданий;
- обеспечение комплекса мероприятий по защите горизонтальных участков кладки из ячеистобетонных блоков от дополнительного увлажнения атмосферными осадками во время возведения зданий;
- предусматривать технологические перерывы после выполнения кладки наружных стен до нанесения защитно-отделочных слоев.

Список литературы

1. Основы проектирования строительных конструкций. Еврокод. ТКП EN 1990–2011 – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2012. – 61 с.
2. СТБ 1570–2005 «Бетоны ячеистые. Технические условия». Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, Минск, 2005 г.
3. Александровский, С.В. Долговечность наружных ограждающих конструкций / Александровский С.В. – М., НИИСФ РААСН, 2003. – 332 с.
4. Строительная климатология. СНБ 2.04.02–2000. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2001. – 35 с.
5. 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: Сборник докладов научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 16–18 ноября 2011 г. / Под редакцией научно-технического совета Национальной Ассоциации Производителей Автоклавного Газобетона – СПб, 2011. – С. 96–103.
6. Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования: ТКП 45–2.04–43–2006. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2007. – 32 с.

Быстровозводимое строительство из сборного автоклавного газобетона. Строительная система AIRCRETE

Виллем М. ван Боггелен, Антон Купава,
AIRCRETEEurope (Олдензаал, Нидерланды)

В статье представлена строительная система AIRCRETE, которая специально разработана для индивидуального жилищного и промышленного секторов. Быстрое возведение зданий с применением панелей из АЯБ выделено, как изобретательный и экономически эффективный метод модульного строительства для рынков СНГ. Отдельное внимание сосредоточено на комплексной системе, которая выходит за рамки традиционного строительства из ячеистого бетона.

Введение

На сегодняшний день автоклавный ячеистый бетон (АЯБ) является одним из самых долговечных строительных материалов. Выдающиеся термоэффективность и универсальность в применении являются основными причинами успеха АЯБ в 20-м веке. Уже сегодня он обеспечил себе место в строительстве будущего, опережая альтернативные строительные материалы в натуральной изоляции, огнестойкости и экологичности. Но новые нормы экологичности ставят высокую планку для желаемой энергоэффективности существующих строительных материалов, и газобетонные изделия низкой плотности, например, потенциально могут удовлетворить эти требования. Но низкая плотность означает снижение структурных свойства газобетона, таким образом, исчезают его несущая способность вместе с возможностью использования в многоэтажном строительстве. Принимая коммерческие интересы во внимание, строители и в конечном итоге сами владельцы недвижимости уделяют больше внимания рентабельному строительству, которое требует быстровозводимости, легкой установки, универсальности применения и в целом менее затратной и трудоемкой строительной системы. Армированные панели и плиты из АЯБ являются идеальным решением для структурного и эффективного строительства. Строительная система AIRCRETE предлагает уникальное решение для быстровозводимого, экономичного и “зеленого” строительства для рынка СНГ.

Применение ячеистого бетона – блоки и панели

Универсальность материала и присущие ему теплотехнические и звукоизолирующие характеристики позволяют использовать газобетон в различных целях и в любом климате. АЯБ может быть использован в **социальном строительстве** (односемейные дома и многоквартирные жилые комплексы), **коммерческом** (офисы, высотки, гостиницы, супермаркеты, склады и т.д.) и **промышленном строительстве** (заводы и т.п.).

Газобетонные блоки используются в основном при возведении стен для домов, пустотных стен, фундамента и для изоляционных целей. Эти блоки неармированные и преимущественно используются в ненесущих конструкциях. Преимущества строительства с блоками, по сравнению с силикатным, керамическим или бетонным кирпичом, а также гипсокартоном, широко известны, и блоки успешно применяются во всем мире на протяжении многих лет с начала 1930 гг. прошлого века. Однако сегодня рынок блоков медленно “стареет”. Основные газобетонные рынки, такие как Индия, Китай, Польша и даже Россия, переполнены типовыми блоками, которые постепенно снижаются в цене. Высокая конкуренция с кирпичом и самоуплотняющимся бетоном заставляет производителей АЯБ вступать в ценовую войну, которая неизбежно приведет к потере прибыли и пренебрежению к качеству продукции. В целом блоки стали обычным товаром, который теряет свой потенциал. Газобетонные панели, с другой стороны, могут адекватно удовлетворить потребности со-

циального, коммерческого и промышленного секторов в быстром, гибком и экономически эффективном строительстве.

Развитые газобетонные рынки, такие как Западная Европа, Скандинавия, Япония, Корея, Австралия уже давно восприняли положительные перспективы использования крупногабаритных элементов из АЯБ и перестроились к более удобному и эффективному строительству с панелями и плитами. С тех пор как Сипорекс сделал первые армированные элементы в 1930 гг. XX века, армированные газобетонные панели проложили свой путь в строительство прочных несущих конструкций. Армированный автоклавный ячеистый бетон предлагает широкий спектр изделий, которые вместе составляют очень гибкую и таким образом чрезвычайно выгодную систему строительства. Беря во внимание различные архитектурные нормы и ГОСТы, плиты перекрытий и покрытия, стеновые и облицовочные (фасадные) панели могут успешно удовлетворить потребности любого строительства в развивающихся и уже зрелых в отношении АЯБ странах.

Строительная система AIRCRETE

Строительная система AIRCRETE – это проверенная концепция модульного строительства, которая, взяв за основу сборные армированные панели из АЯБ, помогает строить быстро и эффективно, согласно индивидуальному дизайну. Точные размеры панелей и плит, легкость при обработке и сравнительно малый вес способствуют идеальному комплексному строительству. В зависимости от дизайна целые дома, многоквартирные жилые комплексы, склады, логистические центры могут быть построенные из стандартных газобетонных панелей.

СУПЕР ГЛАДКАЯ поверхность

Панели, сделанные по технологии AIRCRETE, имеют СУПЕРГЛАДКУЮ поверхность, благодаря самой инновационной европейской технологии производства АЯБ. Высокоскоростная резательная система с двумя струнами закрывает поры, оставляя исключительно гладкую поверхность с обеих сторон панели.

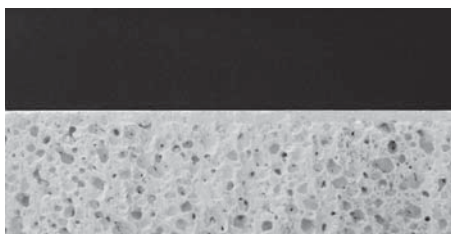


Рис. 1. Компоненты строительной системы AIRCRETE (*U-перемычки достигают 6 м в длину)

Элементы из АЯБ, являющиеся компонентами строительной системы AIRCRETE:

Компонент	Размеры	Делается на заводе AIRCRETE
Перегородочные панели	Длина < 3,5 м Ширина 70-150 мм	✓
Стеновые панели	Длина < 8 м Ширина 100-500 мм	✓
Плиты перекрытий	Длина < 8 м Ширина 100-300 мм	✓
Плиты покрытий	Длина < 8 м Ширина 100-375 мм	✓
Фасадные панели	Длина < 2 м Ширина 35-40 мм	✓
Перемычки	Длина < 3 м* Ширина 100-200 мм	✓
Блоки	Длина < 600 мм Ширина 50-500 мм	✓

Перегородочные стеновые панели из АЯБ широко применяются в социальном и коммерческом строительстве для внутреннего разделения помещений. Они более эффективны с точки зрения теплопроводности, по сравнению с гипсокартоном, и являются идеальным заменителем блоков из АЯБ, которые используются для заполнения каркаса. Перегородочные панели слегка армированы в целях транспортировки и соответственно являются несущими, высотой “на этаж” и устанавливаются вертикально.

Стеновые панели для внутреннего и наружного строительства применяются в конструкциях несущих и ненесущих стен. В отличие от перегородочных, эти панели армированы сталью в несколько уровней и в состоянии выдержать вес многоэтажного дома. Перегородочные стеновые панели устанавливаются быстро ($\approx 25-35 \text{ м}^2$ в смену одним человеком), экономично и с минимальным количеством отходов, благодаря точности размеров и СУПЕР-ГЛАДКОЙ поверхности. Высокая точность панелей по толщине ($\pm 0,3 \text{ мм}$) делает их отличным материалом для двустороннего применения на наружных стенах. Несущие стеновые панели также популярны в строительстве крупных коммерческих и промышленных объектов. Здесь они монтируются в горизонтальном положении в бетонный/деревянный/стальной каркас со средним временем установки в $\approx 100 \text{ м}^2$ в день бригадой из трех человек и краном.



Рис. 2. Логистические центры. Стеновые панели из АЯБ на деревянном и стальном каркасах

Плиты перекрытий и покрытий это идеальное решение для любого типа половых и кровельных конструкций и являются важным компонентом строительной системы AIRCRETE благодаря отличной комбинации прочности и теплотехнических показателей. Оба типа панелей сильно армированы и профилированы в зависимости от процесса замоноличивания швов. Плиты покрытий обеспечивают ощущение бетонного пола, но при существенно более низких затратах и с лучшими показателями теплоизоляции. Плиты перекрытий устанавливаются в системе плоской или скатной кровли и играют чрезвычайно важную роль в обеспечении теплопроводности кровельных конструкций. Плиты покрытий и перекрытий и стеновые панели также служат в качестве **брандмауеров** для защиты здания от пожара. Кровельные/напольные плиты широко используются в социальном и коммерческом многоэтажном строительстве со средней скоростью установки в $\approx 230 \text{ м}^2$ в день.

Облицовочные панели из автоклавного газобетона в пределах нашей строительной системы выполняют функцию декоративного фасада. Они могут легко заменить тяжелые и дорогостоящие керамические и кирпичные фасады, так как фасадные панели AIRCRETE

тонкие (35 мм) и легкие ($\approx 20 \text{ кг}$). В то же время они достаточно прочные, потому что армированы ультратонкой оцинкованной стальной сеткой. Фасадные панели окрашиваются водостойкой краской и не поддаются воздействию солнечного света, дождя и термитов, что делает внешний фасад чрезвычайно устойчивым к погодным условиям. В рамках строительной системы AIRCRETE облицовочные панели закрепляются непосредственно на газобетон или стальной/деревянный/бетонный каркас со слоем изоляции по надобности.

Преимущества строительной системы AIRCRETE

Строительная система AIRCRETE является хорошо организованной системой, которая имеет весомые преимущества по сравнению с традиционными методами строительства. В зависимости от местного климата и сейсмической активности здания могут быть построены с использованием исключительно газобетонных панелей и плит (до 4–5 этажей). Внедряя сборные газобетонные изделия, производители АЯБ фактически работают вместе со своими конечными потребителями с целью упрощения строительных процессов и их организации. По предварительно согласованному графику почти **все строительные матери-**



Рис. 3. Фасадные панели в применении (ДхШхТ – 2 м x 0,6 м x 35 мм)

Рис. 4. Доступное социальное жилье, построенное по концепции AIRCRETE (источник: Giora Gur)



алы поступают от одного поставщика – завода AIRCRETE. Время установки и усилия рабочих значительно снижаются благодаря крупногабаритности газобетонных панелей, которые доставляются на стройплощадку в сборном виде (т.е. не требуется обработки) и легко устанавливаются.

Такая эффективная работоспособность и отсутствие отходов позволяют ускорить весь проект и сократить расходы на рабочую силу. Простая интерьерная и наружная отделка, предлагаемые нашей системой, имеют решающее значение для быстрого и эффективного строительства, по сравнению с трудоемкими штукатурными работами и кирпичной кладкой. **СУПЕРГЛАДКАЯ поверхность панелей нуждается лишь в косметической отделке**, что позволяет значительно сэкономить на дорогостоящей штукатурке и ускорить весь процесс. Стыки между панелями закрываются специальным гипсовым раствором, чтобы достичь максимально гладкой интеграции с поверхностью. Комплексная строительная система AIRCRETE приносит пользу местным строительным подрядчикам, однако наиболее **значительным преимуществом этой строительной концепции является снижение совокупной стоимости владения** для собствен-

ников. Кроме того, ценным достоинством здания, построенного в основном из газобетона, является **легкий вес несущего остова**, фактор который **положительно сказывается на стоимостных показателях всей постройки. Строительство с панелями из АЯБ также улучшает тепловую однородность здания**, улучшая микроклимат и комфорт внутри жилых и рабочих помещений.

Благодаря большой гибкости производственных процессов AIRCRETE, когда стандартизация строительства не применима, панели из АЯБ всегда могут быть сделаны согласно специфическим требованиям клиента. Современная технология резки AIRCRETE позволяет производить панели толщиной от 35 мм и длиной до 8 м с индивидуальным профилем, существенно расширяя область применения АЯБ. Компоненты строительной системы AIRCRETE изготавливаются плотностью от 300 кг/м³ до 800 кг/м³, что позволяет добиться существенной прочности (до 10 МПа), требуемой для несущих конструкций. Важно отметить, что сборная модульная система легко сочетается с другими строительными материалами, такими как железобетонные плиты, блоки, кирпич, металлоконструкции и др. Это дает простор дизайнерской креативности и большую несущую способность зданиям из газобетона. Все чаще линии дополнительной обработки включаются в новые и существующие заводы для того, чтобы удовлетворить разнообразные пожелания застройщиков. Линия дополнительной обработки также играет важную роль в концепции строительной системы AIRCRETE, так как позволяет распиливать панели под заказ, согласно конкретному архитектурному дизайну. Та же линия позволяет производить U-блоки, U-перемычки и фрезеровать поверхности “восходящей звезды” рын-

ка АЯБ – тонких фасадных панелей. Тенденция использования газобетона как отделочного материала растет с каждым годом (в Северной Америке, например).

В целом модульное строительство с использованием ячеисто-бетонных панелей по системе AIRCRETE **значительно снижает общее время строительства**, а также **экономит общие затраты на строительство** (отделка, рабочая сила, время установки). Сравнительно небольшое количество инструментов, один кран, опытная строительная бригада – и здание может быть построено “под ключ” с использованием строительной системы AIRCRETE. Монтаж здания быстро осуществляется с помощью малотонного крана, а в случае перегородочных панелей – с помощью подъемной тележки. Обычный тонкослойный раствор/клей используется для соединения панелей друг с другом. Замена трудоемкой кладки блоков комплексной системой сборного строительства из панелей заводской готовности является следующим шагом к более эффективному строительству. Новая строительная система идеально подойдет для рынка СНГ, решив задачу быстровозводимого и энергосберегающего строительства, используя потенциал уже существующей базы АЯБ.

Уникальный рабочий подход AIRCRETE

AIRCRETEEurope не только технически подготавливает и поставляет оборудование для ААС завода. Мы поддерживаем будущих производителей АЯБ в настройке их производства для выпуска полного спектра сборных элементов для интегрированных строительных систем. AIRCRETE помогает развить прямой рынок сбыта новых заводов, предоставляя комплексные решения для гражданского и промышленного строительства. Благодаря этому инвесторы лучше понимают и могут быстрее удовлетворить потребности собственников, которые ищут более эффективные способы строительства.

AIRCRETE создает комплексные строительные дизайны “с нуля” и конвертирует существующие планы в единую систему зданий для жилых, коммерческих и промышленных секторов. При выборе размеров панелей и номенклатуры изделий для будущего применения в строительной системе AIRCRETE мы тщательно изучаем необходимый проект здания и местные факторы, такие как климат, нормативные акты и др. Это помогает оптимизировать процесс заводской резки с целью минимизации уровня отходов в процессе установки и оптимизировать пропускную способность

Выбрать – Архитектурный Дизайн

Существующий дизайн (Клиент) или
Новый дизайн (Клиент/AIRCRETE)



Определить – Категорию ветра, климатическую и сейсмическую зону, тип почвы



Установить – Панели из АЯБ подходят для использования в проекте



Расчитать – План этажей (стены, кровля, фасад)

Исходя из имеющейся номенклатуры
АЯБ – подробные чертежи



Установить – Список элементов

- Общий объем панелей, перемычек, блоков, анкеров и т.д.
- Размеры каждого элемента
- Количество стальных/бетонных/деревянных элементов (если применимо)
- Отделочные элементы (кровельное покрытие, окна, двери, электрика, штукатурка и т.д.)

Рис. 5. Схема поэтапного процесса жилищного комплекта AIRCRETE

изделий. Такой индивидуальный подход к каждому заводу сильно влияет на себестоимость продукции и обеспечивает конечного потребителя более конкурентоспособной стоимостью строительства.

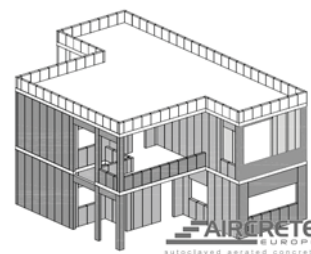
Строительная система AIRCRETE полностью поддерживается нашей производственной технологией. Каждый завод AIRCRETE способен производить полный спектр газобетонных элементов, необходимых для реализации разработанного проекта. Технология AIRCRETE является единственной доступной технологией на мировом рынке, позволяющей получать армированные панели и блоки с супергладкой поверхностью. Быстрое, экологичное и экономически эффективное строительство с использованием сборной системы строительства AIRCRETE – это шаг в направлении расширения рынка, поскольку за пределами существующего рынка блоков во всем мире активизируется спрос на интегрированные строительные решения.

Заключение

AIRCRETE усовершенствовал систему строительства с панелями из АЯБ, чтобы удовлетворить растущий спрос на быстрое, менее затратное и долговечное строительство. Строительная система AIRCRETE является эффективной проверенной концепцией, которая успешно применяется в Нидерландах, и сейчас



Рис. 6.
Первоначальный дизайн –
переделанный дизайн –
построенный дом



внедряется в странах с существующим потенциалом и подходящей производственной базой. Строительная система AIRCRETE идеально подходит для решения актуальной потребности в более доступном социальном жилье, так как позволяет сэкономить на времени установки и отделке. Природная изоляция, низкая плотность и хорошая огнестойкость вносят существенный вклад в имидж газобетона как строительного материала номер один для менее энергос затратного и более устойчивого будущего.

Рынки СНГ, в частности России, давно приспособились к использованию газобетона в любом виде строительства, однако рынок большеформатных армированных изделий недостаточно развит на сегодняшний день. В дополнение, не все существующие производители блоков могут предложить строгие допуски по размерам, т. к. классы изделий различаются внутри стран СНГ из-за различия местных нормативов. Это не дает возможности применения тонкослойного клея (раствора) для более термоэффективного строительства.

Строительная система AIRCRETE предполагает как использование высокоточных панелей так и тонкого слоя раствора для улучшения теплового контура здания, следовательно, можно сказать, что строительная индустрия стран СНГ недоиспользует преимущества этих двух широко распространенных европейских практик. Для повышения быстровозводимости и эффективности строительства, соответствия энергосберегающим нормам ($\geq R_c = 6 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$), конструкционно-теплоизоляционные крупногабаритные и высокоточные газобетонные панели (с СУПЕРГЛАДКОЙ поверхностью) должны быть представлены на рынке СНГ. Для достижения этой цели необходимо больше передачи знаний, закупка энергоэффективных образцов и дальнейшие инвестиции в высококачественные технологии производства АЯБ.



Строительная система AIRCRETE является оригинальным конструктивным решением, которое снижает стоимость производства и совокупную стоимость владения для производителя и потребителя соответственно. Идеология сборных строительных систем определяет сегодня новую технологию производства. В результате развитые рынки АЯБ переходят от производства в м^3 к производству в м^2 . Блоки же останутся в эксплуатации, но уже на втором месте после панелей и плит, учитывая взаимодополняющий характер этих двух типов газобетона.

Литература

1. W.van Boggelen, 2005. Developments and opportunities for AAC with modern production technology. 4th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete, London, ISBN 978-04-15383-56-1.
2. W.van Boggelen, 2011. The contribution of AAC in securing a sustainable future. 5th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete, Bydgoszcz, ISBN 978-83-89334-26-4.
3. W.van Boggelen, 2012. Key Technology for the Application and Production of Reinforced AAC products. 7th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete, Brest.
4. CSR Panel Systems, 2010. Power Clad Detached Houses – External Wall – Design and Installation Guide.
5. Беланович, С.Б., Сажнев, Н.П., Галкин, С.Л. Применение армированных автоклавных ячеистобетонных изделий // Строительные материалы. – 2013. – № 4. – С. 77–80.

Повышение теплотехнической однородности стен из ячеистобетонных изделий за счет использования в кладке полиуретанового клея

Горшков А.С., к.т.н., ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

Гринфельд Г.И., исполнительный директор, Национальная ассоциация производителей автоклавного газобетона

Мишин В.Е., преподаватель, Лидский колледж УО «Гродненский государственный университет им. Янки Купалы»

Никифоров Е.С., к.э.н., ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет»

Ватин Н.И., д.т.н., профессор, директор Инженерно-строительного института, ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

Ключевые слова

Автоклавный газобетон, изделия стеновые неармированные из ячеистого бетона автоклавного твердения, полиуретановый клей, теплопроводность, прочность кладки на сжатие, огнестойкость, воздухопроницаемость, производительность работ

Key words

Autoclaved aerated concrete (AAC), wall unreinforced products of cellular autoclave curing concrete, polyurethane adhesive, thermal conductivity, strength of masonry in compression, fire resistance, breathability, performance of works

Аннотация

В статье представлены результаты прочностных и теплофизических испытаний кладки из ячеистобетонных изделий автоклавного твердения (газобетонных блоков) на полиуретановом клею. Показано, что механические характеристики кладки на полиуретановом клею (прочность на сжатие, растяжение при изгибе, нормальное и касательное сцепление) имеют незначительные отличия от аналогичных показателей, полученных при испытании фрагментов кладки, выполненных на цементно-песчаном растворе или цементном клею для газобетона. При этом теплофизические характеристики кладки на полиуретановом клею (термическое сопротивление, сопротивление теплопередаче), ввиду значительно более низкой теплопроводности полиуретанового клея по сравнению с цементными составами, оказываются значительно выше. На основании проведенных испытаний сделано заключение, что кладку из газобетонных блоков на полиуретановом клею, при соответствующем расчетном обосновании, допускается использовать при возведении несущих внутренних и наружных стен зданий, в том числе при заполнении наружных проемов каркасно-монолитных зданий с поэтажным опиранием кладки на несущие монолитные перекрытия.

Введение

Кладка стен из ячеистобетонных изделий автоклавного твердения (газобетонных блоков), выпускаемых в соответствии с требованиями ГОСТ 31360–2007 «Изделия из ячеистых бетонов стеновые неармированные. Технические условия», является в настоящее время одной из наиболее востребованных технологий домостроения как на территории Российской Федерации [1, 2], так и в Республике Беларусь [3].

Кладка из газобетонных блоков применяется при возведении несущих, самонесущих и ненесущих наружных и внутренних стеновых ограждающих конструкций современных зданий, как высотных многоквартирных, так и малоэтажных частных, а также при монтаже сборно-монолитных перекрытий [4]. Изделия из автоклавного газобетона обладают относительно небольшой теплопроводностью (по сравнению с другими типами конструктивно-

Таблица 1

Расчетные теплотехнические показатели ячеистого бетона автоклавного твердения
(Источник: ГОСТ 31359–2007 “Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия”)

Материал	Характеристики материала в сухом состоянии			Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации)			
	Плотность ρ_{0^0} [кг/м ³]	Удельная теплоемкость c_{0^0} [кДж/кг·°C]	Кэф. теплопроводности λ_{0^0} [Вт/м·°C]	массового отношения влаги в материале ω , [%]		теплопроводности λ , [Вт/м·°C]	
				А	Б	А	Б
Ячеистый бетон автоклавного твердения	600	0,84	0,14	4	5	0,160	0,183
	500	0,84	0,12	4	5	0,141	0,147
	400	0,84	0,096	4	5	0,113	0,117
	300	0,84	0,072	4	5	0,084	0,088

теплоизоляционных изделий), что определяет их высокую эффективность для обеспечения требований по теплоизоляции наружных стен зданий. Расчетные теплотехнические показатели ячеистого бетона автоклавного твердения для некоторых марок изделий по плотности представлены в табл. 1.

Однако при возведении стен из мелкоштучных газобетонных изделий (блоков) требуется применение цементных растворов (скрепляющих блоки в кладке друг с другом), в качестве которых обычно используются либо цементно-песчаные растворы, либо тонкослойные цементные клеи.

Наличие цементных швов в кладке приводит к образованию так называемых “мостиков холода” [5], т.к. теплопроводность цементных растворов, применяемых для склеивания блоков в кладке, значительно выше теплопроводности ячеистого бетона марок по плотности D300–D600. Из-за наличия швов клад-

ки нарушается теплотехническая однородность стен из газобетонных блоков, коэффициент теплотехнической однородности кладки r становится отличным от единицы и чем толще швы, а также чем выше теплопроводность кладочного состава, тем меньше коэффициент r и тем меньшим оказывается приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента стеновой конструкции. В табл. 2 представлены расчетные значения коэффициентов теплотехнической однородности r для некоторых типов кладки из газобетонных блоков (по гладки стены) при различной толщине растворных швов в кладке [6].

Таким образом, швы кладки обуславливают дополнительные потери тепловой энергии, которые при использовании тонкослойных клеев могут достигать 10% ($r = 0,90$), а при использовании цементно-песчаных растворов – 36% ($r=0,64$) дополнительных затрат тепловой энергии по сравнению с массивом из ячеис-

Таблица 2

Значения коэффициента теплотехнической однородности r некоторых типов кладки стен из стеновых неармированных изделий из ячеистого бетона автоклавного твердения с размером изделия в кладке 625×250 мм (Источник: [6])

Марка изделий по плотности	Толщина швов кладки	Коэффициент теплотехнической однородности кладки r при расчетном коэффициенте теплопроводности раствора $\lambda_{р-р}$ [Вт/м·°C]								
		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
D300	2 мм	0,99	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90
	10 мм	0,94	0,88	0,84	0,80	0,76	0,73	0,70	0,67	0,64
D400	2 мм	0,99	0,98	0,97	0,96	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92
	10 мм	0,96	0,92	0,88	0,85	0,82	0,79	0,76	0,73	0,71
D500	2 мм	0,99	0,99	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,94	0,94
	10 мм	0,98	0,95	0,91	0,88	0,86	0,83	0,80	0,78	0,76
D600	2 мм	1,00	0,99	0,99	0,98	0,98	0,97	0,96	0,95	0,95
	10 мм	0,99	0,97	0,94	0,91	0,89	0,87	0,84	0,82	0,80

Примечание – значения коэффициента теплотехнической однородности r при промежуточных значениях толщины шва и коэффициента теплопроводности кладочного раствора допускается принимать по интерполяции.

того бетона автоклавного газобетона. Все эти дополнительные потери энергии приводят к необходимости увеличения расчетной мощности системы отопления и, как следствие, увеличению расхода в здании тепловой энергии на отопление.

По этой причине для дальнейшего совершенствования кладки из газобетонных блоков требуется разработка скрепляющих кладку составов, характеризующихся низкими значениями теплопроводности, обеспечивающих при этом требуемую адгезию между блоками и не ухудшающими другие важные показатели ограждающих конструкций, такие как прочность, устойчивость, трещиностойкость, огнестойкость и пр.

Одним из вариантов улучшения теплоизоляционных свойств кладки из газобетонных блоков является использование в качестве скрепляющих отдельные блоки в кладке однокомпонентных полиуретановых клеев.

Преимущества каменной кладки на полиуретановых кладочных составах описаны в работах [7–11]. В ряде публикаций [7, 8] отмечено, что при возведении внутренних перегородок на полиуретановых швах наблюдается повышение их трещиностойкости.

В работе [7], посвященной вопросам трещиностойкости каменных перегородок, показано, что повышенная податливость пенополиуретановых растворных швов (по сравнению с цементно-песчаными) приводит к уменьшению сдвиговой жесткости конструкции, которая работает как балка-стенка из-за прогибов железобетонных перекрытий. Благодаря этому повышается способность перегородок к прогибам последних, в результате чего в перегородках снижаются главные растягивающие напряжения, которые являются одной из основных причин образования трещин.

В работе [8] представлены результаты испытаний, которые показывают, что прочность кладки на пенополиуретановых швах при растяжении при изгибе параллельно и перпендикулярно горизонтальным швам на 40% выше прочности кладки на обычных минеральных растворах.

Возведение каменной кладки на полиуретановых клеевых составах позволяет исключить мокрые процессы на строительной площадке и увеличить производительность кладочных работ по сравнению с общепринятой технологией, когда кладка производится на цементных клеевых составах или цементно-песчаных растворах, а также значительно повысить теплотехническую однородность стен из газобетонных блоков.

Из представленного обзора следует, что в настоящее время в мировой практике строительства наблюдается устойчивый рост интереса к возведению стеновых конструкций с использованием в качестве скрепляющих камни составов полиуретановых клеев.

Результаты первого тестового эксперимента по возведению фрагментов кладки из ячеистобетонных блоков на полиуретановый клей (далее – ППУ-клей), проведенных на территории Российской Федерации, представлены в работах [9–11].

По результатам тестового эксперимента были сформулированы следующие выводы:

- кладка стен из газобетонных блоков на полиуретановый клей технологически возможна и экономически целесообразна;
- после затвердевания полиуретанового клея геометрические размеры выложенного фрагмента стены не изменились (изменение габаритных размеров кладки не превысило погрешности измерений);
- прочность сцепления полиуретанового клея с блоками из автоклавного газобетона значительна; попытки механического разделения блоков между собой оказались нерезультативными.

На основании проведенного эксперимента было сделано **закключение** о том, что представленная технология возведения кладки стен из газобетонных блоков на полиуретановый клей технологически возможна и экономически целесообразна.

Основным преимуществом данного типа кладки является то обстоятельство, что теплопроводность полиуретанового клея, применяемого для скрепления газобетонных блоков в кладке стен, значительно ниже теплопроводности цементных клеев и растворов. По этой причине теплоизоляционные (теплозащитные) свойства данного типа кладки должны оказаться выше (лучше) по сравнению с кладкой из блоков, выполненной на любом типе цементного клея, а тем более цементно-песчаного раствора со средней толщиной швов в кладке 10 мм (наиболее распространенного варианта возведения наружных стен из газобетонных блоков при строительстве многоквартирных жилых зданий).

По результатам тестового эксперимента был определен перечень необходимых испытаний и разработана программа испытаний, которая была реализована в последующие, с момента проведения первого эксперимента, полтора года. Результаты испытаний фрагмен-

тов кладки с ППУ-клеем на огнестойкость, воздухопроницаемость, теплофизические и технологические исследования, а также рекомендации по расходу ППУ-клея в кладке представлены в работах [9–11].

Предел огнестойкости образца перегородки из блоков неармированных 625×250×100 мм из ячеистого бетона автоклавного твердения (марка изделий по плотности D400, класс по прочности на сжатие не менее B2, толщина не менее 100 мм), изготовленных в соответствии с требованиями ГОСТ 31360, уложенных с использованием клея полиуретанового, определенный как среднеарифметическое результатов испытаний двух образцов, составил EI 150. Это дало основание для проведения последующих испытаний данного типа кладки с целью определения ее прочностных и теплофизических параметров.

Прочностные испытания показали, что:

- средний предел прочности сжатию кладки из газобетонных блоков прочностью при сжатии 2,43 МПа на полиуретановом клее составил 13,1 кгс/см²;
- расчетное сопротивление кладки из газобетонных блоков класса по прочности при сжатии B2 на полиуретановом клее сжатию R составило 5,8 кгс/см²;
- полученное при испытаниях значение расчетного сопротивления сжатию R кладки из газобетонных блоков на полиуретановом клее (5,8 кгс/см²) численно соответствует расчетным сопротивлениям сжатию кладки из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения на цементно-песчаном растворе марок от М4 (5,5 кгс/см²) до М10 (6,5 кгс/см²) согласно данным таблицы 6.6 СТО 501–52–01–2007. Часть I. Издание второе, дополненное. “Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации”;
- касательное сцепление (срез) материала кладочного шва (ППУ-клея) и бетона составляет 0,3 МПа;
- нормальное сцепление (адгезия) материалов кладочного шва (ППУ-клея) и бетона составляет 0,14 МПа;
- значительные деформации кладки из газобетонных блоков на полиуретановом клее, возникающие при малых нагрузках, не позволяют рекомендовать данную технологию кладки в случае возведения несущих стен зданий;
- кладку из газобетонных блоков на полиуретановом клее рекомендуется использовать

при возведении ненесущих внутренних и наружных стен зданий при соответствующем расчетном обосновании.

Результаты сравнительных испытаний фрагментов кладки из автоклавного газобетона с различным исполнением кладочного шва (цементно-песчаного раствора, цементного клея для газобетона и ППУ-клея) представлены в работе [12]. Результаты испытаний показывают, что характеристики кладки на ППУ-клею (прочность на сжатие, растяжение при изгибе, нормальное и касательное сцепление) практически не отличаются от аналогичных показателей, полученных при испытаниях на фрагментах кладки, выполненных на цементно-песчаном растворе и цементном клее для газобетона. При этом для кладки на ППУ-клею прочность на сжатие, растяжение при изгибе и касательное сцепление (срез) выше, чем у кладки на цементно-песчаном растворе.

Выводы по комплексу проведенных испытаний:

На основании проведенного комплекса испытаний сформулированы следующие **основные выводы**:

1. Использование пенополиуретанового клея для скрепления газобетонных блоков в кладке стен технически осуществимо и экономически целесообразно.

2. Экономическая целесообразность данного типа кладки обусловлена тремя составляющими:

- более высокой производительностью работ при монтаже кладки;
- более низкой стоимостью возведения 1 м³ кладки при существующем соотношении цен на полиуретановый клей и цементные составы;
- более высокими теплоизоляционными свойствами кладки на ППУ-клее по сравнению с кладкой на цементном растворе или тонкослойном цементном клее, а следовательно и более низкими потерями тепловой энергии в течение отопительного периода.

3. Теплотехнические свойства фрагментов стен толщиной 375 мм, выполненных из газобетонных блоков на ППУ-клее, соответствуют нормативным требованиям к уровню теплоизоляции (сопротивлению теплопередаче наружных стен) для большинства регионов Российской Федерации и Республики Беларусь.

4. Предел огнестойкости испытанной перегородки из газобетонных блоков (толщиной не менее 100 мм) марки по плотности D400 на ППУ-клею составил EI 150.

5. Кладку из газобетонных блоков на полиуретановом клее допускается использовать при возведении несущих внутренних и наружных стен зданий, в том числе при заполнении наружных проемов каркасно-монолитных зданий с поэтажным опиранием кладки на несущие монолитные перекрытия, при соответствующем расчетном обосновании.

При проведении испытаний были выявлены некоторые **ограничения** для предложенной технологии возведения кладки, а именно:

- испытаний, проведенных при центральном сжатии испытываемых фрагментов кладки, недостаточно для рекомендации данного типа кладки при возведении несущих стен зданий;
- кладка на ППУ-клее затруднена при работе на открытой местности в условиях сильных порывов ветра (свыше 5 м/с), т. к. при данных скоростях ветра пена, нанесенная на горизонтальную поверхность блоков в кладке, может скатываться до установки последующего (верхнего) ряда кладки.

Для получения однозначного вывода о возможности или невозможности использования данного типа кладки при возведении несущих стен зданий, требуются дополнительные испытания, в том числе при внецентренном сжатии фрагментов кладки.

Кроме того, требуются разъяснения производителей ППУ-клея по поводу возможности его применения в кладке наружных стен зданий, ожидаемых сроках службы ППУ-клея в конструкциях стен, а также способах защиты клея от ультрафиолетового облучения и перепадов температур (зима – лето).

До получения данных о сроке службы полиуретанового клея в наружных стенах зданий, наиболее целесообразно его использование во внутренних перегородках с последующей отделкой стен (защитающей, в том числе, полиуретановый клей от прямого воздействия ультрафиолетовых лучей).

Список литературы

1. Вишневский, А.А., Гринфельд, Г.И., Куликова, Н.О. Анализ рынка автоклавного газобетона России // Строительные материалы. – 2013. – № 7. – С. 40–44.
2. Левченко, В.Н., Гринфельд, Г.И. Производство автоклавного газобетона в России: перспективы развития подотрасли // Строительные материалы. – 2011. – № 9. – С. 44–47.
3. Галкин, С.Л., Сажнев, Н.П., Соколовский, Л.В. Применение ячеистобетонных изделий. Теория и практика. – Минск: Стринко, 2006. – 446 с.
4. Парашенко, Н.А., Горшков, А.С. Частично-ребристые сборно-монолитные перекрытия с ячеистобетонными блоками // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 6. – С. 50–55.
5. Горшков, А.С., Гладких, А.А. Влияние растворных швов кладки на параметры теплотехнической однородности стен из газобетона // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 3. – С. 39–42.
6. Руководство по теплотехническому расчету наружных стеновых конструкций жилых и общественных зданий с применением изделия из ячеистого бетона автоклавного твердения в Российской Федерации. СПбГПУ: Изд-во Политех. ун-та, 2011. – 40 с.
7. Деркач, В.Н., Орлович, Р.Б. Трещиностойкость каменных перегородок // Жилищное строительство. – 2012. – № 8. – С. 34–37.
8. Jager A., Kuhlemann C., Habian E., Kasa M., Lu S. Verklebung von Planziegelmauerwerk mit Poliurethankleben // Mauerwerk 15. 2011, Heft 4. – P. 223–231.
9. Горшков, А.С., Ватин, Н.И. Свойства стеновых конструкций из ячеистобетонных изделий автоклавного твердения на полиуретановом клее // Инженерно-строительный журнал. – 2013. – № 5. – С. 5–19.
10. Горшков, А.С., Никифоров, Е.С., Ватин, Н.И. Инновационная технология возведения стен из газобетонных блоков на полиуретановый клей // Технологии бетонов. – 2013. – № 11. – С. 40–45.
11. Горшков, А.С., Ватин, Н.И. Инновационная технология возведения стеновых конструкций из газобетонных блоков на полиуретановый клей // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2013. – № 8. – С. 20–28.
12. Гринфельд, Г.И., Харченко, А.П. Сравнительные испытания фрагментов кладки из автоклавного газобетона с различным исполнением кладочного шва // Жилищное строительство. – 2013. – № 11. – С. 30–34.

Использование формовочных масел LOTOS FORMIL при производстве ячеистого бетона

Петр Кушмирек, менеджер по восточным рынкам LOTOS Oil S.A. (Польша, г. Гданьск)
Эдуард Рябков, технический специалист по продвижению формовочных масел LOTOS в РФ (Россия, г. Набережные Челны)

Испытания разделительной смазки LOTOS FORMIL XL (вязкость 130)

Цель испытаний: подбор разделительной смазки с показателями, аналогичными ADDINOL F135 при уменьшении общих производственных затрат.

Дата испытаний: 12.04.2012- 07.12.2012.

ЭТАПЫ ИСПЫТАНИЙ:

Этап № 1. Нанесение смазки вручную, испытание образца LOTOS FORMIL XL (вязкость 130, 20 л).

Порядок проведения испытания:

- с формы № 26 было удалено используемое на момент испытания формовочное масло ADDINOL F 135 с помощью Уайтспирита;
- первая смазка формы № 26 была осуществлена количеством масла LOTOS FORMIL XL, значительно превышающим существующую на момент испытания норму расхода в ручном режиме с помощью мехового валика (450 г/м³ готового изделия). Данным избыточным нанесением добились 100%-ного заполнения всех пор в металле внутренних бортов формы (состояние внутренних поверхностей форм удовлетворительное, есть зоны как с наличием пор от ржавчины, так и частично восстановленные участки). После раскрытия формы на углах массива-сырца были выявлены темные зоны (избыток масла в структуре массива) значительно глубже толщины срезаемого слоя. На внутренних бортах формы остатков газобетона не выявлено. Крайние вертикальные ряды массива-сырца были обрушены в оборотный шлам;
- в дальнейшем смазку формы № 26 производили также в ручном режиме с нормой

расхода, существующей на момент испытания (0,334 г/м³ готового изделия). С учетом погрешности смазка была нанесена 9 раз;

- во время тестовых работ в форму № 26 были произведены заливки массивов плотностью D 600.

ВЫВОД:

Разделительное масло LOTOS FORMIL XL (вязкость 130) по результатам данного испытания показало следующие результаты:

- отсутствие вымывания масла в районе заливочного рукава;
- хорошие показатели отделения массива-сырца от формы;
- запах практически не ощущается.

Компании-поставщику предложено:

- предоставить протоколы испытаний данного масла других производителей газобетона;
- предоставить полный пакет документов по данному продукту;
- для проведения тестового испытания в автоматическом режиме бесплатно предоставить 200 л разделительного масла LOTOS FORMIL XL (вязкость 130).

Этап № 2. Нанесение смазки в автоматическом режиме методом распыления, испытание образца LOTOS FORMIL XL (вязкость 130, 200 л):

Порядок проведения испытания:

- формовочное масло ADDINOL F135 было полностью слито из накопительных баков машины смазки и системы маслопроводов;
- дополнительных настроек на автоматической машине смазки (машина смазки настроена для работы на масле АДДИНОЛ F135) не производили по причине идентичных паспортных свойств масел;

- смазка внутренних бортов форм-вагонеток осуществлялась строго в автоматическом режиме на всем парке форм-вагонеток;
- в период испытаний массивы формовались плотностью D 400 и D 500.

ВЫВОДЫ:

- на этапе испытаний не выявлено существенных отрицательных моментов при работе на масле LOTOS FORMIL XL (вязкость 130) при формовании массивов D 400 и D 500;
- при нагревании масла LOTOS FORMIL XL (вязкость 130), несмотря на практически идентичные паспортные данные с ADDINOL F135, при распылении в большем количестве наносится на форму, на внутренних горизонтальных бортах были выявлены скопления масляных пятен диаметром до 10 мм, на вертикальных бортах образовались подтеки масла;
- при распылении масла LOTOS FORMIL XL (вязкость 130) образуется масляное облако (фото № 1), для предотвращения его распространения по участкам производства необходимо изготовить защитный колпак над машиной смазки (что и было выполнено в период испытаний на этапе № 3, фото № 2);



Фото 1



Фото 2

- необходимо произвести испытания данного масла на всех видах плотностей, которые производит ОАО “Бонолит-Строительные решения”. Рассмотреть иные варианты от компании-поставщика масла LOTOS FORMIL XL (с вязкостью 140–150);
- производство положительно расценивает возможность смены поставщика масла разделительного с АДДИНОЛ F135 на LOTOS FORMIL XL (вязкость 130) при аналогичных показателях работы масла на всех видах плотностей.

Этап № 3. Нанесение смазки в автоматическом режиме методом распыления, испытание образца LOTOS FORMIL XL (вязкость 130), изменение нормы расхода (дата испытания – с 28.08.2012 по 07.12.2012 года).

Порядок проведения испытания:

- формовочное масло ADDINOL F135 было полностью слито из накопительных баков машины смазки и системы маслопроводов. Баки и маслопроводы заполнены разделительным маслом LOTOS FORMIL XL (вязкость 130);
- для получения точных данных была изготовлена поплавковая конструкция с реперным устройством и измерительной линейкой (фото № 3);
- настройки на автоматической машине смазки производились каждые 6–8 суток: время, необходимое для оценки свойств разделительного масла на продукции D 300, D 400, D 500, D 600 при работе на различных поставщиках инертных материалов;
- смазка внутренних бортов форм-вагонеток осуществлялась строго в автоматическом режиме на всем парке форм-вагонеток, ниже предоставлен фото-отчет полного цикла по случайно выбранной форме-вагонетке (завершение испытаний).

Залитая форма № 3 движется в камеру созревания. Форма № 6 с массивом-сырцом из камеры созревания движется на резательное отделение (фото № 4).

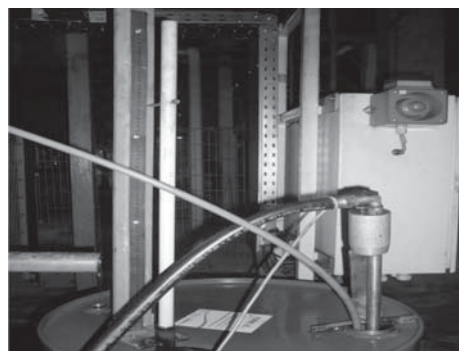


Фото 3



Фото 4

Форма № 6 с массивом-сырцом в захватах поворотного крана-манипулятора (фото № 5).

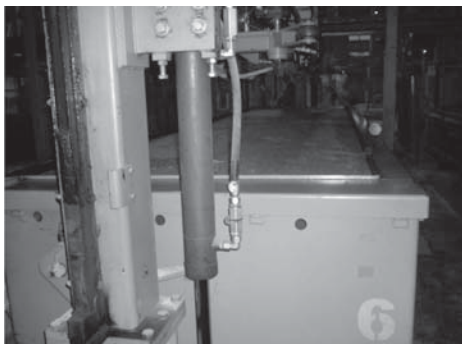


Фото 5

Перестановка формы № 6 краном-манипулятором на вагонетку № 1 линии резки (фото № 6).



Фото 6

Открытие замков формы № 6 после установки формы на вагонетку линии резки № 1 (фото № 7).



Фото 7

Начальный этап раскрытия формы № 6, боковая платформа с массивом остается на вагонетке № 1 линии резки (фото № 8).



Фото 8

Завершающий этап раскрытия формы № 6 (фото № 9)

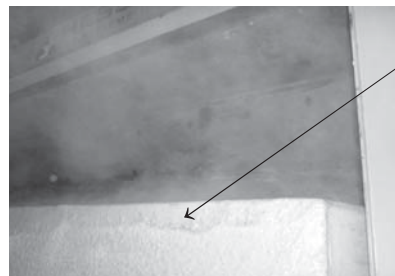


Фото 9.
 “Стекание с бортов”
 (глубина проникновения в структуру массива-сырца от 2до5мм,срезается в обратный шлам)

Полное открытие формы № 6 (фото № 10).



Фото 10

Сборка формы № 6: присоединение боковой платформы (фото № 11, фото № 12).



Фото 11



Фото 12

Кантование формы № 6 с последующей установкой на рельсовые пути (фото № 13, фото № 14).



Фото 13



Фото 14

Внутренние борта формы № 6 непосредственно перед смазкой (фото № 15–19).



Фото 15

“Остатки газобетона”



Фото 16

“Остатки газобетона”



Фото 17

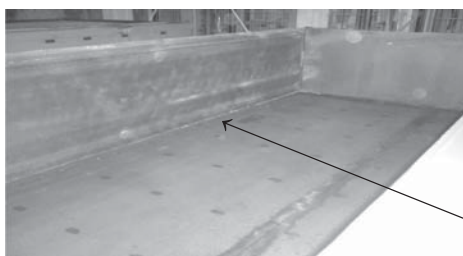


Фото 18

“Остатки газобетона”



Фото 19

Движение формы № 6 после автоматической смазки на участок заливки (фото № 20).



Фото 20

Внутренние борта формы № 6 после автоматической смазки (фото № 21–22).



Фото 21



Фото 22

“Остатки газобетона”

Заливка смеси в форму № 6 (фото № 23)



Фото 23

“Остатки газобетона”

Основные параметры при испытании:

1. Температура в камере созревания (42 градуса по Цельсию).
2. Температура в цеху (18–24 градуса по Цельсию, колебания в течение всего периода испытаний).
3. Температура борта по внутренним стенкам (42 градуса по Цельсию).
4. Температура смеси газобетона от 39 до 45 градусов по Цельсию (в зависимости от технологических требований).
5. Время слива смеси газобетона от 30 до 45 секунд (в зависимости от плотности материала).

6. Пластическая прочность массива-сырца от 3,2 до 3,7 условных единиц.

7. Отсутствие машины для чистки форм (не предусмотрено заводом-изготовителем).

ВЫВОДЫ:

Положительные:

1. Сокращение нормы расхода масла разделительного LOTOS FORMIL XL (вязкость 130) до 110 г/м³ готового изделия.

2. Существующие небольшие остатки газобетона на внутренних стенках форм (как правило, в зонах поврежденного металла и по верхним краям боковых бортов) легко удаляются металлическим шпателем.

3. Полностью отсутствует вымывание смазки в зоне выливного рукава.

4. Отсутствие резкого, навязчивого запаха в зоне смазки форм и на технологических участках производства.

5. Полностью отсутствуют вырывы, прилипания газобетона к формам более толщины среза в оборотный шлам.

Отрицательные:

1. На масле разделительном LOTOS FORMIL XL (вязкость 130) при распылении с помощью форсунок при установленных на предприятии настройках образуется масляный туман, проблему решить не смогли, приняли решение на установку защитного колпака.

2. После распыления масло разделительное LOTOS FORMIL XL (вязкость 130) не покрывает ровным слоем внутренние стенки бортов: местами происходит так называемое “собираение в капли”, также выявлено частичное стекание масла по вертикальным стенкам, проблему решить не смогли.

По факту проведенных испытаний принято решение полностью перейти на масло разделительное LOTOS FORMIL XL (вязкость 130).

Испытания разделительной смазки LOTOS FORMIL XS (вязкость 10).

Цель испытаний: подбор разделительной смазки, обладающей хорошими разделительными свойствами и не оставляющей следов на готовой продукции.

Изначальная проблема: наличие следов на готовой продукции как с внутренней, так и с лицевой стороны массивов. Причем на лицевой стороне верхнего массива следов нет (фото № 1 – для понимания понятий “верхний массив” и “лицевая поверхность”):

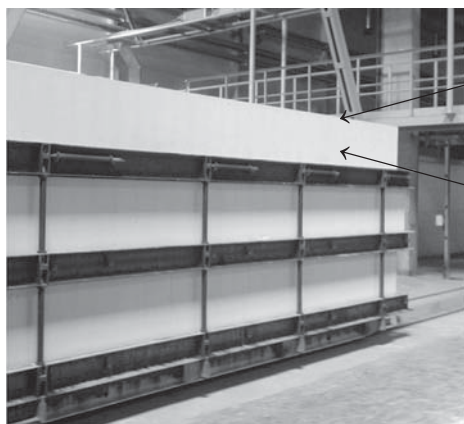


Фото 19

лицевая поверхность

верхний массив

Дата контрольного испытания:
10.04.2013–15.04.2013.

ЭТАПЫ ИСПЫТАНИЙ:

Этап № 1. Нанесение смазки на автоклавные решетки в автоматическом режиме, нанесение образца LOTOS FORMIL XS на решетки с помощью валика.

1. Никаких дополнительных работ по подготовке решеток не производилось, чистка решеток производилась в установленном порядке с помощью чашек щеточных.

2. Смазка на решетки производилась с помощью валика в количестве, достаточном для полного покрытия планок автоклавной решетки.

3. Для точного определения расхода масла была установлена измерительная линейка на емкость накопления масла (фото № 2).



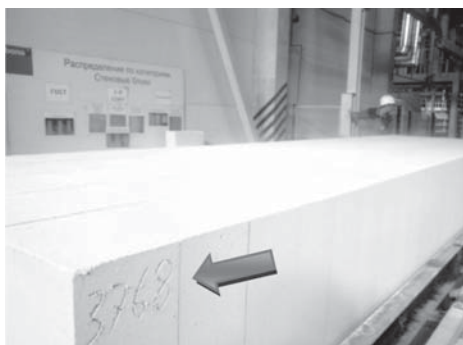
измерительная линейка

Этап № 2. Нормирование стабильной подачи масла разделительного для достижения положительного результата по отсутствию прилипаний массивов к решеткам на плотностях

D 300, D 400, D 500, D 600 и размерного ряда от 50 до 500 мм на всех видах поставщиков инертных материалов.

Этап № 3. Визуальный осмотр готовой продукции и автоклавных решеток.

1. Полностью отсутствуют следы на лицевой поверхности верхнего массива каждой телеги (следы отсутствовали и ранее) (фото № 3, 4).

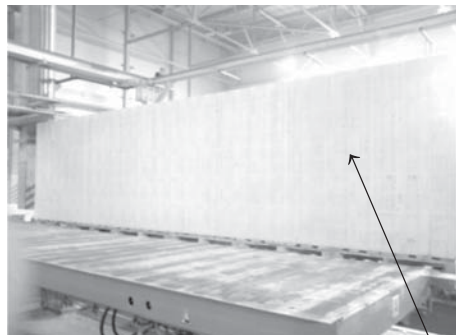


2. Следы на внутренних сторонах массивов присутствуют в виде светло сероватых полос (ранее полосы носили резкий коричневый оттенок), при визуальном осмотре следы видны невооруженным взглядом (фото № 5, 6).



следы

3. При визуальном контроле было замечено, что следы на внутренних поверхностях массивов с момента отделения массива от решетки до момента упаковки продукции немного бледнеют (фото № 7–10):



следы



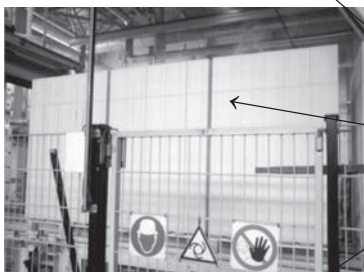
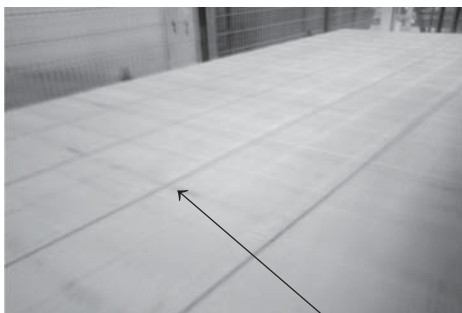
внешний вид продукции

упаковочная пленка белого цвета (для сравнения)

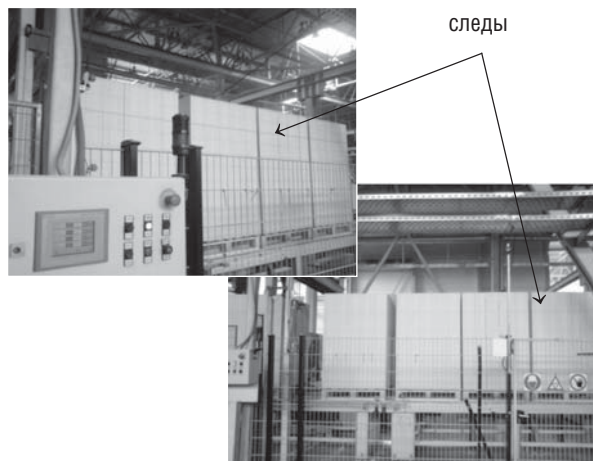
4. При визуальном контроле установлено, что после отделения массива от автоклавной решетки прилипания на решетках отсутствуют, поверхность решеток сухая (фото № 11, 12).



5. При визуальном контроле установлено, что на лицевых поверхностях среднего и нижнего массивов присутствуют так называемые следы, носящие оттенок коричневого цвета (фото № 13–17).



следы



ВЫВОДЫ:

Положительные:

6. При работе на масле LOTOS FORMIL XS установлено, что показатели внешнего вида готового изделия улучшились: произошло достаточно заметное осветление поверхностей.

7. Масло разделительное LOTOS FORMIL XS не имеет запаха, в районе поста смазки не наблюдается посторонних запахов.

8. Отсутствуют прилипания массивов к автоклавным решеткам.

Отрицательные:

3. На масле разделительном LOTOS FORMIL XS полностью не смогли решить проблему наличия следов на готовой продукции, не исключена вероятность, что остаточные следы – влияние коррозии автоклавных решеток.

4. Масло LOTOS FORMIL XS при нанесении на валик в связи с повышенной текучестью необходимо наносить порциями, постоянная подача приведет к перерасходу масла. Излишек масла на валике не остается, происходит практически мгновенное стекание в поддон поста смазки. Необходим постоянный контроль за процессом смазки.

По факту проведенных испытаний приняты решения:

1. Установить норму расхода разделительного масла LOTOS FORMIL XS (вязкость 10) в количестве 55 г/м³ массива-сырца;

2. Перейти на масло разделительное LOTOS FORMIL XS (вязкость 10) для смазки автоклавных решеток.

3. Предложить поставщику масла рассмотреть возможность внесения добавок в LOTOS FORMIL XS для придания маслу цветовой гаммы голубого цвета (дальнейшие работы по возможности замещения коричневых пятен на голубые в готовой продукции).

Опыт применения подшипников с графитом при производстве ячеистого бетона

Перевертов В.А., ООО «Реновация»

Попытки применения твердых смазок в подшипниках качения известны еще с начала века. Весьма привлекательными являются свойства твердых смазок обеспечивать стабильный и низкий коэффициент трения в очень широком диапазоне температур. Наибольшее распространение получили подшипники качения с самосмазывающимися сепараторами и подшипники, на рабочие поверхности которых нанесены твердосмазочные покрытия.

Хотя в отдельных случаях эти решения оказываются весьма эффективными, в частности в аэрокосмической, вакуумной технологии, в целом они нашли очень ограниченное применение из-за присущего им серьезного недостатка: твердосмазочные покрытия не восстанавливаются в процессе работы подшипника.

Для широкого применения твердых смазок в подшипниках качения необходимо обеспечить непрерывное генерирование твердосмазочной пленки на рабочих поверхностях, то есть создать внутри подшипника запас твердой смазки, достаточный для его длительной работы. Этот запас смазки необходимо разместить в подшипнике таким образом, чтобы он не сказывался на служебных характеристиках подшипника, таких как восприятие нагрузки, частоты вращения и др.

Длительный опыт эксплуатации подшипников с компаундом как в России, так и в Германии, Японии показывает, что они высокоэффективны в тяжелых условиях эксплуатации, при воздействии высоких и низких температур, агрессивных сред, а также при работе в вакууме. В таких условиях ресурс работы узлов трения при использовании подшипников с АФЗ увеличивается в несколько раз. Чрезвычайно важно, что АФЗ не нуждается в дополнительной смазке и технологическом обслуживании в течение всего срока эксплуатации. Разработанная технология позволяет выпускать АФЗ практически всех типов (кроме игольчатых и упорных) в широком диапазоне типоразмеров.

Смазывание поверхностей трения происходит за счет истирания материала заполнителя. Элементы вращения подшипника, имеющие зазор плавания, касаются заполнителя, истирают его и переносят смазочную пленку на дорожки качения. Уже на стадии технологической приработки на всех поверхностях трения формируется тонкая смазочная пленка, которая восстанавливается по мере ее износа в процессе эксплуатации.

Преимущества АФЗ перед подшипниками с традиционными смазочными материалами

Применение АФЗ эффективно в тех случаях, когда низкий срок эксплуатации обычных подшипников определяется неудовлетворительным смазочным действием обычных материалов, вызванным их физико-химическим разрушением или удалением смазки из зоны контакта.

Запас твердой смазки в АФЗ рассчитан на длительные сроки эксплуатации, потому что АФЗ не нуждается в дополнительной смазке, технологическом обслуживании, применении специальных смазочных систем. Благодаря высокой степени пылезащищенности АФЗ при его использовании отпадает необходимость в применении пылезащитных систем. Необходимо отметить, что АФЗ имеют весьма низкий момент страгивания, сравнимый с моментом страгивания сухого подшипника.

В отличие от жидких и пластичных смазок при использовании АФЗ смазочная пленка генерируется равномерно вне зависимости от температуры. Скорость окисления металла в восстановительной среде, обусловленной наличием смазочной пленки в приповерхностных слоях, снижается.

АФЗ успешно эксплуатируется в интервале температур от криогенных (температура жидкого азота) до 350 °С. Это делает целесообразным их применение в металлургической, автомобильной, керамической, цементной, горнорудной, деревообрабатывающей промышлен-

ности, производстве ячеистого бетона и силикатного кирпича, пищевых технологиях, процессах точного машиностроения, криогенной техники и др.

Увеличение срока службы АФЗ по сравнению с подшипниками с традиционными пластичными смазками в запыленных условиях определяется:

- малой величиной зазора между материалом заполнителя и поверхностями колец подшипника;
- сложной геометрией зазора между поверхностями заполнителя и колец подшипника, затрудняющей проход частиц пыли от наружной поверхности к дорожке качения;
- принципиальным различием в поведении частиц пыли при попадании в подшипник. При использовании АФЗ частицы пыли, прошедшие через лабиринтный зазор, не только не конгломерируются, но размалываются телами качения (рис. 1).



Подшипники также предназначены для работы в транспортных системах и конвейерных машинах, обжиговых и спекательных тележках, сушильных и заправочных вагонетках предприятий и изготавливаются по ТУ 37.006.143–85.

Они не имеют аналогов на российском рынке и в странах СНГ. Только Шведская компа-



Рис. 3

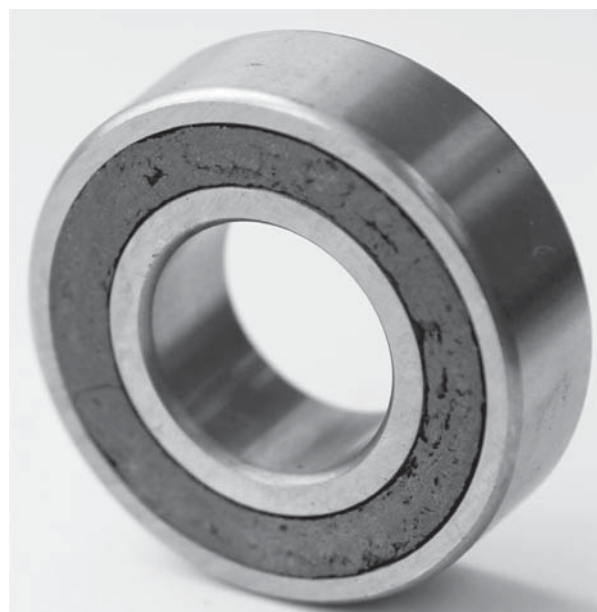


Рис. 2

ния SKF является производителем подобной продукции (рис. 3). В отличие от подшипников с АФЗ производства ООО «Реновация» (рис. 2), они содержат искусственный графит, и в них нет сепаратора, в качестве которого служат графитовые сегменты. Цена подшипников SKF примерно в 5 раз дороже подшипников нашего производства.

«Реновация» уже активно сотрудничает с предприятиями по производству автоклавного ячеистого бетона. Они установлены полностью или частично на следующих заводах: комбинат строительных материалов (г. Старый Оскол), Алит-тм (г. Иркутск), Н+Н (г. Спб), ДСК Грас-Калуга, Аэробел (г. Белгород), Воронежский комбинат строительных материалов, Череповецкий завод силикатного кирпича (в цехе ячеистого бетона), Главновосибирскстрой, Аэрок (Украина), Аэрок (Спб) (см. приложение № 1). Следующие предприятия находятся на испытаниях для принятия решения: комбинат строительных материалов (г. Ялуторовск), комбинат дорожных и строительных материалов (п. Быстрогорский), Казанский завод силикатных стеновых материалов, Головной завод (г. Спб), Коттедж (г. Самара), ВКТОН (г. Волжск).

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.

Особенности использования деревянных поддонов в производстве газобетонных блоков

Гуляев И.Н., генеральный директор ООО «Паллетные Технологии»,
руководитель представительства IMHart AB в России
(г. Санкт-Петербург)
Маттиас Харт, генеральный директор IMHart AB (Швеция)

На первый взгляд может показаться, что производство деревянных поддонов напрямую никаким образом не относится к производству газобетонных блоков. Скорее, поддоны можно отнести к деревообработке. Отчасти это так, однако, если посмотреть шире, то можно убедиться, что производство поддонов и их использование лежит на стыке многих отраслей и актуально для многих производств, включая производство газобетонных блоков. Практически все производители тех или иных товаров, используют поддоны для отгрузки и хранения своей продукции. Это и производители пищевых продуктов, и производители химических удобрений, строительные и транспортные компании, складские комплексы и этот список можно продолжать. В нашем докладе мы коснемся основных моментов использования деревянных поддонов в производстве газобетонных блоков.

1. Краткий обзор состояния рынка деревянной тары в России

Состояние и объем рынка поддонов в России

Прежде чем говорить непосредственно об использовании поддонов в строительной отрасли и производстве газобетонных блоков, стоит привести несколько цифр, позволяющих увидеть ситуацию на российском рынке поддонов на сегодняшний день. Россия, несмотря на свои территориальные размеры и сравнительно нехорошие показатели темпов роста экономики в последние годы, очень сильно отстает по уровню объема рынка деревянной тары. Если мы рассмотрим рынок поддонов, то его объем в России составляет примерно 120–130 млн поддонов в год, т.е. примерно 1 поддон на человека. Если к этому добавить остальные виды деревянной тары, например ящики, деревянная упаковка, строительные щиты, то цифра увеличится на 10–15%.

Для сравнения, объем рынка Швеции – 2 поддона на человека, а в Германии объем рынка поддонов составляет 4 поддона на человека.

Тем не менее спрос на деревянные поддоны в России относительно стабилен: каждый год в стране производится и потребляется приблизительно одинаковое их количество. Но при этом стремительно расширяется рынок одноразовых поддонов нестандартных форматов и форм.

В период с 2002 по 2008 гг. рынок деревянной тары показывал устойчивый рост, примерно по 2–3% в год. Экономический кризис, начавшийся в конце 2008 г., оказал негативное влияние на отечественный рынок деревянной тары. Сокращение производства, грузоперевозок и оборотов розничной торговли напрямую повлияло на ее производство и продажу. Тем не менее для тех участников рынка, которые всерьез занимались модернизацией своих производств и оптимизацией бизнес-процессов, падение спроса и, соответственно, производства, не было ощутимым, поскольку с рынка ушла часть «сезонных» (и нелегальных) производителей, а ряд мелких компаний резко сократили производство из-за нехватки оборотных средств.

По данным на 2009 г., объем спроса упал почти на 15%. Однако уже к 2010 г. рынок деревянной тары в целом отыграл падение предыдущих лет. Начиная с 2011 г. спрос на деревянные поддоны в России снова стал расти. Рост составил 75,7%: с 6,7 млн шт. в 2007 г. до 11,8 млн шт. в 2011 г.

Основные особенности и отличия рынка деревянной тары в России

Стоит отметить некоторые отличительные особенности российского рынка деревянных поддонов от европейского, которые во многом влияют на его развитие.

Для России характерна *большая доля ручного труда и низкая степень автоматизации производства*. Это касается многих отраслей промышленности. Если говорить о производстве тары, то бытует мнение, что сколотить поддон или ящик просто. В какой-то степени это действительно так, если сравнивать, например, с каким-нибудь наукоемким или технологически сложным производством. Считается, что наняв 40 простых рабочих и вооружив их в лучшем случае ручным инструментом, можно организовать производство поддонов. Такой подход может сработать в некоторых случаях и то только на самом начальном этапе. Впоследствии можно столкнуться с большими трудностями в достижении необходимого качества и производительности. Здесь даже не стоит углубляться в проблемы, связанные с руководством большим коллективом, решением вопросов с миграционной службой, оплатой труда и т.д.

Другое важное отличие – *отсутствие современных регламентирующих норм и средств контроля за качеством выпускаемой продукции*. Последняя редакция ГОСТа по производству поддонов датируется 1987 г., что в свою очередь, по сути, является подтверждением ГОСТа 1984 г. с некоторыми дополнениями. В Европе уже достаточно длительное время действует стандарт EPAL (Европейской ассоциации производителей поддонов), который не только постоянно совершенствуется, идя в ногу с развитием технологий, но и благодаря ему осуществляется строгий контроль за качеством продукции. Компании производители поддонов очень дорожат тем, что их изделия сертифицированы по стандарту EPAL, т. к. лишившись сертификата, они теряют значительный объем рынка и клиентов.

Другое важное отличие – это позиционирование поддона как товара на рынке. В России деревянный поддон относится к упаковке и является ее составной частью, в Европе он классифицируется как отдельный товар.

2. Типы поддонов и область их применения

Классификационная линейка поддонов достаточно широкая. Не будем останавливаться на всех их видах, а выделим основные типы.

■ 4-заходный поддон

Четырехзаходный поддон – поддон, конструкция которого обеспечивает возможность ввода вилочного захвата с четырех сторон – наиболее часто используемый тип поддона. Другое его название – европоддон. Применяется практически во всех отраслях промышленности, т. к. удобен для погрузки и хранения подавляющего большинства товаров.



Также этот тип поддона достаточно легко поддается переработке.

■ 2-заходный поддон (строительный)

Двухзаходный поддон, конструкция которого обеспечивает возможность ввода вилочного захвата только с двух противоположных сторон (это должно учитываться при его дальнейшей эксплуатации), часто встречается в строительной индустрии для отгрузки и хранения тяжелых материалов (например кирпичей, цементных смесей и т.д.). Простая конструкция таких поддонов позволяет хранить их на земле, на стройплощадках и т.д.



■ Нестандартный (специализированный) поддон

Предназначен для грузов ограниченной номенклатуры или грузов отдельных видов. Наиболее часто поддоны нестандартного типа и размера можно встретить в бумажной промышленности, когда почти под каждую партию бумаги требуется отдельные их размеры. Нестандартные поддоны также часто требуются для химической отрасли, т. к. хранение и перевозка химических товаров имеет свои особенности. Нестандартные поддоны также могут иметь большие размеры для отгрузки длинных и габаритных товаров или иметь усиленную конструкцию для тяжелых товаров.



3. Особенности использования поддонов в производстве газобетонных блоков

В отгрузке и складировании газобетонных блоков используются как 4-заходные, так и 2-заходные поддоны. Нестандартные поддоны встречаются реже. Для успешного использования поддона в производстве блоков большое значение имеет его *качество*. И это не только вопрос качества используемого материала (древесины), но в большей степени того, как и каким способом изготовлен поддон. Несмотря на то, что газобетонный блок это строительный материал, имеющий высокие прочностные характеристики, он достаточно хрупкий. Особенно сильно это сказывается при его транспортировке на длинные расстояния по дорогам далеко не лучшего состояния. Если партия блоков упакована на поддоне не должным образом или сам поддон выполнен некачественно, это может напрямую повлиять на товарный вид блоков, когда поддоны с ними достигнут конечной точки.

Еще одной важной особенностью использования поддонов в производстве газобетонных блоков является наличие на современных заводах по производству таких блоков импортного упаковочного оборудования. Такое оборудование достаточно чутко реагирует на соответствие поддона критериям качества. Если под-



дон изготовлен не должным образом, то упаковочная линия может его не пропустить, что в лучшем случае повлечет за собой остановку линии и потерю времени, в худшем – может стать причиной неисправности.

Каким же основным требованиям должен соответствовать поддон, чтобы продукция, размещенная на нем, сохранила свой товарный вид?

Прежде всего поддон должен иметь четкую геометрию по своему периметру. Если геометрия поддонов не будет соблюдена, могут возникнуть проблемы с их погрузкой в транспорт в нужном количестве.

Следующий критерий – **прочность**. Поддоны должны выдерживать длительную нагрузку в процессе транспортировки и эксплуатации. Способ перемещения поддонов по территории склада также может отразиться на требованиях к выносливости. К примеру, если поддоны перемещаются с помощью какой-либо транспортировочной системы, это должно учитываться при выборе конфигурации паллет.

Необходимо также учитывать **рисунок забивки гвоздей**. Поддон, изготовленный по стандарту, всегда имеет единый и неизменный рисунок, который составлен исходя из максимальной прочности конструкции поддона. Также не лишним будет определить желаемую конструкцию поддона исходя из номенклатуры товара, который будет размещаться на поддоне, а также веса товара и его технических характеристик.

Другой важный момент – это **соблюдение норм по толщине используемых заготовок**. В случае, если на одном поддоне использованы доски разной толщины, это может привести к повреждению товара при транспортировке или при хранении.

Все стандарты и требования к поддонам достаточно подробно описаны в ГОСТах, однако их соблюдение в нашей стране оставляет желать лучшего. В европейских странах ассоциации производителей товара следят за этими требованиями и дают свои рекомендации.

Лучший путь к получению качественного поддона это производить поддоны **одинаковыми** постоянно, когда сбивка поддона происходит всегда с одним рисунком гвоздей и с одинаковым усилием. Достигнуть этого можно только автоматическим способом. Вручную сколоченный поддон не будет иметь одинакового качества постоянно, т. к. человеческий фактор оказывает здесь очень большое влияние. Часто можно встретить разные по качес-

тву партии поддонов, произведенные вручную в течение одной смены.

Какое оборудование используется для производства поддонов для газобетонных блоков?

Если не рассматривать полукустарные методы производства, то автоматизация производства поддонов может начаться уже с одного станка!

Например, станок Kombiflex R-1000 EL. Один такой станок заменяет работу почти 20 человек и дает возможность производить до 600 поддонов за одну смену. В большинстве случаев такой объем позволяет не только покрыть свои нужды, но и даже продавать поддоны сторонним организациям.

Принцип работы такого станка прост. Два оператора обслуживают станок, закладывая заготовки в специальные шаблоны, станок сам сбивает поддон согласно спецификации, которая заносится в программу пульта управления. На выходе получается поддон, готовый к использованию. При необходимости у поддона можно обрезать углы для последующего оборачивания стретч-пленкой, поставить штамп, например логотип компании и отфрезировать нижние доски для более удобного захвата вилочным погрузчиком. На таком станке можно производить 4-заходные и 2-заходные поддоны.

Если требуется более высокая производительность, можно использовать другие комбинации станков. Например, для производства 2-заходных поддонов в количестве от 1000 до 1500 шт. в смену можно использовать станок D-1000 EL.

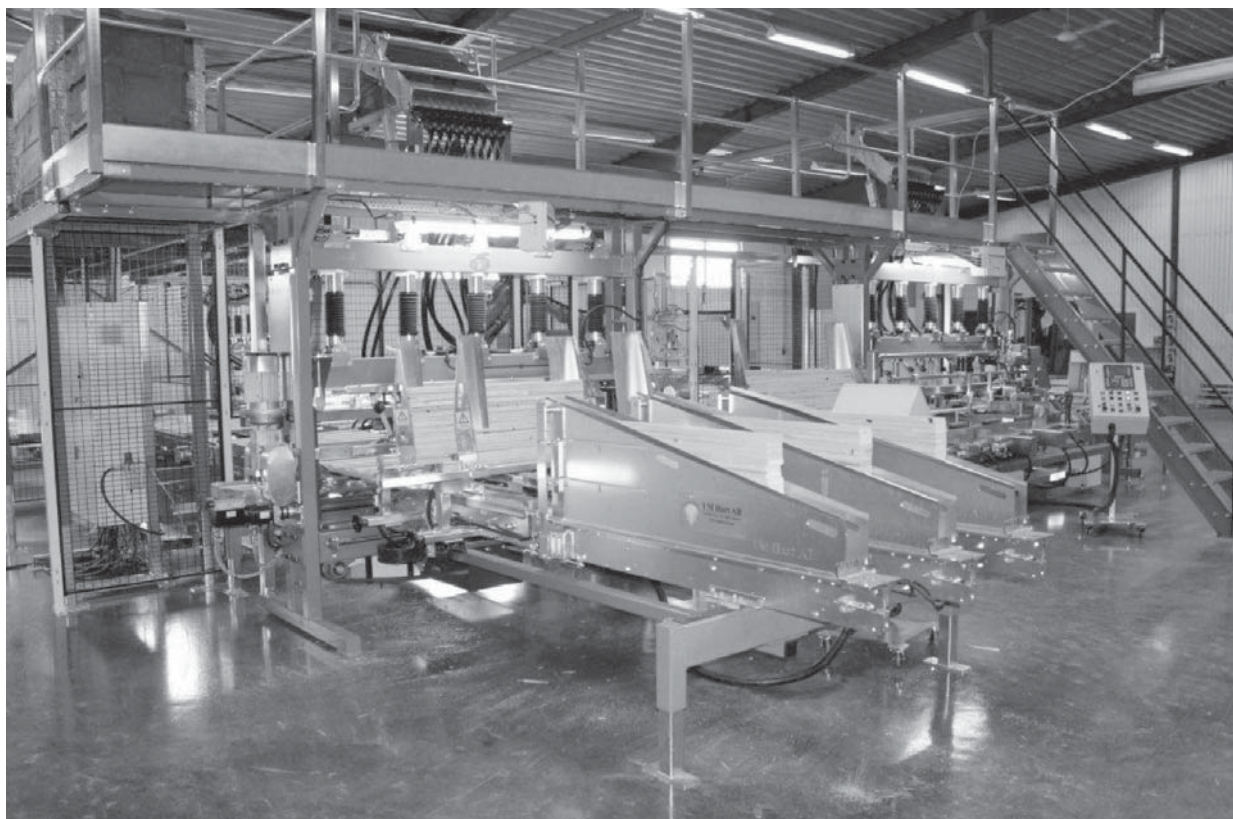
Комбинации станков могут быть различными, в зависимости от задач, стоящих перед производством. Станки для производства поддонов также можно интегрировать в линию по упаковке товара.

Преимущества такого подхода по использованию оборудования для производства поддонов очевидны.

Во-первых, наличие собственного производства помогает не зависеть от сторонних поставщиков, следовательно, максимально избежать проблем со своевременной поставкой поддонов.

Во-вторых, при изготовлении поддонов есть возможность следить за качеством их производства. Имея качественные поддоны собственного производства, можно максимально снизить вероятность материальных потерь при транспортировке и хранении товара, а также репутационных потерь в случае повреждения товара или нанесения ущерба чужому имуществу или людям.

В третьих, собственное производство поддонов может быть выгодно, т. к. через это мож-



но не только оптимизировать затраты на их приобретение у сторонних производителей, которые диктуют цены, но и при наличии излишков продавать поддоны, например партнерским организациям. В дополнение к этому можно добавить, что на поддонах можно ставить маркировку. Это может быть логотип компании или любой другой отличительный знак. Наличие поддона с маркировкой сможет изменить товарный вид партии товара в лучшую сторону.

4. Опыт использования оборудования для производства поддонов в технологических линиях в Европе и России

Европейский рынок производства деревянных поддонов, конечно, существенно отличается от российского. Связано это прежде всего с разницей в уровне экономического развития, нормативной базы, культуры организации производства. Среди основных отличий можно выделить следующие:

1. Высокий уровень автоматизации производства.

Причина – высокий уровень зарплат и, следовательно, стремление максимально снизить долю ручного труда и участия человека. Линии для производства поддонов, работающие в Европе, очень часто имеют высокую производительность (до 1500 поддонов в смену) и обслуживаются одним оператором. Участие человека сведено к минимуму. Многие предприятия производят поддоны не только на продажу, но для собственных нужд. Например, один из ведущих производителей бумаги Скандина-

вии концерн Stora Enso использует оборудование компании IMHart для производства поддонов для своего предприятия в Финляндии. Также стоит отметить, ведущего производителя кирпичей в Скандинавии компанию Benders, которая полностью покрывает свою потребность в поддонах, производя их самостоятельно на оборудовании компании IMHart.

Автоматизация производства – взаимосвязанный процесс. Например, использование автоматического оборудования для упаковки товара и для его складирования зависит от качества поддонов, а качественный поддон в промышленном масштабе можно изготовить только автоматически. Развитие и автоматизация одного направления неизбежно влечет за собой развитие и автоматизацию других смежных отраслей.

2. Строгий контроль за соблюдением норм и правил производства поддонов.

Контроль осуществляется как ассоциацией производителей поддонов, так и отраслевыми объединениями. Несоответствие производителя стандартам качества и производства может повлечь за собой лишение лицензии.

Производственные процессы так или иначе развиваются в общем русле во всех странах. Россия не может оставаться в стороне от технического прогресса. Сегодня, чтобы оставаться конкурентоспособными, многие российские предприятия пересматривают свои подходы к организации производства, модернизируя парк оборудования, автоматизируя производство. Производство поддонов является одним из этих направлений.

Инновационная технология Стретч Худ для упаковки паллет

Семен Пичугин, коммерческий директор Smart Pack Packaging Solutions
 Кристиан Кельдаль, региональный менеджер Lachenmeier

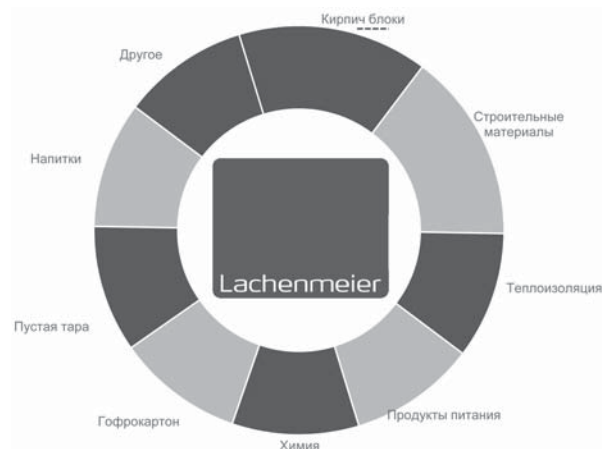
Технология СтретчХуд для упаковки паллет играет ведущую роль в газобетонной промышленности. Компания Lachenmeier, действующая с 1969 года, заняла передовые позиции и в настоящее время является лидером на мировом рынке технологии СтретчХуд, изобретенной в 1988 году.

Lachenmeier –
 Машины • Пленка • Обслуживание

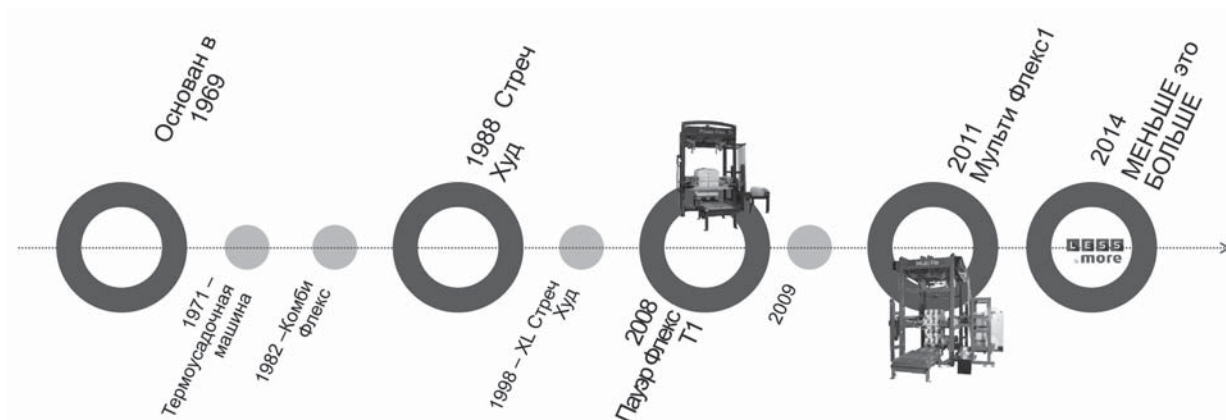


Мы обслуживаем наших потребителей напрямую, через агентов и дистрибьютеров и через известные OEM компании. Наша задача решить проблемы потребителей по упаковке через легко доступные каналы: местных представителей или глобальные OEM компании. Между Lachenmeier и вами не более одного телефонного звонка – действует 24-часовая горячая линия.

Высококвалифицированные сервисные инженеры компании обеспечат персональный подход к обслуживанию, техподдержку и ремонт.



Отрасли применения



Этапы развития



Мульти Флекс1

- Для различных размеров паллет
- До трех пленок с автоматической сменой
- Макс. 200 п/ч, 2000 мм паллет
- Макс. 160 мкр пленка, для паллет > 2000 мм



Наиболее универсальный продукт на рынке

Мы поддерживаем решения стретч-худ во всех отраслях промышленности.

Благодаря нашим новым технологиям и последним достижениям в области производства пленки, наши самые крупные сегменты, помимо строительства, – это производство кирпича, блоков и плитки.

Для газобетонных изделий предлагается пленка с логотипом, перфорированная пленка, которые обеспечивают оптимальную защиту от повреждений и оптимальный расход пленки, следовательно, качественную упаковку и безопасную транспортировку негабаритных грузов. Главные ее преимущества – это отсутствие деформации и аккуратное воздействие на груз за счет прочности, превосходной эластичности пленки. Главное в пленке – размер, толщина и качество.

Использование пленки позволяет решить множество задач: обеспечение наилучшего удержания груза на паллете, хорошо считы-

Пауэр Флекс Т1

- В основном один размер паллет
- Только одна пленка с автоматической сменой
- Макс. 100 п/ч, 2000 мм паллет
- Макс. 120 мкр пленка, для паллет 2000 мм



Наиболее распространенная машина на рынке

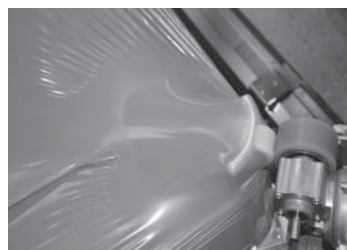
Оборудование Lachenmeier

ваемые штрих-коды, эффективный брэндинг и маркетинг, качественный внешний вид.

Lachenmeier преподносит абсолютно разнообразный подход для поддержки потребителя высококлассной упаковкой. Мы ищем ваши проблемы, обращаем их в проекты и обеспечиваем эффективным ценовым решением.

Сохранность пленки

Размотка пленки во время натяжки – Патент Lachenmeier



- Более тонкие пленки
- Меньший размер пленок
- Разнообразное качество
- Самый низкий TCO

Все обслуживание происходит на уровне пола

Выдвижные боксы

Нет необходимости носить с собой инструменты и запасные части к верхней части машины. Просто опустите раму машины на нужную вам высоту.



Замена пленки

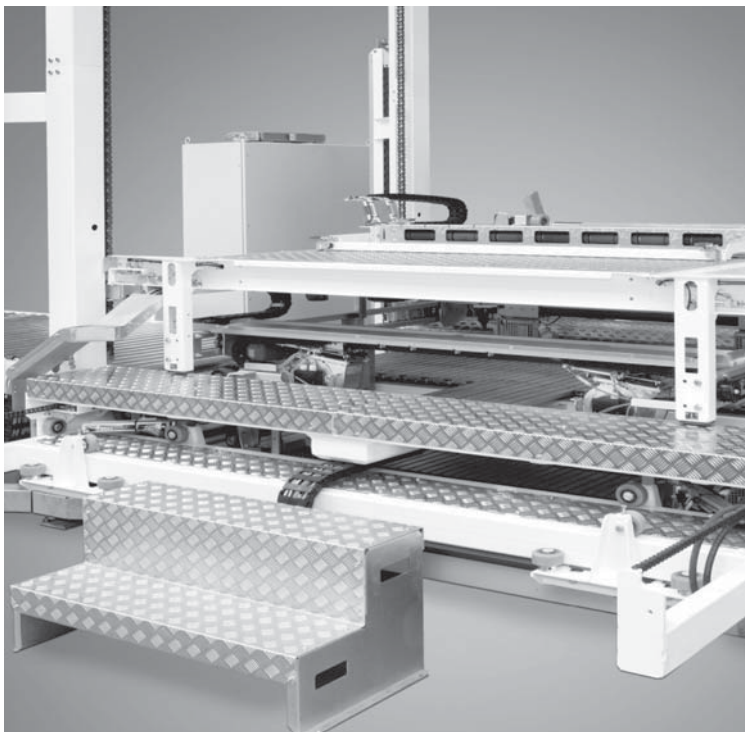
Опустите вниз устройство подачи пленки для замены рулона.

Никакой лишней траты пленки.



Нож и сварная планка

Выберите пункт нож для пленки/сварная планка на панели управления машиной и устройство подачи пленки переместиться в нужное для замены положение.



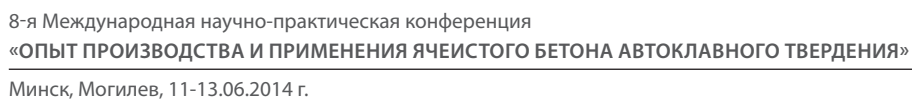
Запатентованная функция опускания рамы. Легкий доступ ко всем видам обслуживания. Не нужно взбираться на верх машины по стремянке с ящиком инструментов за спиной – рама сама опустится к вам.

Lachenmeier – это:

- Высококласное запатентованное оборудование
- Знание производства пленки
- Оптимальный размер, толщина пленки и ее качество
- Самый низкий ТСО на рынке

www.lachenmeier.com

ДЛЯ ЗАМЕТОК

[illegible]

Научное издание

Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения

Материалы
8-й Международной научно-практической конференции
Минск–Могилев, 11–13 июня 2014 г.

Редакторы *П.П. Ткачик, В.Г. Морозова*
Компьютерный дизайн и верстка *Е.Ю. Гурбо*

ISBN 978-985-6476-57-3



Подписано в печать 04.06.2014 г. Формат 60х84¹/₈.
Бумага офсетная. Гарнитура HeliosC. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 14,5. Тираж 160 экз. Заказ

Выпущено при участии Республиканского унитарного предприятия “СтройМедиаПроект”

НП ООО “Стринко”. Свид-во № 1/231 от 24.03.2014 г.
Ул. Платонова, 22/705. 220005, Минск.

Отпечатано в Республиканском унитарном предприятии “СтройМедиаПроект”
ЛП № 02330/71 от 23.01.2014 г.
Ул. В. Хоружей, 13/61. 220123, Минск.

ПРОДАЕТСЯ!

**Склад цемента
на 800 тонн**



**Автоклавные
бетонные
подушки
(комплект на 6
автоклавов)**



8-029-6544576

ОАО «Евросиликат» УНП290494352

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫЕ СМАЗКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ МАРКИ «СТЕСМОЛ-С»



ООО „Стесмол и К“



Разделительные смазки европейского уровня

Разработаны специально для производства ячеистых бетонов автоклавного твердения.

Дифференцируются по кинематической вязкости в зависимости от оборудования, используемого заказчиком.

Содержат комплекс антиадгезионных, вытесняющих, антикоррозионных присадок.

Обладают высокими антиадгезионными свойствами.

Отлично зарекомендовали себя в применении на оборудовании фирм Wehrhahn, Masa-Henke, Hess AAC Systems и отечественных производителей.

Срок годности 6 месяцев.

Компания «Стесмол» основана в 1991 году как государственное предприятие по производству охлаждающих жидкостей для автомобилей и антикоррозионных средств. В 2000 году компания вошла в состав государственного производственного объединения «Азот», а с января 2011 года выделена в самостоятельное предприятие ООО «Стесмол и К» с частной формой собственности. Приобретение частной формы собственности позволило нам повысить гибкость в работе с партнерами и клиентами. На протяжении всей производственной деятельности бренд «Стесмол» завоевал уважительное отношение со стороны потребителей. В первую очередь за счет высокого качества выпускаемой продукции. Наше предприятие постоянно стремится к повышению качества выпускаемой продукции, для чего на постоянной основе сотрудничает с такими научными учреждениями, как Белорусский государственный университет; Белорусский технологический университет им С.М. Кирова; Научно-исследовательский институт физико-химических проблем БГУ; Гродненский государственный аграрный университет; Российский научно-исследовательский институт жиров (г. Санкт-Петербург); Институт природопользования НАН РБ; Гродненский государственный институт азотной промышленности. Наши специалисты готовы оказать необходимую квалифицированную помощь в решении Ваших проблем, связанных с профилем нашей деятельности.

ООО «СТЕСМОЛ И К»

230013 Республика Беларусь г. Гродно
проспект Космонавтов, 100
+375152794958, +375445821879
www.stesmol.com
smazka@stesmol.com

Автоклавы для изготовления материалов строительной промышленности



новые производственные
цеха 1 – 6

новое административное
помещение



95 лет опыта, более 5000 поставленных автоклавов для упрочнения изделий в строительной промышленности – гарантия качества оптимально сконструированных и надежных в эксплуатации изделий

Дополнительные компоненты – система удаления конденсата, вкатная тележка, распределитель пара и т.д. являются частями нашей универсальной программы поставки.

Конструкция и изготовление изделий согласно всем европейским и международным предписаниям и нормам. Надежная внутренняя система менеджмента качества в сочетании с приемкой независимой контрольной инспекцией (например, TÜV или Lloyd's) гарантируют производство высококачественных изделий с наивысшим уровнем безопасности.

Наши изделия для промышленности стройматериалов – автоклавы для изготовления ячеистого (газосиликатного) бетона, силикатного кирпича, гипса, различных бетонных продуктов и волокнистых материалов.

Наряду с автоклавами для промышленности стройматериалов на наших новых производственных площадях (приблизительно 36.000 м²) изготавливаются и транспортируются автоклавы диаметром до 6,5 м и длиной до 50 м, грузоподъемность крана 160 тонн.



Автоклавы для производства
ячеистого бетона



Элементы
из ячеистого бетона



Производство
ячеистого бетона



Производство
силикатного кирпича



Транспортировка автоклава
40 м длиной

Свяжитесь с нами, и мы
предложим нашу продукцию для вашего производства, согласно вашим требованиям и пожеланиям!