

Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь

Союз строителей Республики Беларусь

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

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

РУП «Редакция журнала «Архитектура и строительство»



ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ

**Материалы
6-й Международной
научно-практической конференции,
Минск, 26-28 мая 2010 года**

УДК 666.973.6(082)
ББК 38.33 Я43
О-62

Редакционная коллегия:

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

Рецензенты:

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

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

Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения: материалы 6-й
О-62 Международной научно-практической конференции, Минск, 26-28 мая 2010 г. / редкол. Н.П. Сажнев (отв. ред.) [и др.]. — Мн.: Стринко, 2010. — 148 с.: ил.
ISBN 978-985-6476-51-1

Сборник содержит доклады ученых и специалистов Республики Беларусь, зарубежных гостей из стран СНГ и Европейского экономического сообщества, прозвучавшие на 6-й Международной научно-практической конференции «Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения», прошедшей 26-28 мая 2010 г. в г. Минске.

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

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

УДК 666.973.6(082)
ББК 38.33 Я43

ISBN 978-985-6476-51-1

© РУП «Редакция журнала «Архитектура и строительство», 2010
© Оформление НП ООО «Стринко», 2010



Содержание

Раздел 1. ПРОИЗВОДСТВО ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Голубева Т.Г., Малец В.М., Сажнев Н.П., Сажнев Н.Н Производство и применение ячеистобетонных изделий автоклавного твердения в Республике Беларусь	5
Иванов А.К. Опыт фирмы «Маза-Хенке Машиненфабрик ГмбХ» в производстве газобетонных блоков, а также армированных элементов и панелей	11
Бонеманн Клаус Домостроительные комбинаты Wehrhahn: производство блоков и модульных элементов из газобетона, а также фиброцементных листов для возведения современных энергосберегающих зданий	15
Антонов Андре Модернизация и реконструкция линии по производству автоклавного газобетона типа Hebel и Универсал	21
Левченко В.Н. Основные направления деятельности Национальной Ассоциации Производителей Автоклавного Газобетона	25
Мартыненко В.А., Морозова Н.В., Бурейко С.В., Серeda С.Ю., Курочкин М.В. Производство газобетонных изделий автоклавного твердения в Украине в 2009 г.	26
Язепс Паплавскис Стратегия реализации продукции Aeroc применительно к условиям Прибалтики и Скандинавии (тезисы доклада)	31
Рудченко Д.Г. Модернизация завода автоклавного ячеистого бетона на примере ОАО «Аэрок Обухов»	32
Захарченко П.В., Щербина Н.А., Рудченко Д.Г., Пивень Н.Н., Сеница М.С., Сеземан Г.В. Адаптация литьевого производства газобетона к возможностям сырьевой базы Украины	37
Морозова Н.В. Теоретические предпосылки предварительной выдержки газобетонного массива перед автоклавной обработкой	46
Прохоров С.Б., Вишневский А.А. Газообразователи для получения ячеистых бетонов пониженной плотности	51
Богданова Н.П., Белов И.А., Подлuzский Е.Я., Клиничук Е.С., Вербицкая Т.Л. Ячеистый бетон пониженной плотности для изоляции строительного и технического назначения	54
Белов И.А., Богданова Н.П., Сенатова К.С. Анализ требований к свойствам ячеистобетонных блоков	59
Подлuzский Е.Я., Новиков В.С., Сенатова К.С. Доломитовая известь из сырья Республики Беларусь	62
Сиваченко Л.А., Севостьянов В.С., Сиваченко Т.Л. Переворужение отделений массоподготовки производств ячеистого бетона	64
Воробьев В.В., Иванов Е.Н., Таболич А.В., Шиманович П.П. Центробежно-ударные мельницы для измельчения сырьевых материалов в производстве ячеистых бетонов	74

Царев О.С. Оптимизация основных средств предприятия, связанных с затратами на техническое обслуживание оборудования и закупкой запасных частей. Создание склада запасных частей на базе ООО «PRB TECHNIK» под заказчика	79
Бусел И.А. Теоретические особенности и практические результаты применения новых модификаций мелющих тел	81
РАЗДЕЛ 2. НОВЫЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ	
Данилевский Л.Н., Пилипенко В.М. Первые энергоэффективные здания в Республике Беларусь	83
Мартыненко В.А. Научно-практические семинары «Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве» в Украине	89
Лаповская С.Д. Ячеистые бетоны – взгляд на строительный рынок	95
Клаусон В.Р., Сажнев Н.П. Силикальцит – миф или реальность	97
РАЗДЕЛ 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	
Кацынель Р.Б. Особенности применения крупнопанельных ячеистобетонных конструкций в современном строительстве	101
Галкин С.Л. Комплексное применение крупноразмерных ячеистобетонных изделий в жилищно-гражданском строительстве	105
Гринфельд Г.И. Ограждающие конструкции каркасных зданий с применением автоклавного газобетона в Санкт-Петербурге: проблемы, пути решения	110
Силенков С.А. Опыт проектирования и строительства многоэтажных жилых домов с применением сборного железобетонного каркаса по серии 1.020 и наружными ограждающими конструкциями из мелкозернистых ячеистобетонных блоков	114
Крюк С.Н. Инновационные технологии ОАО «Керамин». Керамический гранит для вентилируемых фасадов	117
Урецкая Е.А., Сажнева Н.Н. Легкие штукатурные составы для отделки ячеистого бетона плотностью 350-400 кг/м ³	121
Сеземан Г.В., Сеница М.С., Захарченко П.В., Щербина Н.А., Пивень Н.Н. Высыхание наружных стен из автоклавного ячеистого бетона с системой скрепленной теплоизоляции в процессе эксплуатации зданий	125
Рыхленок Ю.А. Состояние белорусской нормативной базы по применению ячеистобетонных конструкций и перспективы ее сближения с общеевропейской	128
Протасевич А.М., Крутилин А.Б. Навесные (вентилируемые) фасады в каркасных системах с наружными поэтажно опертыми стенами из ячеистого бетона	131
Горшков А.С. Испытания в климатической камере и натуральных условиях ограждающей стеновой конструкции с целью оценки ее срока службы до капитального ремонта	136



Производство ячеистобетонных изделий

ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Голубева Т.Г., заместитель председателя комиссии по жилищной политике, строительству, торговле и приватизации Палаты представителей Национального собрания Республики Беларусь, заслуженный строитель Республики Беларусь; **Малец В.М.**, заместитель министра архитектуры и строительства Республики Беларусь; **Сажнев Н.П.**, канд. тех. наук, помощник генерального директора ОАО «Забудова»; **Сажнев Н.Н.**, заместитель директора по строительству СЗАО «КварцМелПром»

Введение

УДК 666.973.6

За пятидесятилетний период развития ячеистого бетона в Республике Беларусь накоплен огромный опыт в области производства и применения этого уникального строительного материала. Был пройден путь от первых заводов по производству армопеносиликата (г. Орша, Витебская обл.) и пеносиликатальцита (г. Скидель, Гродненская обл.) до новейших заводов, производящих ячеистый бетон по ударно-резательной технологии.

В настоящее время предприятия выпускают ячеистобетонные изделия, отвечающие высоким требованиям Европейских стандартов (EN), а по некоторым показателям и превосходящие их. Например, влажность по массе ячеистобетонных изделий, изготавливаемых по ударной технологии, не превышает 25%.

Для достижения современных объемов и качества готовой продукции необходимо было объединение усилий научно-исследовательских, проектно-конструкторских организаций, машиностроительных и промышленных предприятий, а, порой, и применение жестких адми-

нистративных мер. По вопросам стратегии и тактики развития производства и применения в строительстве силикатных материалов (ячеистый бетон и кирпич) два раза в год проводились расширенные коллегии Министерства промышленности строительных материалов БССР с участием специалистов ведущих институтов: НИПСи силикатобетон, ВНИИстром, НИИСМ, Белгипростром, Белавтоматстром и др. Ежегодно проводились конференции молодых специалистов Прибалтики (Литва, Латвия, Эстония) и Беларуси, на которых профессионалы обменивались опытом и повышали свою квалификацию.

Республика Беларусь в бытность СССР была полигоном по испытанию и внедрению новых отечественных разработок по ячеистому бетону. В 70-е гг. прошлого столетия впервые в СССР и БССР **были построены три крупных комбината по производству ячеистого бетона по вибрационной технологии**, на которых использовалось полностью отечественное оборудование (Гродненский КСМ, Могилевский КСИ и ОАО «Сморгоньсиликатобетон»).

В 80-е гг. минувшего столетия по разработанным в Государственном научно-иссле-

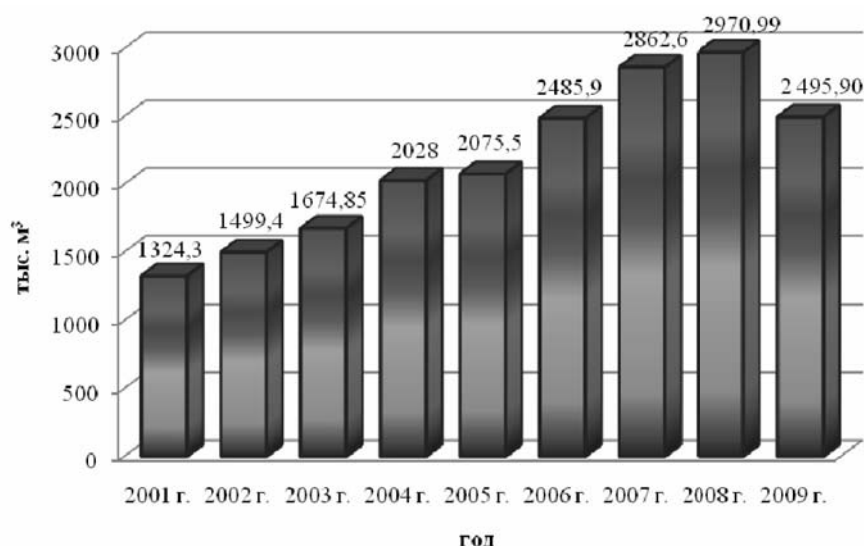


Рис. 1. Динамика роста объемов производства в Республике Беларусь

довательском и проектно-институте силикатного бетона автоклавного твердения «НИПСиликатобетон» (г. Таллинн, Эстония) технологиям предприятия республики одними из первых в СССР **начали изготовление ячеистобетонных изделий по резательной технологии с использованием машин типа «Универсал-60» и «Силбетблок».** В 90-е гг. на предприятиях было **освоено производство ячеистых бетонов по отечественной ударно-резательной технологии.**

Все это в достаточной мере обеспечивало устойчивое, динамичное наращивание объемов производства, расширение ассортимента готовой продукции и области ее применения в строительстве (рис. 1).

До середины 80-х гг. XX века производство изделий из ячеистого бетона в Беларуси было сосредоточено в двух областях – Гродненской и Могилевской, сейчас же оно организовано во всех областях республики. В 1991 г. выпуск изделий составлял 1,7 млн. м³/год, в том числе 0,34 млн. м³ армированных панелей для жилых, промышленных и общественных зданий. Указанный объем ячеистобетонных изделий производился на девяти предприятиях.

Наряду с ленточными панелями для промышленного и гражданского строительства (серия 1.030-1Б и 1.020-1/83) с применением ячеистобетонных панелей по серии 1-434С, а также по серии 88 (Гродненский КСМ и Могилевский КСИ) строились жилые дома и общежития. В 1974 г. на Гродненском комбинате началось производство ячеистобетонных наружных стеновых панелей толщиной 24 см, плотностью бетона 700 кг/м³ и высотой на этаж (размер панели на комнату) для серии дома ГР-116. Из этих элементов в сочетании с панелями внутренних

несущих стен, перекрытий и других деталей заводов крупнопанельного домостроения (КПД) монтировались жилые дома. По данным института Гродногражданпроект, жалоб жильцов на теплозащитные свойства наружных стеновых панелей за 35 лет эксплуатации домов не было.

Однако в дальнейшем производство двухмодульных панелей было прекращено из-за нерациональной загрузки автоклавов – их мощность уменьшалась на 25% по сравнению с изготовлением панелей серии 88. Кроме того, изделия имели пониженную трещиностойкость.

Максимальный выпуск ячеистобетонных изделий в Беларуси в 2008 г. составлял 2,97 млн. м³ (табл. 1). Изготавливались армированные изделия, в основном брусковые перемычки в объеме 8,3 тыс. м³ (ОАО «Забудова») и теплоизоляционные плиты – 28,6 тыс. м³ (Минский КСИ, Могилевский КСИ). Резкое уменьшение выпуска армированных изделий, по сравнению с 1991 г., вызвано отсутствием надежной технологии их производства, нехваткой современных проектов жилых и общественных зданий и увеличением объемов малоэтажного строительства.

Можно предположить, что с освоением каркасного возведения высотных зданий, дефицитом рабочей силы при строительстве, а также необходимостью уменьшения затрат и сокращения сроков строительства, **объемы производства армированных изделий будут возрастать.** Напрашивается вывод, что **комплексное применение как армированных стеновых панелей, плит перекрытий и покрытий, так и неармированных блоков, в том числе и крупноразмерных, должно стать массовым.**

Табл. 1. Производство ячеистобетонных изделий в Республике Беларусь

№	Производители	Продукция, тыс. м ³								
		2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.
1.	ОАО «Забудова»	217,5	226,5	307,65	364,78	360,0	360,4	394,250	419,396	370,2
2.	ОАО «Гомельстройматериалы»	143,2	204,6	246,06	280,48	300,4	339,2	354,995	386,1	348,9
3.	ОАО «Гродненский КСМ»	177,12	213,48	247,17	262,06	262,6	317,8	382,447	406,3	349,8
4.	АП «Минский КСИ»	126,8	157,9	99,60	144,71	162,1	173,2	218,162	204,5	174,6
5.	КП «Могилевский КСИ»	316,5	335,7	295,05	344,69	364,3	382,2	419,262	428,8	405,0
6.	ОАО «Оршастройматериалы»	77,1	81,4	140,48	167,90	186,7	213,8	244,833	236,4	165,6
7.	ОАО «Березовский КСИ»	53,3	56,1	79,30	116,42	126,0	208,1	267,715	260,7	156,4
8.	ОАО «Сморгоньсиликатобетон»	146,6	143,53	179,51	234,96	194,1	335,6	392,020	414,4	287,4
9.	ОАО «Любанский завод стеновых блоков»	66,2	80,2	80,0	112,0	119,3	155,6	188,950	214,4	186,0
10.	ООО «Газосиликат» г. Могилев	–	–	–	–	–	–	–	–	52,0
ИТОГО по предприятиям		1324,3	1499,4	1674,85	2028,0	2075,5	2485,9	2862,6	2970,99	2495,9

Незаслуженно забыто индустриальное производство составных армированных ячеистобетонных изделий, то есть **изготовление крупногабаритных изделий из исходных элементов**. Например, в 1976 г. в г. Гродно был построен 9-этажный жилой дом, в котором использовались железобетонные внутренние стеновые панели и плиты перекрытия домо-строительного комбината, а наружные стеновые панели – из ячеистого бетона размером на одну и две комнаты. Панели собирались на Гродненском КСМ из исходных элементов (мелких панелей) на клею и тяжах, а затем в готовом виде поставлялись на строительную площадку для их монтажа. Построенный дом находится в прекрасном состоянии уже более 30 лет. Это свидетельствует о том, что производство крупногабаритных изделий следует развивать.

В настоящее время мощности белорусских действующих заводов ячеистого бетона составляют 3,0 млн. м³ изделий в год, а с учетом строящихся и вводимых в эксплуатацию в 2010 г. – около 4,0 млн. м³.

Модернизация производства

Первенцем новых технологий и современной продукции улучшенного качества по праву можно считать **ОАО «Забудову» (п. Чисть, Минская обл.)**. Здесь в 1997 г. по технологии фирмы «Хебель» введен в промышленную эксплуатацию завод по производству ячеистобетонных изделий. Проектная мощность УПП «ЗСК» – 200 тыс. м³/год.

Фирмой «Хебель» по проекту (контракту) были заложены требования к исходным сырьевым материалам, особенно к цементу и извести (содержание оксида кальция, кинетика

гидратации, тонкость помола, сроки схватывания, минералогический состав и др.), которые превышали требования ГОСТ, СТБ, и в республике и странах СНГ практически не производились (цемент, известь). Сырье месторождения «Колядичи», применяемое для производства цемента на ОАО «Красносельскцемент», и существующая технология производства клинкера в коротких вращающихся печах не позволяли получить клинкер с коэффициентом насыщения выше 0,9% и цемент с содержанием алита 60-62%. Предприятия строительной индустрии республики не выпускали известь с содержанием оксида кальция более 80%, а кинетика гидратации извести не отвечала требованиям немецкого DIN 1060.

Специалистами инженерно-технического центра ОАО «Забудова» и УПП «ЗСК» в ходе проведения комплекса экспериментальных работ были разработаны рецепты ячеистобетонной смеси для плотностей бетона 350-700 кг/м³ применительно к сырьевой базе Беларуси. Внедрено в производство более 30 рецептов, позволяющих производить ячеистобетонные изделия и конструкции различной плотности и прочности: D350, B1,0; D400, B1,0-1,5; D500, B1,5-2,0; D600, B2,5-3,0; D700, B3,5-5,0.

Завод производит из ячеистого бетона по стандартам Республики Беларусь (СТБ) полный комплект следующих материалов и изделий на дом:

- неармированные блоки (СТБ 1117-98);
- плиты покрытия и перекрытия, панели для внутренних стен и перегородок (СТБ 1989-2009);
- перемычки лотковые и арочные (СТБ 1332-2002);
- стеновые панели (СТБ 1185-99);
- элементы лестниц (СТБ 1330-2002).

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 технологической линии объединена отечественная ударная технология и резательная технология фирмы «Маза-Хенке». По ударной технологии формуют массивы размером 6х1,5х0,6 м, которые после выдержки на постах созревания кантуются на 90° на свой продольный борт и транспортируются на комплекс резательных машин. После разрезки массивов на изделия заданных размеров они запариваются в автоклавах диаметром 3,6 м. Запаренный массив разбирается и далее упаковывается. Годовая производительность линии – 120 тыс. м³ (в цеху установлено три автоклава). В помольном, смесеприготовительном, формовочном, автоклавном отделении была проведена модернизация отечественного оборудования и систем автоматического управления технологическими процессами.

В 2010 г. на Могилевском комбинате силикатных изделий введена в промышленную эксплуатацию вторая новая технологическая линия по производству ячеистобетонных блоков. Годовая производительность линии – 300 тыс. м³. Основное технологическое оборудование (формовочное, резательное и упаковочное) поставлено фирмой «Маза-Хенке». На обеих новых линиях производятся блоки I и II категории (геометрическая точность ±1,0-1,5 мм). Кроме того, на линии типа «Силбетблок» предприятие производит ячеистобетонные блоки III категории (кладка на раствор).

В 2005 г. в **ОАО «Сморгоньсиликатобетон»** проведена реконструкция всего производства ячеистого бетона. В ходе реконструкции 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 оборудование (мельницы мокрого помола песчаного шлама и сухого помола известково-песчаного вяжущего), а также восемь автоклавов диаметром 3,6 м.

На шаровых мельницах была проведена модернизация, обеспечивающая точную дозировку компонентов в мельницу и необходимую тонкость помола песка в шламе и известково-песчаного вяжущего. Удельная поверхность песка в шламе – 2700 см²/г, известково-песчаного вяжущего – 4850-5500 см²/г и песка в нем – 1700-1900 см²/г. На автоклавах установлена современная отечественная автоматизированная система управления гидротермальной обработки ячеистобетонных изделий.

Специалистами ОАО «Забудова», ОАО «Сморгоньсиликатобетон» совместно с представителями фирмы «Маза-Хенке» была разработана конструкция современной ударной площадки грузоподъемностью 15 т. Немецкая фирма изготовила и поставила две ударные площадки. Оптимальное соотношение массы формы со смесью и верхней рамы ударной площадки к массе нижней рамы ударной площадки и массе фундамента, а также специальный профиль эксцентрика кулачкового механизма обеспечили при минимальной высоте максимальную энергию удара. Уровень шума при однофазной работе двух ударных площадок значительно ниже требований санитарных норм.

При пониженном количестве воды затворения и расходе вяжущих материалов (цемента и извести активностью 70%) без применения гипса устойчиво обеспечиваются высокие физико-механические показатели бетона, кроме того, интенсифицируются производственные процессы.

Для сравнения, в ОАО «Забудова» при изготовлении ячеистого бетона по литейной технологии фирмы «Кселла» («Хебель») при аналогичной суточной производительности 1000 м³ используется 50 форм, а в ОАО «Сморгоньсиликатобетон» при ударной технологии – 18 форм. Время выдержки массива до разрезки на изделия заданных размеров, например при плотности бетона 400 кг/м³, составляет в ОАО «Забудова» 5-5,5 часа в камерах с теплоносителем, а в ОАО «Сморгоньсиликатобетон» – 1,5-2,0 часа в камерах без теплоносителя. При вышеназванной плотности ячеистого бетона 400 кг/м³ класс по прочности составляет В1.5-2.0 и морозостойкость F_≥25. Геометрическая точность изделий составляет ±1,0-1,5 мм по высоте, длине и ширине.

В настоящее время после относительно небольшой модернизации существующей технологической линии ОАО «Сморгоньсиликатобетон» приступило к освоению производства армированных изделий (плиты покрытия, перекрытия и стеновые панели) по ударной технологии. Продукция будет использоваться при строительстве энергоэффективных жилых домов по проектам института Гродногражданпроект.

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». Аналогом является резательная технология, освоенная немецкими фирмами «Итонг», то есть массив кантуется на 90° на подставной бортоподдон, разрезается на изделия заданных раз-

меров струнами диаметром 0,8 мм и после автоклавной обработки производится разделение блоков по горизонтальным резам. Используются существующие помольное, дозировочное, смесеприготовительное и автоклавное (автоклавы проходные диаметром 2,0 м) отделения.

Завод выпускает ячеистобетонные блоки плотностью 400-500 кг/м³, прочность на сжатие 2,0-2,5 МПа. Геометрическая точность блоков ±1,5 мм (II категория). Кроме того, предприятие на линии типа «Бобруйск-1,2» производит ячеистобетонные блоки III категории. Обе линии работают по литьевой технологии.

В 2006 г. на **Гродненском комбинате строительных материалов** введена в эксплуатацию новая линия по производству ячеистобетонных блоков типа «WENRHANN SMART». Фирмой «Верхан» был поставлен комплект резательных машин, формы, смесеприготовительное, дозировочное и транспортное оборудование применительно к тупиковым автоклавам диаметром 3,6 м. Помольное и автоклавное отделения (три автоклава), а также ударные площадки (две) используются существующие.

В отличие от линий «Маза-Хенке» типа «Варио-Блок», установленных на Могилевском КСИ и ОАО «Сморгоньсиликатобетон», на линии WENRHANN SMART за счет повторного обратного кантования массива на запорную решетку исключается (удаляется) нижний подрезной слой массива, который в виде обратного шлама возвращается в технологию. После автоклавной обработки отсутствует разделительная машина для готовой продукции. На новой линии предприятие выпускает ячеистобетонные блоки плотностью 400-500 кг/м³, В1,5-2,0. Геометрическая точность блоков ±1,0-1,5 мм. Кроме того, предприятия на линиях типа «Универсал-60» и «Силбетблок» производят ячеистобетонные блоки III категории. Все линии работают по ударной технологии.

В 2009 г. в Беларуси был введен в эксплуатацию ряд новых заводов (цехов) по производству ячеистобетонной продукции.

На **Березовском комбинате силикатных изделий** пущен завод по изготовлению ячеистобетонных изделий с суточной производительностью 1200 м³. Все технологическое оборудование поставлено фирмой «Маза-Хенке». Завод работает по ударной технологии и выпускает блоки плотностью 400-500 кг/м³, В1,5-2,0. Геометрическая точность блоков ±1,0-1,5 мм. Ранее действующее производство ячеистого бетона с использованием резательного комплекса типа «Универсал-60» ликвидировано.

В **ОАО «Красносельскстройматериалы»** введен 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 и выпускает блоки плотностью 400-500 кг/м³, В1,5-2,0. Геометрическая точность блоков ±1,0-1,5 мм.

На **Минском КСИ** выходит на проектную мощность цех по изготовлению ячеистобетонных блоков суточной производительностью 1000 м³. Основное технологическое оборудование поставлено фирмой «Маза-Хенке», автоклавы – российской фирмой «Уралхиммаш». Завод работает по ударной технологии и выпускает блоки плотностью 400-500 кг/м³, В1,5-2,0. Геометрическая точность блоков ±1,0-1,5 мм. Кроме того, на линии типа «Силбетблок» предприятие производит ячеистобетонные блоки III категории.

В **ОАО «Оршастройматериалы»** была произведена модернизация производства, установлен комплект резательного оборудования Воронежского ЗАО «Тяжмехпресс». Геометрическая точность ячеистобетонных блоков составляет ±1,5 мм. Предприятие производит ячеистый бетон по литьевой технологии.

В **ООО «Газосиликат» (г. Могилев)** работает завод по изготовлению ячеистобетонных блоков суточной производительностью 1000 м³. Основное технологическое оборудование выпущено китайской фирмой CHANJZHOU TEEYER ENGINEERING MACHINERY CO. LTD. Завод работает по литьевой технологии и выпускает блоки плотностью 400-500 кг/м³, прочность на сжатие 1,5-2,0 МПа. Геометрическая точность блоков ±1,5 мм.

В настоящее время в **СЗАО «КварцМел-Пром» (п. Хотиславль, Брестская обл.)** ведется строительство нового завода по изготовлению ячеистого бетона суточной производительностью 1450 м³. Все технологическое оборудование поставлено фирмой «Маза-Хенке».

Начаты работы по строительству завода ячеистобетонных изделий в **ООО «Евросиликат» (г. Иваново, Брестская обл.)** с использованием технологического оборудования китайских фирм.

В **ОАО «Гомельстройматериалы»** выпуск ячеистобетонных изделий (блоки III категории) осуществляется с использованием резательного комплекса типа «Универсал-60». Реконструкцию производства планируется провести в 2012 г.

Планируется расширение производства ячеистобетонных изделий в **ОАО «Забудова»**, а также строительство новых заводов в **ООО «Лотос» (г. Мозырь, Гомельская обл.)** и **ООО «Славушка» (г. Климовичи, Могилевская обл.)**.

При дальнейшей модернизации и строительстве новых заводов предусматривается производство ячеистобетонных блоков и армированных изделий для кладки на тонкослойных клеевых растворах. Благодаря устранению так называемых мостиков холода по растворным швам удается в полной мере реализовать высокие теплозащитные свойства ячеистого бетона.

Номенклатура производства

Существующая номенклатура изделий ограничивает возможности архитекторов, а габаритные размеры мелких блоков, являющихся наиболее массовой продукцией, не позволяют поддерживать высокий темп строительства без существенных материальных и людских ресурсов. Кроме того, максимальная длина армированных стеновых панелей, плит перекрытия и покрытия не превышает 6,0 м. Следует отметить, что практически на всех строящихся и ремонтируемых действующих заводах ячеистого бетона планируется производство неармированных изделий. Для изготовления армированной продукции будет необходима дополнительная модернизация технологической линии и строительство арматурного цеха.

Анализ продукции ведущих производителей ячеистого бетона в Европе, из которых в первую очередь следует выделить компании Xella и H+N, показывает, что основной упор в номенклатуре изделий сделан на выпуск крупных блоков для кладки стен, стеновых панелей, плит перекрытий и покрытий длиной до 7,2 м включительно.

В связи с этим представляется целесообразным наряду с увеличением объема производства начать в Беларуси массовое изготовление новых видов продукции: мелких блоков с «карманами» для кладки, крупных стеновых блоков, армированных стеновых панелей вертикальной резки, плит перекрытия номинальной длиной до 7,2 м. Использование этих изделий позволит, по предварительной оценке, по сравнению с традиционными конструктивно-технологическими схемами зданий сократить сроки строительства на 15-20%, снизить трудозатраты на 12-15%, уменьшить удельную стоимость единицы общей площади на 10-12%. Это не только решит проблему дефицита высокоэффективного стенового материала, но и будет способствовать внедрению в практику строительства широкой гаммы гражданских зданий: жилых домов, школ, детских садов, учреждений здравоохранения, административных зданий и других объектов инфраструктуры населенных пунктов.

Нормативно-методическое обеспечение

В Республике Беларусь действуют нормативно-технические документы на всю производимую номенклатуру ячеистобетонных изделий. Издано пособие, предназначенное для специалистов-технологов действующих предприятий и студентов высших и средних специальных учебных заведений, научных работников и специалистов проектных организаций, а также выпущено три издания книги «Производство ячеистобетонных изделий». Действуют нормативно-технические документы по применению ячеистобетонных конструкций и ведется работа по сближению их с европейскими.

Издана монография «Применение ячеистобетонных изделий. Теория и практика», в которой обобщены результаты отечественных и зарубежных исследований в области свойств ячеистого бетона, деформационно-прочностных показателей конструкций и методов их расчета, освещен опыт строительства и эксплуатации зданий в Беларуси.

С целью дальнейшего повышения эффективности производства и применения ячеистобетонных изделий в белорусском строительном комплексе следует продолжить работы по комплексному их применению.

Для снижения стоимости строительства и внедрения энергосберегающих стеновых материалов необходимо продолжить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по снижению плотности автоклавного конструкционно-теплоизоляционного бетона до 350-400 кг/м³ классом по прочности на сжатие В1,5-В2,0 и теплоизоляционного – до плотности 150-250 кг/м³, В0,35-В0,50.

Для выполнения «Комплексной программы по проектированию, строительству и реконструкции энергоэффективных жилых домов в Республике Беларусь на 2009-2010 гг. и на перспективу до 2020 г.» следует предложить разработку проектов энергоэффективных домов с комплексным использованием крупных неармированных блоков, армированных стеновых панелей и плит перекрытия и покрытия из ячеистого бетона, а также освоить производство изделий из конструкционно-теплоизоляционного бетона плотностью 350-400 кг/м³, В1,5 и В2,0.

Применение ячеистобетонных изделий

В результате огромной работы, проведённой в Республике Беларусь, ячеистый

бетон автоклавного твердения занимает доминирующее положение в строительстве как универсальный материал, обеспечивающий высокое качество, а также его конкурентоспособность в сравнении с известными стеновыми материалами.

Дома из ячеистого бетона (от индивидуального жилья коттеджного типа до многоэтажных зданий) строятся во всех регионах страны, а также странах СНГ и Балтии. Например, в Минске коттеджами из ячеистого бетона застроены микрорайоны Большая Слепянка и пр-т Газеты «Известия», Медвежино и др. В г. Москве – микрорайоны Куркино, Митино, Эдем и др.

Ячеистый бетон широко используется в ограждающих конструкциях многоэтажных зданий. В белорусской и российской столицах, других регионах России, а также в стра-

нах Балтии построен целый ряд высотных зданий, в том числе комплекс жилых домов по ул. Мосфильмовская и Большая Филевская, здание посольства Великобритании (г. Москва, Россия) и др.

Уникальным объектом, на котором были применены ячеистобетонные изделия производства «Завод строительных конструкций» ОАО «Забудова», является Национальная библиотека Республики Беларусь, построенная в Минске по проекту УП «Минскпроект».

На обустройство теплового контура высотного книгохранилища и стилобата здания библиотеки было израсходовано 6000 м³ изделий из ячеистого бетона плотностью 400 кг/м³, в том числе 500 м³ армированных панелей толщиной 375 мм, а также перемычек брусовых плотностью 700 кг/м³ в количестве 150 м³.

Заключение

Необходимо отметить, что благодаря усилиям белорусских ученых, проектировщиков, работников предприятий по производству строительных материалов и строителей, ячеистый бетон по праву занял одно из ведущих мест среди современных эффективных материалов для любых типов зданий, удовлетворяющих потребности самого изысканного потребителя. Это свидетельствует о том, что ячеистый бетон в Беларуси выходит на новый уровень своего развития, который обеспечит дальнейшее совершенствование отечественного строительного комплекса и будет способствовать повышению потребительских качеств, надежности и долговечности зданий.

ОПЫТ ФИРМЫ «МАЗА-ХЕНКЕ МАШИНЕНФАБРИК ГМБХ» В ПРОИЗВОДСТВЕ ГАЗОБЕТОННЫХ БЛОКОВ, А ТАКЖЕ АРМИРОВАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ПАНЕЛЕЙ

Иванов А.К., глава представительства фирмы «МАЗА АГ» (Германия) г. Москва

На протяжении своей почти столетней истории фирма MASA прошла путь от традиционного немецкого ремесленного производства до машиностроительной компании международного значения.

В настоящее время группа компаний MASA объединяет несколько заводов в Германии, специализирующихся на проектировании и изготовлении оборудования для промышленности строительных материалов, и имеет представительства по всему миру.

Головной офис, занимающийся как технологическими разработками, так и выпуском оборудования, расположен в г. Андернах на севере земли Рейнланд-Пфальц (Германия).

Masa-Henke Maschinenfabrik GmbH – второй завод с крупным конструкторским центром – находится в г. Порта Вестфалика (Германия). В г. Дорстен (Германия) расположена штаб-квартира технического отдела, проектирующего заводы по производству силикатных изделий.

Кроме того, по всему миру представлены дочерние предприятия, ответственные за сбыт и сервисное обслуживание: в США, Китае, Индии, Италии, на Ближнем Востоке (Дубай), а также в России – представительство для стран СНГ.

Современная производственная программа компании охватывает как комплексную поставку оборудования заводов «под ключ», так и поставку отдельных компонентов для производства строительных материалов:

- вибропрессованных мелкоштучных изделий из бетона, в том числе малых архитектурных форм;
- прессованных декоративных плит мощения;
- прессованных силикатных кирпичей, блоков и панелей;
- ячеистобетонных изделий и конструкций.

Технология производства ячеистобетонных (газобетонных) изделий

В производстве газобетонных изделий высокие требования предъявляются к предварительной подготовке и дозированию сырьевых материалов, контролю процесса ферментации, а также к автоматическому управлению производственными процессами.

Исходным сырьем для изготовления автоклавного газобетона являются кварцевый песок, известь, цемент и, по необходимости, гипс. Кварцевый песок предварительно размалывается в шаровой мельнице мокрого помола до мелкодисперсного песчаного шлама и поступает в шламбассейны со встроенными мешалками.

Необходимое количество шлама, извести, цемента, гипса, алюминиевой дисперсии (смесь воды с алюминиевым порошком или пастой) и воды определяется в соответствии с рецептурой в полуавтоматическом или автоматическом режиме и подается в смеситель. После процесса перемешивания происходит заполнение готовых форм.

Далее формы подаются в зону ферментации, где в смеси в результате химической реакции происходит образование воздушных пор, характерных для данного продукта. Затем газобетонная масса застывает до образования массива.

После достижения массивом прочности, достаточной для разрезания, осуществляется раскрытие форм, и массив подается на линию резки. На отдельных станциях массивы сначала профилируются, а затем подвергаются горизонтальной и вертикальной резке.

Окончательный набор прочности происходит при запаривании газобетонных блоков под давлением водяного пара в автоклавах в течение примерно 13 часов. Давление пара составляет около 12 бар, температура – приблизительно 190 °С. Паровые котлы работают в полностью автоматическом режиме. Благодаря управлению, направленному на оптимизацию технологического процес-

са, возможно рациональное использование энергии. Последовательность процесса запаривания строго регламентирована. Время запаривания определяется достижением определенной прочности и пористости массивов.

После запарки формируются пакеты изделий для их дальнейшей транспортировки (в большинстве случаев на деревянных поддонах), которые на следующей стадии обвязываются или упаковываются в термоусадочную пленку. В зависимости от концепции завода процесс упаковки может осуществляться в полуавтоматическом или автоматическом режиме.

Фирма Masa-Henke Maschinenfabrik GmbH предлагает две технологии производства ячеистобетонных изделий: «Варио-Блок» и «Варио-Панель».

Их основное различие заключается в том, что на линиях «Варио-Блок» массив кантуется на 90° и уже в вертикальном положении поступает на линию резки и далее в автоклавы. Данная система оптимальна для производства блоков.

Система «Варио-Блок» может оснащаться линией армирования «Варио-Панель» с возможностью производства армированных элементов длиной до 6 м.

Неармированные ячеистобетонные изделия отвечают требованиям EN 771-4 (2005), ГОСТ 31360-2007, ДСТУ БВ 2.7-137:2008. Прочностные характеристики по сортаменту составляют в среднем от 2,5 до 5,0 N/мм², плотность в диапазоне от 0,4 до 0,7 кг/м³.

Армированные элементы из ячеистого бетона отвечают требованиям DIN EN 1520. Прочностные характеристики по сортаменту составляют в среднем от 2,5 до 5,0 N/мм², плотность в диапазоне от 0,5 до 0,7 кг/м³.

Технология производства армированных элементов и панелей

При производстве армированных изделий в формы автоматически устанавливаются и фиксируются арматурные каркасы.

Арматурная сталь поставляется в виде растягиваемой рулонной стальной проволоки, которая с помощью специальной машины распрямляется и нарезается на стержни необходимой длины. Заготовки арматуры крапом переносятся на рабочий стол агрегата для сварки арматурных матриц (сеток). Здесь они укладываются в соответствии с типом матрицы, то есть с количеством продольных стержней в ней, в устройство транспортировки продольных стержней арматуры. Устройство транспортировки снабжено скобами, которые переносят продольные стержни в сварочную плоскость между верхним и нижним сварочными электродами агрегата для сварки сеток и каркасов.

Короткий (поперечный) стержень подается автоматически из магазина, который вручную укладывается на продольные стержни. Оба, продольный и поперечный стержни, соединяются электрической контактной сваркой. После приваривания первого поперечного стержня к нему крепится крючок протягивающего устройства, который устанавливает продольные стержни в соответствии с требуемым интервалом (шагом) между поперечными стержнями по сварочной плоскости. В результате автоматической сварки продольных и поперечных арматурных стержней образуются плоские арматурные матрицы.

Сварочный агрегат снабжен блоком программируемого управления, которое обеспечивает необходимые интервалы между стержнями для различных типов матриц.

Для изготовления объемных арматурных каркасов используются распорки, которые соединяют две плоских матрицы в объемный каркас. На специальной машине проволока разматывается, выпрямляется, разрезается и U-образно сгибается. Две таких U-образных заготовки накладываются друг на друга и свариваются, благодаря чему возникает отверстие, в которое позже вставляется металлический стержень для фиксации объемных каркасов в форме.

Из плоских арматурных матриц и распорок сваркой образуют объемный арматурный каркас. Такой каркас состоит из двух плоских каркасов, которые фиксируются рядом друг с другом на расстоянии в соответствии с величиной защитного слоя арматуры и толщиной ячеистобетонного изделия.

Из объемных арматурных каркасов на специальных стендах собираются пакеты арматуры. Металлические стержни для фиксации арматуры в форме покрываются разделительным средством (парафином), которое исклю-

чает сцепление с ячеистобетонным сырьем и обеспечивает свободное, без разрушения сырья массива, извлечение их перед подачей массива на разрезку.

Сборка пакетов происходит вручную с помощью арматурных кронштейнов и металлических стержней.

Собранные арматурные пакеты с помощью крана окунаются в бассейн, заполненный антикоррозионным средством. Бассейн оснащен устройством охлаждения и перемешивания. Температура антикоррозионного средства в бассейне – 20-25 °С. Время пребывания арматурного пакета в бассейне составляет 2-5 мин, время стекания над бассейном антикоррозионного средства – 5 мин.

После окунания пакет извлекают из бассейна и направляют в сушильную камеру. При температуре + 45-50 °С в течение 15-20 мин происходит сушка антикоррозионного средства. Возможна и сушка в естественных условиях цеха. Все зависит от применяемого антикоррозионного покрытия арматуры.

После сушки пакет арматуры готов к использованию и устанавливается в форму, заполненную ячеистобетонной смесью. Далее формы подаются с помощью крана в зону ферментации. Следует отметить, что изготовление армированных изделий несовместимо с применением ударной технологии. Рецептура смеси должна характеризоваться более высоким показателем водотвердого соотношения для поддержания медленного процесса поднятия массива и равномерного распределения смеси между элементами арматуры. Время ферментации увеличивается до 3-4 часов.

Перед резкой массивов из них извлекаются фиксаторы арматурных каркасов, которые после очистки смазываются и снова используются для фиксации. Массивы устанавливаются краном на тележки и подаются на линию резки и далее в автоклавы для набора прочности. Процесс автоклавирования осуществляется с увеличенным временем набора и сброса давления, запаривание удлиняется примерно до 16 часов. Готовые армированные элементы и панели поступают на отдельную линию упаковки для армированных изделий.

В качестве армированных ячеистобетонных изделий могут изготавливаться **дверные и оконные перемычки**, а также **стеновые панели, плиты перекрытия и покрытия**. Армированные изгибаемые конструкции (перемычки, плиты перекрытия и покрытия) из ячеистого бетона обычно применяются в качестве несущих элементов.

Главной особенностью концепции фирмы Masa-Henke Maschinenfabrik GmbH является возможность поэтапного наращивания производительности линии за счет расширения отдельных ее узлов. Производительность оборудования варьируется между 360 и 1,440 м³/сутки – исходя из потребностей клиентов.

Концепция установок позволяет изменять номенклатуру изделий и производительность в зависимости от рыночных требований. Газобетонные установки фирмы Masa-Henke технологически совершенны и проектируются согласно индивидуальным требованиям клиентов. Концепции заводов гарантируют высокую экономическую рентабельность, оптимальный ход технологических процессов и неизменно высокое качество готовых изделий.

Для производства ячеистобетонных изделий на новых заводах при суточной производительности до 1440 м³ рекомендуется комплект технологического оборудования с кантованием массива.

Для реконструкции действующих заводов стран СНГ, где уже имеется горизонтальное расположение массивов и автоклавы диаметром 3,6 м, возможна поставка комплекта оборудования с горизонтальным расположением массива на всех технологических переделах производства.

Фирма Masa-Henke Maschinenfabrik GmbH поставляет как отдельные машины, так и полнокомплектные газобетонные заводы. Клиентам предлагается весь набор сервисных услуг, необходимых для технического сопровождения производства, который помимо монтажа, ввода в эксплуатацию и обучения персонала, включает технологическую поддержку клиентов по выпуску конечной продукции, работу горячей линии сервисного обслуживания, сервисное обслуживание посредством удаленного доступа (модемная связь), а также снабжение запчастями в кратчайшие сроки.

В настоящее время заводы по производству ячеистобетонных изделий на оборудовании фирмы Masa-Henke Maschinenfabrik GmbH работают в Беларуси, России, Украине, Эстонии, Литве, Казахстане, Польше, Германии, Кувейте, Китае, Саудовской Аравии, Арабских Эмиратах и других странах.

Заводы используют **литьевую и ударную технологии** производства ячеистого бетона и применяют различные сырьевые материалы. В частности, завод в Эстонии отличается уникальным применением золы от сжигания горючих сланцев в качестве вяжущего.

Применение изделий

Газобетонные (ячеистобетонные) изделия могут использоваться как в строительстве социального жилья, так и в элитном домостроении. Газобетон – легкий для обработки материал. Он хорошо сверлится, пилится, строгается, гвоздится, штробится обычными плотницкими инструментами.

При строительстве зданий газобетонные блоки и панели используются для возведения стен, газобетонные плиты – для плоских и наклонных кровель, для перекрытий. Простота обработки позволяет изготавливать конструкции различной конфигурации – прорезать дверные проемы и арки, каналы и отверстия под электропроводку, розетки, трубопроводы.

Газобетон наряду с высокой прочностью обладает отличными теплоизоляционными и теплоаккумулирующими свойствами. Заключенный в образующихся пустотах-ячейках (d 1-3 мм) воздух дает исключительный тепло- и звукоизоляционный эффект, превосходящий кирпич в 3-5 раз. Например, стандартные блоки (толщиной 375 мм) по теплопроводности эквивалентны 600-миллиметровой кладке из кирпича. Газобетон отлично подходит к европейским погодным условиям и может использоваться для возведения внешних стен. Они получаются более тонкими, чем кирпичные, что позволяет увеличить площадь помещений.

Газобетон может применяться в качестве несущих конструкций при малоэтажном домостроении и в качестве изоляционного материала при «скелетном» монолитном домостроении. При использовании газобетонных изделий предоставляется возможность отказаться в значительной мере от комбинации различных строительных материалов и многослойных конструкций. Это позволяет избегать ошибок в возведении зданий, часто возникающих при комбинировании различных строительных материалов в одном элементе конструкции.

Газобетон не содержит опасных для здоровья людей компонентов, а также не выделяет в окружающую среду пыль, газы и считается экологически чистым материалом.

Среди стеновых материалов газобетон занимает лидирующие позиции по показателям коррозионной стойкости и огнестойкости. Высокое качество газобетонных изделий обеспечивает снижение последующих монтажных, эксплуатационных и экологических затрат, а также гарантирует долгий, практически неограниченный, срок службы и качество жилья.

ДОМОСТРОИТЕЛЬНЫЕ КОМБИНАТЫ WEHRHANN: ПРОИЗВОДСТВО БЛОКОВ И МОДУЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ГАЗОБЕТОНА, А ТАКЖЕ ФИБРОЦЕМЕНТНЫХ ЛИСТОВ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ЗДАНИЙ

Бонеманн Клаус, канд. тех. наук, президент компании WEHRHANN GmbH

Тема строительства современного комфортабельного энергосберегающего жилья в кратчайшие сроки и с минимальными затратами становится все актуальнее. Жилье должно быть доступным по цене и в то же время иметь превосходные потребительские качества. Этим требованиям в полной мере отвечают здания из газобетонных блоков и модульных элементов.

В настоящее время выпуск газобетонных изделий в значительной мере ограничивается изготовлением блоков. Производство армированной газобетонной продукции развито пока недостаточно. Это оказывает негативное сдерживающее влияние на развитие строительства энергосберегающего и малозатратного комфортабельного жилья из газобетона.

Оборудование WEHRHANN для производства газобетона позволяет выпускать блоки самых разных размеров, с захватными «карманами», профилированные, а также широкий ассортимент армированных изделий. Более того, совместно с немецким партнером WEHRHANN разрабатывает комплексные модульные системы для возведения зданий полностью из газобетонных блоков, панелей и других модульных элементов.

WEHRHANN поставляет также оборудование для производства фиброцементных листов, которые идеально подходят как для внутренней, так и для внешней отделки зданий из газобетона, включая кровельные работы и облицовку домов навесными вентилируемыми фасадами.

Технология WEHRHANN для производства газобетонных изделий: некоторые преимущества и новинки

Некоторые технологические преимущества

Технология WEHRHANN для производства автоклавного газобетона имеет целый ряд существенных преимуществ, обеспечивающих эффективность технологического процесса и высокое качество готовой продукции. Вот лишь некоторые из них.

Безотходная технология производства благодаря инновационной системе кантования WEHRHANN: установка удаления нижнего подрезного слоя массива (линии большой производительности типа superSMART и PLUS) или универсальный кантователь (линии меньшей производительности типа ecoSMART, SMART и ecoPLUS) удаляют нижний подрезной слой массива еще до автоклавирования и возвращают его вместе с обрезками с линии резки в виде термически активного шлама в производственный процесс.

Экономические и экологические преимущества безотходной технологии трудно перео-

ценить. Так, при производительности 1400 м³/сутки экономятся сырье и энергоресурсы, достаточные для производства до 30 000 м³/год. Практически полностью отсутствует проблема утилизации твердых отходов, а также связанных с этим расходов и опасности загрязнения окружающей среды.

Система вертикальной резки позволяет использовать максимально короткие струны для резки массива, что обеспечивает высокоточную резку: допуски по толщине и высоте блоков составляют менее 0,5 мм.

Полностью раскладывающиеся формы WEHRHANN легко чистятся и смазываются с помощью щеточных барабанов, что обеспечивает более равномерную и экономичную смазку, чем методом напыления. Расход масла минимален: не более 0,15 л/м³ = 0,55-0,7 л на одну форму. Борты формы не являются съемными и не используются для автоклавирования массива. Это значительно уменьшает износ форм, соответственно, удлиняя срок их службы.

Специальный стальной поддон для резки и автоклавирования несколько уже, чем массив. Это обеспечивает преимущества при резке (обрезки не налипают на поддон,

а свободно падают вниз в приямок) и автоклавировании (максимально узкие поддоны позволяют рационально использовать рабочий объем автоклавов).

Технологические новинки WEHRHANN

Фирма WEHRHANN разработала и уже внедрила в производственный процесс две новые машины, использование которых дает особые преимущества при производстве стеновых панелей.

Установка разделения сырого массива (рис. 1) открывает горизонтальные разрезы массива сразу после резки, тем самым полностью исключая склеивание блоков и панелей в процессе автоклавирования.



Рис. 1. Установка разделения сырого массива полностью исключает склеивание разрезов в процессе автоклавирования

Установка разработана для линий с горизонтальным автоклавированием массива типа Wehrhahn SMART и superSMART.

Особенно интересна эта новинка в сочетании с **установкой резки супергладких поверхностей**. В отличие от обычной установки резки по толщине, где струны зафиксированы, на установке резки супергладких поверхностей струны подвижны. При этом скорость их движения регулируется в зависимости от скорости движения массива.

В системах типа Durox резка супергладких поверхностей осуществлялась с помощью осциллирующих струн в горизонтальном положении массива. Последнее делало необходимым использование очень длинных струн, в результате чего снижалась точность резки.

Система WEHRHANN позволяет осуществлять резку массива в вертикальном положении с последующим его кантованием в горизонтальное положение и разделением разрезов массива перед автоклавированием.

Результат – очень гладкие поверхности и максимально точные размеры панелей. Декоративная отделка стен возможна без предварительной подготовки поверхностей.

Новинки в системе автоматизации и контроля производственного процесса

К новинкам автоматизации WEHRHANN относятся система PCI, а также целый ряд новых контрольно-измерительных систем, обеспечивающих дальнейшую автоматизацию контроля качества продукции и всего технологического процесса.

PCI (Product Control and Information) – система сбора информации и контроля качества продукта – предназначена для сбора, хранения и анализа детальной информации о продукте в процессе его производства для обеспечения стабильно высокого качества.

Система PCI обеспечивает следующее:

- позволяет быстро обнаруживать причины дефектов продукта и своевременно устранять их;
- облегчает управление производственным процессом и тонкую настройку сложного производственного оборудования.

Система PCI WEHRHANN – это новинка, успешно прошедшая испытание на заводах в Германии и сейчас доступная всем клиентам предприятия. Она включает в себя программное обеспечение для формирования баз данных отдельных производственных участков, программу WEHRHANN Анализатор продукта, которая обеспечивает сопоставление и анализ всех данных о продукте, хранящихся во всех базах данных производственных участков, системы идентификации форм и автоклавных поддонов.

Система PCI имеет три уровня и может дооснащаться в три этапа.

Уровень 1: программное обеспечение для формирования базы данных участков смешивания и автоклавирования уже является частью систем WECOMIX и WACO.

Уровень 2 включает в себя следующие составляющие:

- программное обеспечение для формирования базы данных участков предварительного твердения и резки;
- автоматическую регулировку параметров резки;
- программу WEHRHANN Анализатор продукта;
- систему идентификации форм.



Рис. 2. Установка тестирования массива перед резкой на установке открывания и закрывания форм

Уровень 3 содержит следующие моменты:

- программное обеспечение для формирования базы данных участка упаковки;
- автоматическую регулировку параметров упаковки, например, при смене формата продукта;
- систему идентификации автоклавных поддонов.

Новинки автоматизации WERNHANN – контрольно-измерительные системы для новых и уже существующих заводов.

Система измерения высоты и температуры массива, изменяющихся во время предварительного твердения.

Установка тестирования массива перед резкой (рис. 2) измеряет прочность и температуру массива после предварительного твердения для определения его готовности к резке.

Датчик уровня шлама в емкостях (рис. 3) предотвращает перелив жидкости в емкостях.

Модульное строительство и производство модульных элементов из газобетона на оборудовании WERNHANN

Модульное строительство из газобетонных модульных элементов

Использование блоков, панелей и других модульных элементов из автоклавного газобетона позволяет строить дома в максимально сжатые сроки. Так, индивидуальный дом площадью 150 м², включая внутренние перегородки, полы и кровельные перекрытия, может быть смонтирован бригадой из трех человек всего за одну неделю.

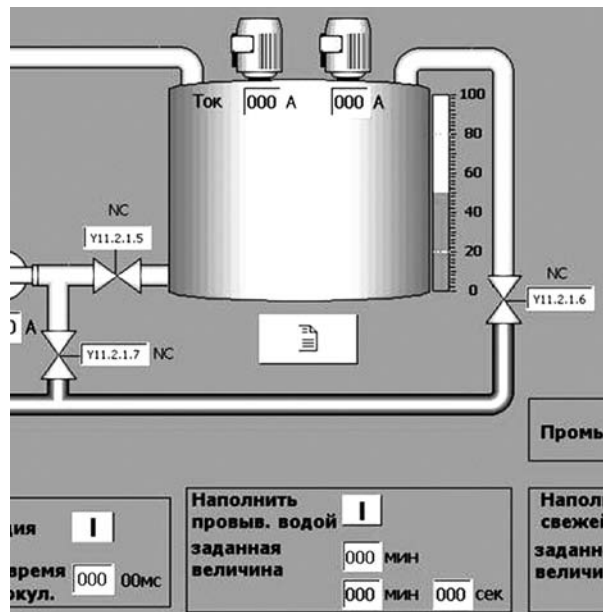


Рис. 3. Визуализация показаний датчика уровня шлама на мониторе оператора

Модульное строительство требует определенных навыков и знаний и особенно рекомендуется для серийного применения при возведении следующих конструкций:

- коттеджей и таунхаусов;
- многоэтажных домов;
- школ, больниц и т.п.;
- стен небоскребов (очень популярно в Китае);
- стен и кровельных перекрытий в стальных или бетонных каркасах при строительстве торговых центров, спортивных сооружений и промышленных зданий.

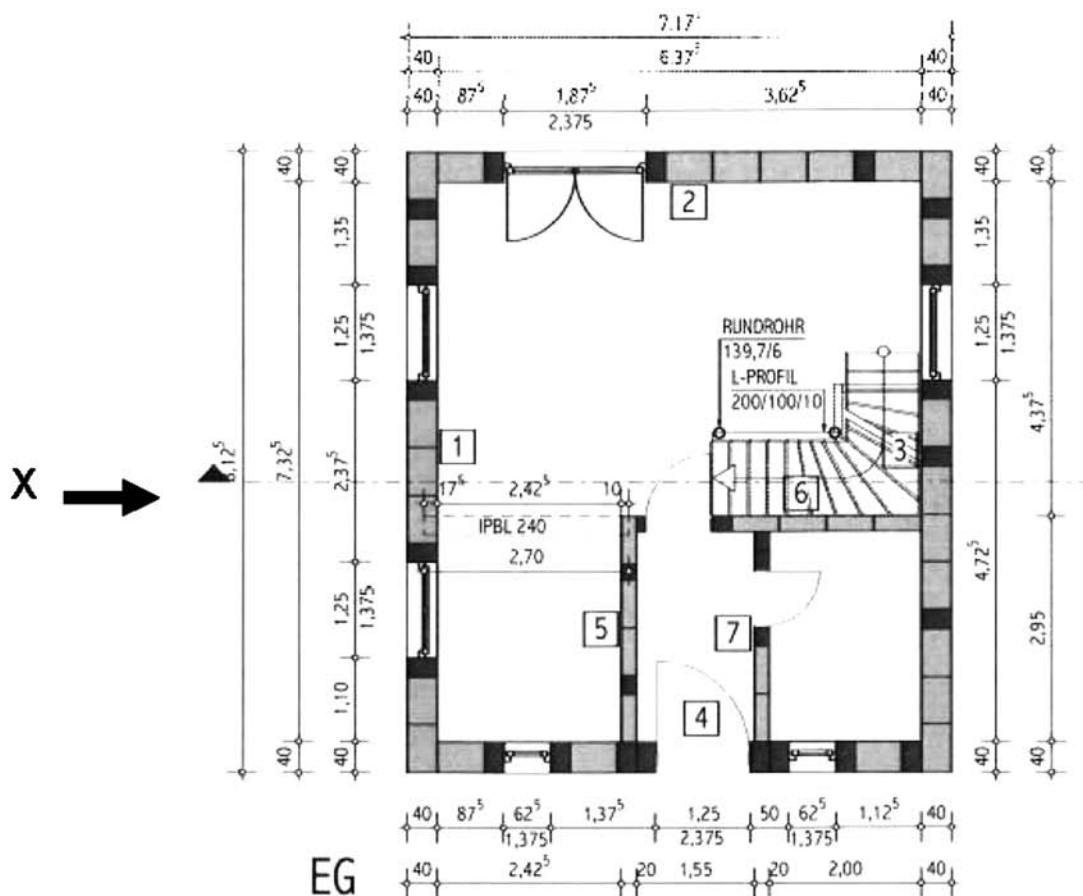
Производство и успешная продажа панелей и модульных элементов предполагает тесное сотрудничество с архитекторами, проектировщиками и застройщиками. Так, здания должны быть специально спроектированы для модульного строительства, чтобы избежать необходимости резки панелей на строительной площадке.

В тандеме с немецким партнером специалисты WERNHANN разработали проекты нескольких типовых домов, полностью монтируемых из газобетонных модульных элементов, которые могут изготавливаться на оборудовании WERNHANN.

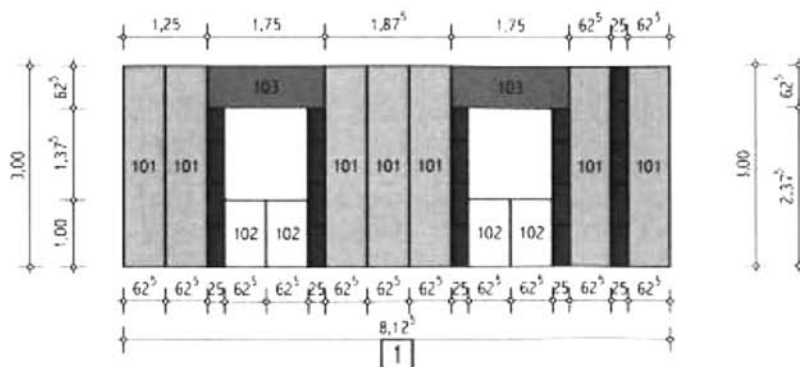
Проектирование типового дома для модульного строительства включает в себя раскладку всего здания (стен, перекрытий, крыши) на отдельные строительные элементы и маркировку всех элементов.

Затем составляется спецификация, то есть перечень всех используемых в строительстве дома элементов с указанием их ха-

Рис. 4. Горизонтальная проекция дома



Вид со стороны X



рактических (размеры, объем, вес, поверхностная нагрузка и т.д.) и количества (рис. 4). После этого проводится расчет статических нагрузок на панели и, соответственно, расчет арматуры на основании местных нормативов, учитывающих существующие условия, например снеговую и ветровую нагрузку, степень сейсмической активности земной коры и т.д. Проведение работ по расчету нагрузок и сертификации продукции организует само предприятие-изготовитель.

Производство модульных элементов из газобетона на оборудовании WEHRHANN

На всех заводах WEHRHANN наряду с производством блоков возможно изготовление полного ассортимента армированных изделий: стеновых панелей, плит покрытий и перекрытий, перемычек. WEHRHANN проектирует и поставляет все необходимое для этого оборудование: производство арматуры, участок ан-



Рис. 5. Автоматическая сварка арматурных сеток

тикоррозийной обработки, установку арматуры в форму, распиловку и упаковку панелей.

Процесс производства панелей аналогичен изготовлению блоков за исключением участка армирования. Стальная арматура обеспечивает достаточную прочность панелей. Вид армирования зависит от назначения панелей и может быть следующим:

- несущие панели (перегородки) армируются, как правило, тремя одиночными арматурными стержнями, обеспечивающими достаточную для транспортировки прочность панелей;
- для армирования несущих панелей используются арматурные сетки или арматурные каркасы.

Арматура производится на специальном участке. Она также может поставляться субпоставщиками на завод в уже готовом виде.

Правильно-отрезной станок разматывает и выпрямляет арматурную проволоку и режет ее на продольные и поперечные стержни необходимой длины. Автомат сварки арматурных сеток, управляемый автоматически или вручную, приваривает поперечные стержни к продольным (рис. 5). Получаются сетки необходимой длины и ширины, соответствующие заданным размерам и прочности плиты. Для несущих плит из двух арматурных сеток свариваются каркасы, при этом используются распорки с отверстиями, которые фиксируются на специальных штифтах.

Смонтированные арматурные каркасы подвергаются антикоррозийной обработке путем их погружения в специальный раствор и последующего просушивания.

Готовые арматурные каркасы фиксируются на несущей раме арматурных каркасов, которая затем погружается в уже частично заполненную форму, после чего форма заполняется полностью.

При производстве армированных изделий несколько меняется рецептура: повышается содержание воды в смеси, чтобы удлинить процесс предварительного созревания массива для предотвращения образования пустот по арматурным стержням.

Перед резкой штифты, удерживающие несущую раму арматурных каркасов, вынимаются из массива и удаляются вместе с рамой. На линии резки может осуществляться фрезерование профилей «паз-гребень» (плиты покрытий для кровельных работ), а также заливочного паза для сцепления между собой плит перекрытий (рис. 6).



Рис. 6. Сортировка и палетирование готовой продукции

Время автоклавного твердения панелей на 2-3 часа длиннее в силу того, что нагреванию подвергаются два материала с разной теплопроводностью. При этом автоклавная кривая должна быть ступенчатой.

Фиброцементные листы: производство на оборудовании WERNHANN, качественные характеристики и сферы применения

Заводы WERNHANN для производства фиброцементных листов

Важным направлением деятельности WERNHANN является производство и поставка оборудования для изготовления фиброцементных листов. Первая машина для производства фиброцементных листов WERNHANN была построена еще в 1934 г. Сейчас фирма

WERNHANN построила более 100 фиброцементных заводов по всему миру.

WERNHANN поставляет оборудование для производства фиброцементных листов как воздушного, так и автоклавного твердения.

Фиброцементные листы **автоклавного твердения** производятся с использованием первичной целлюлозы и песка. Для изготовления фиброцементных листов **воздушного твердения** используются синтетические волокна и целлюлоза. Листы воздушного и автоклавного твердения имеют различные качественные характеристики, соответственно, отличаются и сферы их применения.

Автоклавные и неавтоклавные фиброцементные листы могут прессоваться. Прессование увеличивает плотность и прочность листов, а также их устойчивость к перепаду температур (мороз – оттепель). Прессование обеспечивает очень гладкую поверхность.

Существуют разнообразные возможности конечной обработки листов: шлифование поверхностей и кромок, покраска или пигментирование листов, нанесение фактуры под дерево, натуральный камень и т.д.

Сегодня для многих рынков сбыта предпочтительны небольшие линии, которые могут расширяться по мере роста спроса на продукцию. Модульная система WERNHANN удовлетворяет это пожелание инвесторов: малые начальные инвестиции, постепенное расширение рынка сбыта и рост производства без покупки новой линии.

Начав производство на 2-цилиндровой листоформовочной машине, можно позже дооснастить ее до 5-6-ти сетчатых цилиндров. Транспортировка с помощью вилочного погрузчика впоследствии может быть полностью ав-

томатизирована путем установки дополнительного оборудования. Даже участок прессования листов может быть установлен позднее без изменений на участке производства непрессованных листов.

Качественные характеристики и сферы применения фиброцементных листов

Фиброцемент – **экологически чистый** строительный материал на основе цемента, в состав которого входят натуральные и синтетические волокна.

Фиброцемент обладает **водо-, жаро- и морозостойкими** свойствами, является **долговечным и простым в застройке** материалом: он может пилиться, сверлиться, прикручиваться гвоздями.

Гофрированные и плоские фиброцементные листы – это широкая палитра самых разнообразных продуктов с очень большими возможностями применения в современном строительстве: крупногабаритные листы и сайдинг самых разных цветов и фактуры, черепица, кровельная плитка. Вентилируемые фасады, подвесные потолки, внутренние перегородки, черепичные кровли, заборы и ограждения – это неполный перечень сфер применения фиброцементных листов.

Сферы применения фиброцементных листов воздушного и автоклавного твердения несколько отличаются. Так, листы **воздушного твердения** оптимально подходят для изготовления кровельных материалов, а также для всех сред, где листы подвержены непосредственному воздействию суровых погодных условий. Листы **автоклавного твердения** широко используются для

внутренних работ (навесные потолки, стены-перегородки, основа под плитку, облицовка стен и т.д.) Обработанные специальным покрытием подобные листы используются для отделки фасадов (рис. 7), в качестве основы под штукатурку, для обшивки стен внакрой.



Рис. 7. Фасад из фиброцементных панелей: эстетично и долговечно

МОДЕРНИЗАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ЛИНИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА ТИПА НЕВЕЛ И УНИВЕРСАЛ

Антонов Андре, менеджер по продажам HESS AAC Systems B. V.

Многие заводы, производящие автоклавный газобетон по технологиям НЕВЕЛ и УНИВЕРСАЛ, построены в 70-90-х гг. и до сих пор работают на оборудовании того времени. В связи с большим износом оборудования эти заводы сталкиваются с проблемами обеспечения качества производимой продукции и потери объемов производства из-за простоев. По этой причине теряется часть покупателей, которые предпочитают приобретать более качественную продукцию у производителей, работающих без перебоев. Поэтому просто необходимой оказывается модернизация оборудования, поскольку в большинстве случаев (в силу технических или финансовых ограничений) создание нового производства невозможно.

Помимо денежных и материальных вложений открытие нового производства требует много времени, что глобально увеличивает затраты из-за простоя производства и потери клиентов. В подобных случаях модификация существующей линии НЕВЕЛ оказывается самым правильным решением. За последние несколько лет компания Hess AAC Systems B.V. доказала свою компетентность в улучшении существующего резательного оборудования НЕВЕЛ и УНИВЕРСАЛ: в результате повышаются и качество конечного продукта, и надежность производства.

Существуют две различные технологии резки массива: резка кантованного массива и резка массива в вертикальной позиции (с кантованием). Производственные процессы технологии НЕВЕЛ и УНИВЕРСАЛ основаны на технологии первого типа, согласно которой блок во время резки находится в горизонтальной (плоской) позиции.

Модернизация резательной линии по технологии Hebel

Hess уже усовершенствовала многие подобные системы. Объем модернизации зависит от состояния существующей линии и финансовых возможностей заказчика. Цель работы компании заключается в том, чтобы повысить качество выпускаемой продукции без инвестиций в совершенно новое резательное оборудование.

В объем модернизации могут входить следующие компоненты:

- комплект для переоборудования установки поперечной резки с двойными качающимися валами и пневматической системой натяжения струн (рис. 1) и системой обнаружения обрыва струн;
- комплект для переоборудования установки вертикальной резки с системой пневматического натяжения струн (рис. 2) для индивидуального натяжения струн и системой обнаружения обрыва струн;
- комплект для переоборудования гидравлической станции;
- комплект новых приводов для резательной установки;
- комплект новых управляющих рельсов (верхних и нижних) и зубчатых реек;
- устройство нижнего профилирования массива с комплектом резачков контурной обработки;



Рис. 1. Двойные качающиеся валы с пневматической системой натяжения струн



Рис. 2. Продольная резка с системой пневматического натяжения струн

- комплект запчастей для резательного стола (направляющих для игл в сборе, внутренних ламелей типа «Т» и др.);
- новая система управления на базе SIEMENS S7 со шкафами управления, датчиками, кабелями и пультами управления.

Модернизированная линия резки будет работать следующим образом.

Резка

Существующий кран опускает массив, не прошедший автоклавную обработку, на существующий резательный стол. Существующие подъемные устройства поднимают новые двойные качающиеся валы для выполнения поперечной резки. Устройство пневматического натяжения струн обеспечивает непрерывное натяжение струн, чтобы сохранить равномерное распределение силы в процессе прохождения струн сквозь массив. Существующий резательный стол, который поддерживает массив во время резки, состоит из двигающихся (поперечных) мостов, поддерживающих массив в центре каждого среза, сделанного поперечной резкой.

Существующая резательная тележка тянет новые прямоугольные иглы через стол для того, чтобы произвести вертикальную резку стационарно закрепленными струнами, натянутыми новым устройством с пневматическими цилиндрами.

Верхний слой (горбушка) снимается существующим вакуумным колпаком.

Щитки, покрывающие поперечные перекладины решетки автоклавной обработки, защищают эти перекладины от накопления остатков, отпадающих от массива во время резки. Щитки открываются гидравлическим цилиндром путем нажатия рычага. Существующий механизм поднятия решетки открывает длинные задвижки, которые обеспечивают защиту основным U-каналам. Эти задвижки приводятся в действие силой тяжести.

Управляемый вручную кран поднимает одновременно решетку автоклавной обработки и массив с резательной установки. Цикл завершен, когда существующий кран кладет новую пустую решетку на стол, защитные задвижки закрыты, и состав с поперечно-режущим механизмом сдвинут назад за резательный стол в свое первичное положение, струны находятся в нижнем положении между мостами резательного стола.

Кран поднимает раму с массивом из этого положения и кладет на тележку.

Контурная обработка (профилирование)

При контурной обработке нижней части массива существующий кран поддерживает массив над отдельной установкой нижней контурной обработки вдоль резательной установки. Центрирование массива между станцией контурной обработки и резательной установкой обеспечивается существующими стержнями на боковых створках формы. В зависимости от фактического состояния этих стержней может потребоваться некоторая модернизация. Новые центрирующие опоры располагаются рядом с устройством нижней контурной обработки, в котором эти стержни задействованы, в тот момент, пока на резательном столе число сегментов, направляющих иглы, будут иметь отверстия для центрирования тех же самых стержней на створках формы.

Для обеспечения такой последовательности контурной обработки будет задействован существующий кран, что может привести к увеличению времени цикла в зависимости от прочих заданий, для которых может потребоваться данный кран.

Помимо возможности нижней контурной обработки массива лезвие неконтурной обработки может быть использовано для резки идеально гладкого низа массива для получения наиболее точной основы для самых точных размеров во время резки на резательном устройстве и исключения воздействия любых отклонений размера заливной формы.

Верхнее профилирование массива производится прежним образом на резательном столе.

Запчасти

Кроме обеспечения запчастями заводов, после модернизации компания Hess AAC Systems B.V. также поставляет запчасти для существующих заводов типа HEBEL. Для рынка стран СНГ запчасти поставляются со склада ООО «ХЕСС Тула» в г. Тула, Россия. Таким образом гарантируется быстрая и надежная поставка запчастей и расходных материалов.

Реконструкция резательной машины по технологии УНИВЕРСАЛ

Если линии по технологии HEBEL в большинстве случаев можно переоборудовать и модернизировать вышеуказанным образом, то ли-

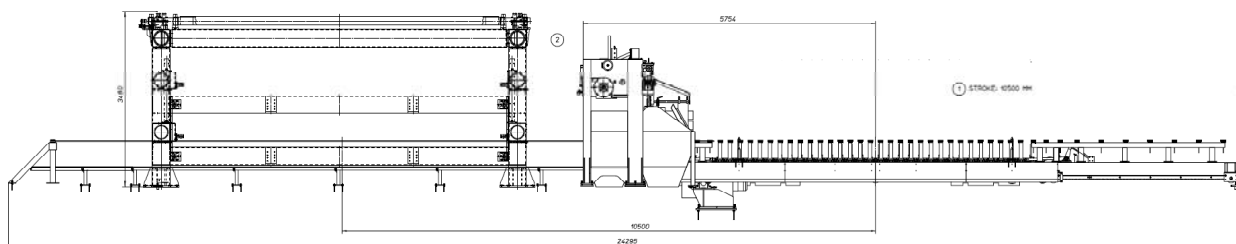


Рис. 3. Резательный стол HFC-2

нии УНИВЕРСАЛ требуют полной замены резательного комплекса. Для таких целей компания Hess AAC Systems B.V. разработала новый резательный стол HFC-2 (рис. 3) с двигающимися мостами, исключаями слипание при поперечной резке, с двойными качающимися валами, а также с пневматической системой натяжения струн и системой обнаружения обрыва струн.

Кроме того, в объем реконструкции входит устройство для удаления верхнего остаточного слоя и опционально система нижнего и верхнего профилирования. Такая реконструкция была реализована в 2007 г. на заводе компании AEROC A.S. Эстония.

Система HFC-2 отличается от системы NEBEL тем, что на HFC-2 резательный стол передвигается, а струны закреплены на стационарные иглы.

Реконструкция дает ряд следующих производственных преимуществ:

- двигающиеся мосты на резательном столе позволяют уплотнять массив после поперечной резки и разделять после вертикальной (продольной), позволяя тем самым улучшить качество резки за счет снижения слипания, что приводит к значительному сокращению отходов производства;
- фрезеровка верхней горбушки дает возможность ее автоматического удаления в зеленом состоянии, что уменьшает количество ручного труда и повышает качество продукции;
- нижняя и верхняя станции профилирования позволяют производить профилированную продукцию нового образца;
- пневматические натяжители поддерживают неизменное натяжение струн во время поперечной и вертикальной резки, а также вместе с направляющей системой обеспечивают высокую точность размеров блока;
- диапазон размеров производимых блоков расширен;
- индивидуальное натяжение струн для обеспечения более высокого качества резки;
- быстрая замена струн, которая сокращает время монтажа и уменьшает производственные потери;
- уменьшение времени простоя благодаря высокой надежности оборудования;

- простая и быстрая покупка запасных частей за счет того, что в оборудовании используются современные и стандартные компоненты Siemens и т.п.

Технологический процесс резательного комплекса HFC-2 выглядит следующим образом.

Резка

Кран опускает решетку на резательный стол, который затем передвигается на противоположную сторону под установку поперечной резки. Рама поперечной резки с режущими струнами опускается вниз.

Существующий кран опускает массив на резательный стол.



Рис. 4. Резательный стол HFC-2 с двигающимися мостами

Режущие струны, которые закреплены на двух качающихся валах и натянуты пневматическим устройством, двигаются снизу вверх в противодействии через массив. Таким образом, режущие силы распространяются равномерно с плавным результатом резки. Резательный стол, на котором лежит массив во время резки, состоит из двигающихся мостов (поперечных), которые поддерживают массив в центре каждого разрезаемого слоя, образующегося во время поперечной резки (рис. 4).

После поперечной резки между слоями образуется небольшое расстояние. Оно удаляется путем сближения движущихся мостов. Это позволяет снизить риск того, что углы блоков будут испорчены во время вертикальной и горизонтальной резки. Приводной механизм, установленный под столом, двигает каждый мост по отдельности. Поэтому сила сжатия, действующая на блоки, равномерно распределена и позволяет избежать высокого давления незатвердевших блоков друг на друга, как в случае, если слои сближаются с помощью толкателя (рис. 5), находящегося снаружи массива.



Рис. 5. Толкатель резательного стола HFC-2

Неподвижный (закрепленный) мост поддерживает центральную часть массива; другие мосты двигаются в различных направлениях, чтобы заполнить интервалы между рядами блоков.

Резательный стол с массивом двигается в другую сторону стола, и струны, натянутые устройством с пневматическими цилиндрами и закрепленные на стационарные прямоугольные иглы, производят вертикальную резку. Толкатели предотвращают повреждение в конце блока, когда струны и верхнее режущее лезвие выходят из массива.

Одновременно верхний слой снимается фрезой, состоящей из вращающегося шнека, который в свою очередь отделяет отходы в сторону. Во избежание засорения конвейера верхний слой должен быть 40-50 мм толщиной. Отходы собираются в шламканале. Более маленькие частицы отходов остаются на продукции даже после среза верхней горбушки (особенно если сделан верхний профиль и отходные материалы остаются в расщелинах между профилями). Эти отходы собираются в секции разделения массива. При завершении режущего процесса мосты стола открываются для возвращения к исходной позиции, снова оставляя маленькие зазоры в местах поперечного среза.

Это минимизирует риск слипания блоков во время автоклавной обработки. Конечные слои удаляются вручную из резательной машины с обеих сторон. Двигающиеся мосты поддерживают оба конечных слоя.

После резки решетка поднимается, затем кран поднимает одновременно решетку с массивом с резательного стола. Цикл завершен, когда кран, поднимающий решетку, положил новую пустую решетку на стол, защитные задвижки закрылись, а груз с поперечно-режущим механизмом был отогнан назад за резательный стол к своей первичной позиции, когда струны в низком положении между мостами резательного стола. Новая система управления и программное обеспечение гарантируют современный технологичный регулируемый процесс.

Профилирование – ниже

Нижнее профилирование производится до резки на станции рядом с резательным столом. Существующий кран позиционирует массив над устройством нижнего профилирования. Центрирование массива на устройстве нижнего профилирования осуществляется с помощью штырей, находящихся по бокам формы. Наряду с устройством нижнего профилирования устанавливаются центрирующие элементы, в которые входят упомянутые выше штыри.

Помимо возможности профилирования можно альтернативно использовать непрофилированные ножи и получать гладкую нижнюю поверхность. Таким образом, гарантируется высокая точность при резке. Кроме того, исключаются негативные последствия, образующиеся из-за деформации нижней части формы.

Рабочий цикл устройства нижнего профилирования, за исключением центрирования массива, составляет около 45 сек. Как правило, нижнее профилирование происходит одновременно с резкой другого массива, таким образом, не ожидается увеличение общего рабочего цикла.

Верхнее профилирование массива производится прежним образом на резательном столе.

Расширение продукции для производства армированных изделий

Резательные комплексы резки горизонтально лежащего массива типа HEBEL и HESS также позволяют резку таких армированных изделий, как панели и перемычки. Кроме того, для изготовления армированных изделий требуется оборудование для произ-

Табл. 1. Оборудование для производства U-образных блоков

Описание	Оборудование	Оценка
Вырезка U-канала ленточной пилой	Ленточная пила	<ul style="list-style-type: none"> • небольшие инвестиции; • маленькая производительность; • ручное производство; • производство с отходами
Автоматическое производство U-образных блоков линии вырезки	Линия вырезки и фрезерования	<ul style="list-style-type: none"> • большие инвестиции; • средняя производительность; • полуавтоматическое производство; • производство с отходами
Ручное склеивание U-образных блоков из трех плит	Оборудование для склеивания (пистолет, шланги, плавильная установка)	<ul style="list-style-type: none"> • небольшие инвестиции; • маленькая производительность; • ручное производство; • безотходное производство
Полуавтоматическое оборудование для склеивания U-образных блоков из трех плит	Оборудование для склеивания (стол с гидравлическими устройствами, пистолет, шланги, плавильная установка)	<ul style="list-style-type: none"> • средние инвестиции; • средняя производительность; • полуавтоматическое производство; • безотходное производство

водства стальной арматуры и каркасов, оборудование и подъемное устройство для покрытия арматуры, оборудование и подъемное устройство для фиксации арматуры и вставки в форму.

В зависимости от местных условий и предписаний заказчика компания Hess AAC Systems B.V. разрабатывает и поставляет раз-

личные технические решения для производства подобного рода (табл. 1).

Компания Hess AAC Systems B.V. поставляет оборудование для производства U-образных блоков. Ленточные пилы постоянно имеются в наличии на складе ООО «ХЕСС ТУЛА». Остальные виды оборудования поставляются на заказ в короткие сроки.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАЦИОНАЛЬНОЙ АССОЦИАЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА

Левченко В.Н., президент НААГ, директор ООО «Производственно-Строительное Объединение «Теплит»

Второе дыхание производству автоклавного ячеистого бетона в России придало появление на ее территории: в Санкт-Петербурге, Новосибирске, Липецке и Самаре – первых предприятий, оснащенных импортными технологическими линиями, которые позволили выпускать изделия с качеством, не уступающим мировому уровню. Последнему соответствует высокая точность геометрических параметров изделий, лучшие физико-механические показатели, а также широкая номенклатура продукции. Ведущее место в ней принадлежит производству неармированных продуктов – мелких и крупных блоков. Крупногабаритная продукция представлена армированными изделиями – перемычками и плитами перекрытий и покрытий.

Особенно интенсивным рост производства автоклавного газобетона стал после 2000 г., когда стали появляться новые предприятия в Свердловской области, Санкт-Петербурге, Ярославле, Воскресенске, Воронеже, Москве, Омске и других городах. В последние годы введено в эксплуатацию 24 завода, находятся в разной степени готовности еще более 20 предприятий, оснащенных современными технологическими линиями.

Изделия из автоклавного ячеистого бетона находят широкое применение в строительстве. Их успешно используют для возведения ограждающих однослойных конструкций толщиной 300-500 мм в соответствии с современными требованиями к тепловой защите. В строительстве малоэтажных зданий автоклавный газобетон удачно совмещает несущие и ограждающие функции.

Вместе с тем, перед отраслью стоит ряд проблем, сдерживающих как ее развитие, так и более широкое использование продукции из автоклавного газобетона. В первую очередь, это **поэлементный подход к проектированию тепловой защиты зданий**, предъявляющий завышенные требования к теплозащите ограждающих конструкций. Во вторую – сохраняющиеся в ряде документов **завышенные значения равновесной влажности ячеистых бетонов**, приводящие к завышению расчетной теплопроводности. Важным сдерживающим фактором является и отсутствие современного нормативного документа, раскрывающего возможности и особенности конструкций из автоклавного газобетона пониженных, по сравнению с прежними годами, плотностей.

Для решения проблем, стоящих перед отраслью, в июне 2008 г. в Санкт-Петербурге была зарегистрирована Национальная Ассоциация Производителей Автоклавного Газобетона (НААГ). Базовыми задачами НААГ стали **разработка и пересмотр нормативно-технической документации на автоклавный газобетон**, обмен опытом в области производства и применения, продвижение автоклавного газобетона на рынке, подготовка аналитической и статистической отраслевой информации и др.

Одним из первых рабочих органов Ассоциации стал научно-технический совет (НТС). В его функции входит проведение научно-исследовательских работ в области производства и применения автоклавного газобетона, разработка и внесение исправлений в нормативно-техническую документацию, экспертная оценка технических новинок, предлагаемых к внедрению,

систематизация научно-технической информации и доведение ее до предприятий отрасли и др.

Основной текущей задачей Ассоциации является разработка документа с рабочим названием «Пособие по проектированию и применению ограждающих конструкций из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения для жилых и общественных зданий в Российской Федерации». В Пособии должны быть учтены требования ГОСТ 31359-2007 и 31360-2007, а также богатый позитивный и негативный опыт использования автоклавного ячеистого бетона последних десятилетий. Особого внимания заслуживают вопросы теплотехнических характеристик кладки, отделки (особенно наружной) и конструктивные решения, опыт применения которых статистически успешен.

Работает Ассоциация также над вопросами **применения ячеистых бетонов в сейсмических регионах строительства**, к которым относится в той или иной степени почти половина территории страны; в стадии отработки находятся вопросы формирования комплексного предложения изделий для малоэтажного строительства.

Мы живем в быстро меняющемся мире и стремимся оперативно реагировать на возникающие новые вызовы. Члены Ассоциации прекрасно понимают, что решение проблем, стоящих перед отраслью, возможно только в тесном сотрудничестве с научными кругами, проектными организациями, крупнейшими ВУЗами страны, а также другими производителями строительных материалов. Ассоциация открыта для сотрудничества со всеми заинтересованными сторонами.

ПРОИЗВОДСТВО ГАЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ В УКРАИНЕ В 2009 г.

УДК 666.973.3: 666.973.6

Мартыненко В.А., канд.тех.наук, доцент, зав. лаб.; **Морозова Н.В.**, н.с.; **Бурейко С.В.**, м.н.с.; **Серета С.Ю.**, м.н.с.; **Курочкин М.В.**, м.н.с., лаборатория ячеистых бетонов, Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, г. Днепропетровск, Украина

В настоящее время для решения вопросов энергосбережения в строительстве необходим комплексный подход при производстве строительных материалов, строительстве и эксплуатации отапливаемых зданий. Известно, что значительную часть стоимости возведения промышленных и гражданских зданий составляют затраты на материалы. Поэтому весьма эффективным способом сокращения стоимости строительства является уменьшение материалоемкости конструкций и снижение их массы.

Изделия из автоклавного газобетона изготавливаются средней плотностью 300-600 кг/м³ и прочностью от 1,5 до 5,0 МПа. Таким образом, они могут использоваться в качестве стенового материала в ограждающих конструкциях. Теплопроводность автоклавного газобетона в 3-4 раза меньше, чем у кирпича и керамзитобетона и в 8 раз меньше, чем у тяжелого бетона. Его можно использовать в однослойных ограждающих конструкциях во всех климатических зонах Украины.

Особенность ограждающих конструкций, выполненных из газобетона, – отсутствие в них «мостиков холода». Газобетон – несгораемый материал, и изделия из него удовлетворяют различным классам по огнестойкости. Он обладает высокой способностью к поглощению звука. Дома, построенные из автоклавного газобетона, практически вечны, а изделия из газобетона технологичны в обработке. Из него можно изготавливать строительные конструкции различной конфигурации. Автоклавный газобетон – экологически чистый материал.

К сожалению, несмотря на уникальность комплекса свойств этого стенового материала, в Украине развитие производственной базы автоклавного газобетона остается на низком уровне. Государственная программа «Развитие производства ячеистобетонных изделий и их применение в массовом строительстве Украины на 2005-2011 гг.» была отменена постановлением Кабинета министров Украины № 143 от 25 февраля 2009 г. Согласно программе производство газобетонных изделий и их использование в строительстве за 2005-2011 гг. должно было достичь в многоэтажных конструкциях 30-50%, а в строительстве малоэтажных индивидуальных домов – 60-80% от объема используемых стеновых материалов в этих зданиях.

Эту программу разрабатывали десятки ведущих специалистов страны из основных НИИ и академических ВУЗов, привлекались для консультаций специалисты из Польши, Германии и Беларуси.

Не разобравшись в сущности и перспективах использования в строительстве энергосберегающего стенового материала на стадиях производства и строительства и, главное, на стадии эксплуатации зданий, чиновники предыдущего правительства перечеркнули труд многих специалистов и перспективы производителей. Да и сама программа не выполнялась.

Одним из основных и важных вопросов программы было разви-

тие машиностроения – разработка и производство своего отечественного основного технологического оборудования для линий газобетонных изделий. Это могло бы привлечь на наши машиностроительные заводы заказы на сотни миллионов гривен, что в рамках Украины является очень актуальным вопросом. Так, ежегодно в мире строится несколько десятков заводов по производству газобетонных изделий автоклавного твердения. В них используется технологическое оборудование зарубежных фирм, в основном Германии и Китая. Китай ежегодно производит более 600 автоклавов, опередив машиностроительные предприятия России и Германии. За весь срок независимой Украины изготовлено три автоклава по проекту академии.

Лаборатория ячеистых бетонов ПГАСА впервые в Украине выполнила предпроектные и проектные работы по разработке технологии и основного технологического оборудования для реконструкции цеха силикатного кирпича, а также для строительства первой украинской линии, в которых используется только отечественное технологическое оборудование. В последнем проекте были заложены энергосберегающие решения, которые по основным показателям лучше, чем в проектах зарубежных фирм. В Украине есть своя технология и основное технологическое оборудование для строительства линий газобетонных изделий малой (200-300 м³/сутки) и средней производительности (600-800 м³/сутки). Этого достаточно для строительства региональных заводов в ряде областей Украины, в которых нет действующих заводов.

С 2001 по 2007 гг. в Украине наблюдался положительный прирост изготовления изделий из газобетона автоклавного твердения.

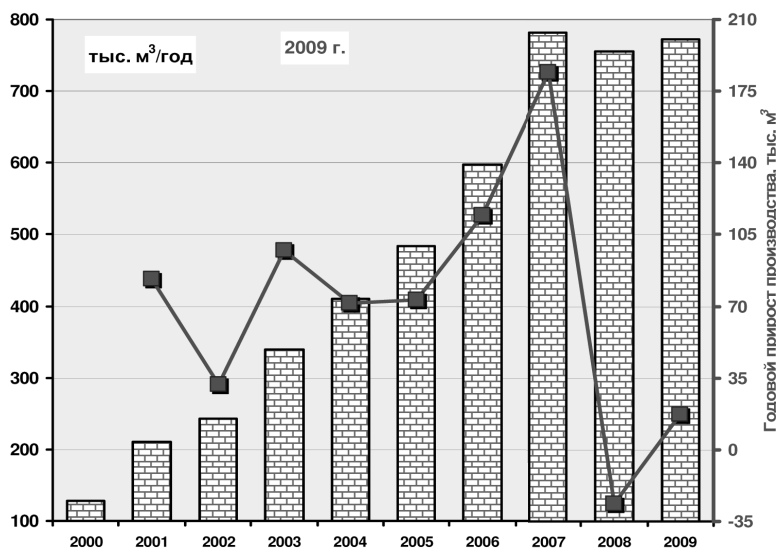
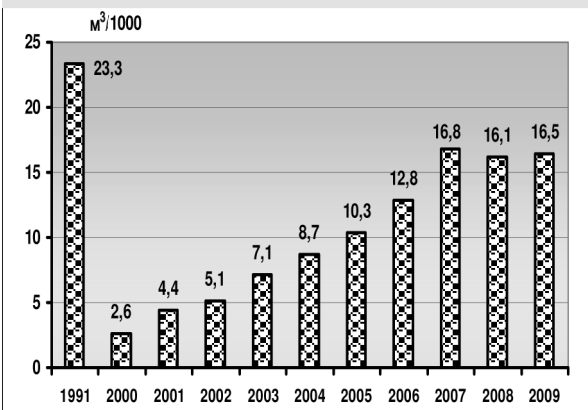


Рис. 1. Объемы, прирост и снижение производства газобетонных изделий автоклавного твердения в Украине за последние годы

а) производство газобетонных изделий в Украине



б) производство газобетонных изделий в ближайших странах в 2007 и 2008 гг.

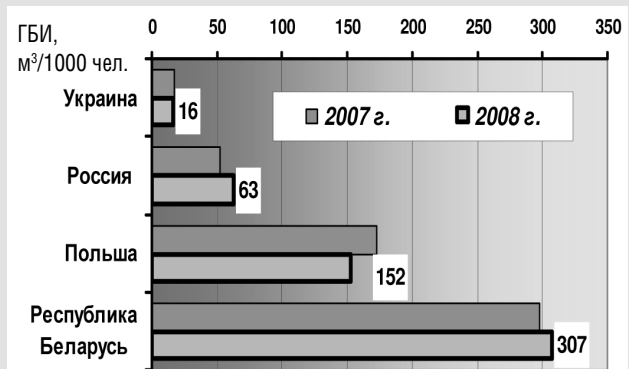


Рис. 2. Удельное производство газобетонных изделий автоклавного твердения на тысячу человек

В 2008 г. произошло незначительное снижение объема, а в 2009 г. было изготовлено 782 тыс. м³ изделий, то есть наблюдалось незначительное повышение производства по сравнению с предыдущим годом (рис. 1).

Тем не менее, по удельным показателям объема производства Украина отстает от России и Беларуси. Даже в период максимального выполнения строительно-монтажных работ и строительства жилья (2007 г.), объемы выпуска газобетонных изделий в Украине и удельное производство их на тысячу человек находилось на низком уровне (рис. 2).

Кризисный 2009 г. существенно повлиял на объемы производства стеновых материалов, снизив его в целом примерно на 40%. Спад в большей степени коснулся керамического и силикатного кирпича. Объем производства газобетонных изделий остался примерно на прежнем уровне (см. рис. 1), что обусловлено двумя основными причинами:

- потребители все-таки учитывают вопросы эксплуатационного энергосбережения и удельной стоимости единицы возводимой стены;
- в предыдущие годы (2008-2009 гг.) введен ряд новых производств с современными технологиями, которые обеспечивают изготовление качественных изделий, соответствующих современным требованиям.

Все это обеспечило появление на рынке новых производителей с развивающейся дилерской сетью по большей части Украины,

и сейчас уже наблюдается определенная конкуренция между производителями газобетонных изделий.

В целом долевое потребление газобетонных изделий в сегменте стеновых материалов в современном строительстве в 2009 г. возросло с 10 до 18% (рис. 3).

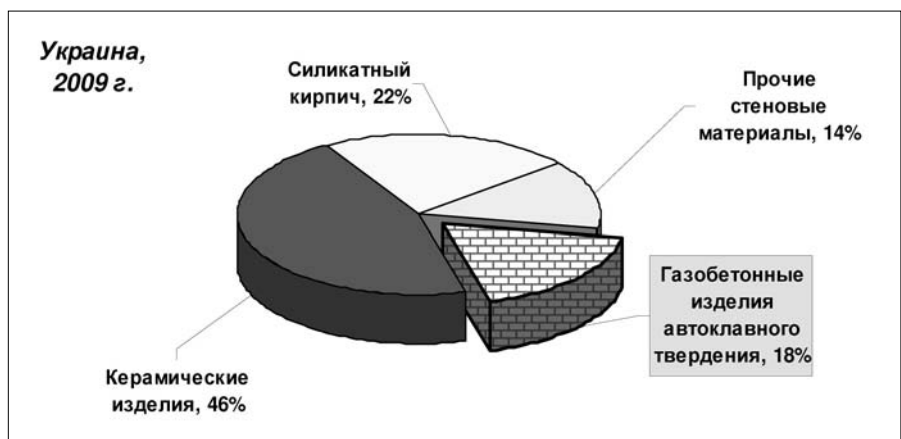


Рис. 3. Примерное долевое распределение стеновых материалов в 2009 г. в Украине

Долевое производство газобетонных изделий украинскими предприятиями в 2009 г. представлено на рис. 4. Прошедший год был сложным и противоречивым для производителей газобетонных изделий в Украине. В частности, наблюдалось региональное демпферное снижение цен на продукцию, поскольку на рынке появился свободный объем качественных изделий. Такая ситуация связана с организацией новых предприятий в стране, наращиванием суммарной производственной мощности, которая достигла примерно 3 млн. м³/год. Три новых высокопроизводительных завода сосредоточены в Киевской области. В восточном и западном регионах страны нет заводов средней производительности. Это касается и западных областей Украины.

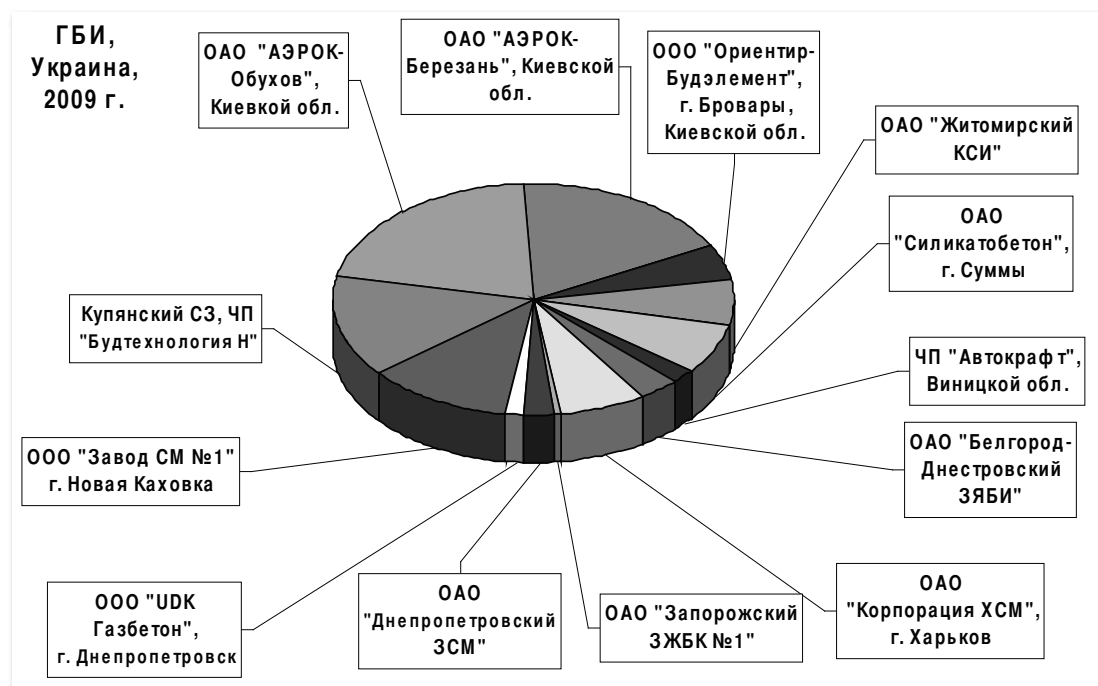


Рис. 4. Долевое производство газобетонных изделий предприятиями Украины в 2009 г.

В 2009 г. основными производителями газобетонных изделий стали ООО «АЭРОК-Обухов» и ООО «АЭРОК-Березань». Последнее предприятие было запущено в 2008 г., на его линии установлено высокопроизводительное современное технологическое оборудование фирмы «Хесс». На предприятии «АЭРОК-Обухов» в прошлом году состоялся пуск новой второй линии по производству газобетонных изделий. Общая производительность предприятий «АЭРОК» в Украине теперь составляет 700 тыс. м³/год.

В прошлом году начал выдавать качественную продукцию новый завод ООО «Ориентир-Будэлемент» (г. Бровары, Киевская обл.). Это третье крупное предприятие, которое обеспечивает столичное украинское строительство качественными стеновыми изделиями. Значительный объем продукции произвело ЧП «Будтехнология Н».

Как уже отмечалось, в центральном регионе Украины реализован проект с использованием только украинского технологического оборудования. В 2008 г. был закончен монтаж первой очереди основного оборудования для линии производства газобетонных изделий. Проектом предполагается поэтапное освоение производительности завода, поскольку это позволит снизить первоначальные капитальные затраты. Консультации по проектно-технологическим работам сопровождала научно-исследовательская лаборатория ячеистых бетонов ПГАСА. Разработку первого украинского основного технологического оборудо-

вания, стоимость которого значительно меньше импортного, выполнила лаборатория ячеистых бетонов и ЧП «ИНТеРБудМа».

В проекте заложены энергосберегающие решения, которые не уступают предложениям проектов зарубежных заводов. Например, коэффициент загрузки отечественных автоклавов составляет 0,45, а коэффициент металлоемкости автоклавного оборудования – около 1,0. Поэтапная реализация технических и энергосберегающих проектных решений позволяет достичь минимальных энергетических затрат на автоклавную тепловлажностную обработку газобетонных изделий в проектах подобных технологий. Соответственно, удельные инвестиционные затраты в этом проекте меньше, чем в проектах с использованием зарубежного технологического оборудования.

В ноябре прошлого года начало производственную апробацию технологического оборудования ООО «UDK Газбетон» (г. Днепропетровск, Украина). На технологической линии установлено современное оборудование фирмы «Маза-Хенке» с годовой производительностью газобетонных изделий 300 тыс. м³. За последние месяцы прошлого года была изготовлена партия пробной продукции (5 тыс. м³), которая реализована в центральном регионе страны. В этом году планируется окончательная отладка технологии.

В южном регионе Украины в 2009 г. работала линия газобетонных изделий ООО «Завод строительных материалов» (г. Новая Каховка, Херсонская обл.). Его годовая проектная произ-

водительность составляет 440 тыс. м³. Проектом завода на одном из этапов освоения производительности намечается изготовление армированных газобетонных изделий.

Строительная корпорация «Консольбетон» (г. Симферополь, АР Крым) закончила поставку и монтаж оборудования фирмы «Хесс» для производства газобетонных изделий. После ввода новых пяти предприятий возрастает доля изготовления газобетонных изделий точных размеров. Эта продукция позволяет возводить наружные термоэффективные стены с толщиной кладочного шва в 1-3 мм, что обеспечивает эффективную и энергосберегающую эксплуатацию отапливаемых зданий и сооружений.

Таким образом, в последние годы в Украине построены и находятся в стадии технологической доводки пять новых заводов. Общая годовая производительность всех линий и заводов составит примерно 3 млн. м³. Такой показатель обеспечит приблизительный объем производства в 55-65 м³/1000 чел., что вполне достаточно для начального уровня развития производства газобетонных изделий.

Абсолютным лидером по изготовлению газобетонных изделий является Беларусь, где за последние пять лет производство этой продукции увеличено примерно на 1 млн. м³, достигнув показателя 3 млн. м³/год. В России за последние годы построено более десяти современных заводов, что позволило увеличить производство газобетонных изделий более чем на 2 млн. м³/год. Это обеспечило удельное производство газобетонных изделий на том минимальном уровне (50 м³/1000 чел.), который специалисты считают началом эффективного использования этой продукции в строительстве. Планируется также довести использование газобетонных изделий в качестве основного стенового материала в индивидуальном малоэтажном строительстве с 7% (2007 г.) до 33% в 2015 г.

По мнению российских специалистов, до 2015 г. развитие рынка газобетонных изделий России для малоэтажного строительства будет происходить за счет вытеснения кирпичной продукции. Если по итогам 2007 г. доля кирпичных (а также бетонных) зданий составляла 53% от общей площади возводимого жилья, то к 2010 г. этот показатель снизится до 20%, а к 2015 г. – до 2,6%. Соответственно, планируется введение новых заводов и наращивание объемов производства газобетонных изделий, что будет

способствовать достижению среднего уровня удельного производства (100 м³/1000 чел.).

Польша не снижает уровень производства газобетонных изделий. Так, в 2007 г. было выпущено 5,55 млн. м³, а в 2008 г. – 4,9 млн. м³. Это уровень достаточного удельного производства газобетонных изделий. Здесь наблюдается их широкое использование во всех видах строительства. Газобетонные изделия – основной стеновой материал, который позволяет снижать материал- и энергоёмкость строительства жилых, общественных, производственных и сельскохозяйственных зданий (рис. 5).



Рис. 5. Долевое использование стеновых материалов в строительстве зданий в Польше

Наши соседи успешно и эффективно используют газобетонные изделия для возведения однослойных ограждающих стен в отапливаемых зданиях. Это обусловлено как свойствами газобетона, так и простотой кладки стен при гарантированном и правильном ее выполнении. Обязательным условием является соединение изделий стен на растворах с толщиной шва в 1-3 мм. Только такое возведение стен обеспечивает эффективное использование теплозащитных свойств газобетона, что порой нельзя отнести к наружным стенам в возводимых в Украине зданиях, в том числе в Днепропетровске. Кладка изделий здесь выполняется на обычном цементном или известковом растворе с толщиной шва в 12-15 мм, что повышает коэффициент теплопередачи ограждающих стен примерно на 30-35%. Это не может быть эффективным использованием газобетонных изделий в ограждающих стенах возводимых зданий.

Таким образом, для эффективного развития отрасли автоклавного газобетона нужно приложить еще много усилий, начиная с результативной работы Минрегстроя Украины, вклада научных работников, в том числе и в разработку нормативной документации, специалистов производителей, и заканчивая действиями строителей на стройплощадках.

СТРАТЕГИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОДУКЦИИ АЕРОС ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УСЛОВИЯМ ПРИБАЛТИКИ И СКАНДИНАВИИ

(тезисы доклада)

Я. Паплавскис, канд. тех. наук, член наблюдательного совета Aeroc International AS

На рынок строительных материалов Прибалтики и Скандинавии сориентированы заводы Aeroc International AS, расположенные в Латвии и Эстонии. При выборе стратегии реализации продукции автоклавного ячеистого бетона с торговым знаком АЕРОС учитывались следующие основные обстоятельства:

- наличие острой конкуренции на рынке стеновых материалов в условиях, когда предложение превышает спрос;
- необходимость поставки на рынок максимально широкой номенклатуры ячеистобетонных изделий, включающей стеновые блоки, перегородочные плиты, U-образные блоки, армированные перемычки и панели;
- необходимость поставки стеновых блоков для наружных стен с объемной массой 300 кг/м³ для экономии энергозатрат при эксплуатации зданий.

Техническая оснащенность современных заводов по производству изделий из автоклавного ячеистого бетона позволяет поставлять на рынок строительных материалов продукцию с практически одинаковой номенклатурой, точностью геометрических размеров и объемной массой. Поэтому при реализации изделий во многих случаях определяющим является их цена. Некоторые поставщики в этих условиях занимаются так называемым демпингом цен. Однако это не может обеспечить успех в более длительной перспективе. Поэтому Aeroc International AS **основное внимание уделяет рекламе своего бренда или торгового знака, сотрудничеству с проектными, строительными и торговыми организациями и предложению клиентам максимальных комплексных услуг.**

Ячеистобетонные изделия выгодно отличаются от своих конкурентов (например, керамзитобетонных блоков, кирпича и многопустотных керамических блоков) тем, что наряду с неармированными изделиями могут изготавливаться армированные перемычки, стеновые панели, а также плиты перекрытия и покрытия. Это успешно используется в странах Евросоюза (Голландия, Германия, Финляндия и др.). В то же время необходимо отметить, что в среднем в Евросоюзе производство армированных изделий составляет всего около 6% от общего объема производства ячеистого бетона. Это объясняется с одной стороны спецификой рынка в той или иной стране, а с другой – необходимостью учитывать, что производство армированных изделий является более трудоемким и дорогим процессом по сравнению с производством неармированных изделий.

В докладе приводятся более подробные данные о технологическом процессе производства армированных перемычек и плит перекрытия и покрытия, выпускаемых на заводе Aeroc AS в Эстонии. До 2010 г. заводом изготавливались только армированные перемычки, однако, начиная с 2010 г., учитывая спрос рынка, производятся также и армированные панели перекрытий и покрытий для односемейных домов. Расчет и конструирование армированных изделий производился на основании Европейского стандарта EN 12602:2008 «Prefabricated reinforced components of autoclaved aerated concrete».

Более подробная информация о номенклатуре и технических характеристиках армированных изделий, выпускаемых на заводе Aeroc AS в Эстонии, приведена на сайте www.aeroc.com.

В целом стратегия Aeroc International AS по вопросу производства и применения армированных изделий из ячеистого бетона на рынке Прибалтики и Скандинавии заключается в том, что армированные изделия выгодно дополняют применение неармированной продукции, увеличивая тем самым их конкурентоспособность.

В докладе затрагиваются также вопросы производства и применения составных панелей из ячеистого бетона размером на одну и две комнаты и высотой на этаж. Производство таких панелей в разное время осуществлялось в Германии, Польше, Чехословакии, Швеции и СССР.

Особое внимание Aeroc International AS уделяет вопросу снижения объемной массы изделий, так как от этого зависит величина теплопроводности изделий для наружных стен.

В странах, климат которых близок к климату стран Прибалтики и Скандинавии, из общих энергоресурсов около 25% расходуется на транспорт, 25% – на промышленность и 50% – на отопление зданий и подготовку теплой воды. Учитывая что источники энергии постоянно дорожают (особенно газ и нефтепродукты), вопросы энергосбережения приобретают особую актуальность. В первую очередь это касается энергосбережения в строительстве.

В жилых зданиях около 20% от количества общих теплопотерь составляют теплопотери через наружные стены. Это весьма существенная часть общих теплопотерь, поэтому в докладе более подробно изложены возможные пути снижения энергозатрат в производстве и применении автоклавного ячеистого бетона.

Начиная с 2009 г. все страны Евросоюза для существующих и вновь проектируемых зданий должны иметь энергосертификат, в котором указаны общие энергозатраты (отопление + вентиляция + подготовка горячей воды + электроэнергия) на 1 м² жилой площади в год. Кроме того, в энергосертификате должен быть указан класс энергоэффективности жилого дома. Например, наивысшим классом энергоэффективности является класс А с общими энергозатратами не более 120 кВт·час – на 1 м² жилой площади в год. Отметим, что средний показатель в Швеции для односемейных до-

мов составляет 150 кВт·час/м², а нормируемый в Эстонии – 180 кВт·час/м².

Требование, когда лимитирующим являются общие энергозатраты на 1 м² жилой площади, меняет подход к выбору величины коэффициента теплопроводности R (м²К/Вт), так как в этом случае он носит не нормативный, а рекомендательный характер. Тем не менее, в странах Скандинавии и Прибалтики установлены очень высокие рекомендуемые величины коэффициента теплопередачи R (м²К/Вт) для наружных стен. Так, в Финляндии он составляет 5,88, в Литве – 5, в Эстонии – от 4 до 5, в Латвии – 3,33 м²К/Вт. Для сравнения отметим, что в Российской Федерации для региона г. Санкт-Петербург требуемое R (м²К/Вт) – 3,08.

Для обеспечения R = 5,88 (м²К/Вт) однослойная стена должна иметь толщину 500 мм и объемную массу ячеистого бетона 300 кг/м³. Если вместо однослойной стены предлагать двухслойную с дополнительным утеплением, то это снижает по стоимости 1 м² стены конкурентоспособность ячеистого бетона. Поэтому завод Aeroc AS в Эстонии, начиная с 2009 г. освоил производство наружных стеновых блоков AEROC EcoTerm Plus с объемной массой 300 кг/м³ средней прочностью на сжатие 1,8 Н/мм² и коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,072$ (Вт/мК) в сухом состоянии материала.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЗАВОДА АВТОКЛАВНОГО ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА НА ПРИМЕРЕ ОАО «АЭРОК ОБУХОВ»

Рудченко Д.Г., председатель правления ОАО «Аэрок Обухов»

В 2007 г. в Украине основной объем производства газобетонных изделий автоклавного твердения составляла продукция, выпущенная на технологических линиях, разработанных еще в СССР, в том числе на резательных комплексах «Универсал». Общий объем производства изделий в 2007 г. составил 780 тыс. м³ (рис. 1) [1]. Из них порядка 55% – это продукция, выпущенная на резательных комплексах «Универсал».

Соответственно, основные производители могли предложить потребителю продукцию, которая по своим параметрам и характеристикам (точность геометрических размеров, объемная масса и др.) существенно отличалась от изделий, выпускаемых на зарубежных технологических линиях с использованием современного оборудования.

В 2008-2010 гг. ситуация на рынке Украины существенно изменилась, были вве-

дены в эксплуатацию новые предприятия, работающие на современном сверхточном оборудовании с использованием новейших технологий производства (табл. 1).

В этом году планируется ввод в эксплуатацию еще двух заводов в Южном регионе Украины, так что положение на рынке газобетона в Украине сегодня существенно изменилось. На рис. 2 представлены результаты оценки рас-

- 1) ОАО "ОЗПВ"
- 2) ОАО "Житомирский КСИ"
- 3) ОАО "Силкатобетон" г. Суммы
- 4) ОАО "Харьковский ЗЖБК-З"
- 5) ОАО "Б-Днестровский ЗЯБИ"
- 6) Купянский СЗ, ЧП "Будтехнология Н"
- 7) ОАО "Черниговский ЗСМ"
- 8) ОАО "Луганский КСМ"
- 9) ООО "Форум ДС"
- 10) ОАО "Запорожский ЗЖБК №1"
- 11) ОАО "Днепропетровский ЗСМ"

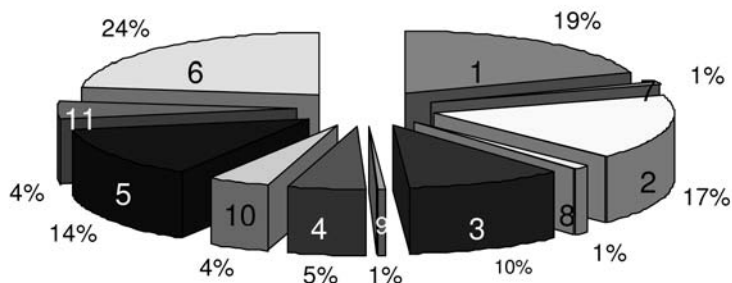


Рис. 1. Доли распределения объемов производства изделий из автоклавного газобетона между предприятиями Украины в 2007 г.

Табл. 1. Наименования новых предприятий. Мощность технологических линий

№	Наименование	Год ввода в эксплуатацию	Технологическая линия	Максимальная проектная мощность линии, м³/год
1	ООО «Аэрок», г. Березань, Киевская обл., Украина	2008	Hess, Германия	450 тыс.
2	ОАО «Аэрок Обухов», г. Обухов, Киевская обл., Украина	2009	WEHRHANN Smart, Германия	180 тыс.
3	ОАО «Завод строительных материалов №1», г. Н. Каховка, Херсонская обл., Украина	2008	Durox, Голландия	450 тыс.
4	ООО «Ориентир Будэлемент», г. Бровары, Киевская обл., Украина	2009	Hoetten, Германия	400 тыс.
5	ООО «ЮДК», г. Днепропетровск, Украина	2010	Masa-Henke, Германия	300 тыс.

- 1) АЕРОС
- 2) ОАО "Завод строительных материалов", Каховка
- 3) ООО "Ориентир Будэлемент", Бровары
- 4) ООО "ЮДК", Днепропетровск
- 5) Другие производители, в т.ч. старые линии
- 6) ОАО "Завод железобетонных конструкций", Харьков

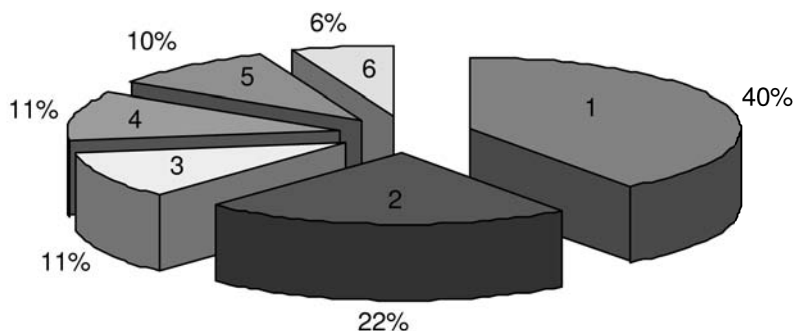


Рис. 2. Распределение сегментов рынка реализации газобетона в Украине за первый квартал 2010 г.

пределения сегментов рынка реализации газобетона в Украине среди основных производителей за первый квартал 2010 г.

Основная конкуренция на украинском рынке сегодня идет между предприятиями, работающими с использованием нового или модернизированного технологического обо-

рудования. В связи с этим сложилась ситуация, когда заводы, работающие на устаревшем оборудовании, должны предпринимать действия, направленные на модернизацию существующей технологии производства, либо на установку нового высокоточного оборудования.

На примере реконструкции завода ОАО «Аэрок Обухов» можно отследить как модернизацию действующей технологической линии «Универсал-60», так и внедрение нового оборудования немецкой фирмы WEHRHANN в существующую инфраструктуру завода.

ОАО «Аэрок Обухов», ранее – ОАО «Обуховский завод пористых изделий» г. Обухов, Киевская обл., Украина, был введен в эксплуатацию в 1994 г. и оснащен резательным комплексом «Универсал-60» проектной мощностью 80 тыс. м³/год при условии двухсменного режима работы. Основным видом выпускаемой продукции были мелкоштучные стеновые и перегородочные блоки плотностью 600 кг/м³ с классом бетона по прочности В2,0.

В 2008 г. завод вошел в международный газобетонный субхолдинг Aeroc International AS группы компаний «ЛенСтройРеконструкция» (ЛСР). С этого момента на предприятии начались крупномасштабные работы по модернизации существующего технологического оборудования «Универсал-60» и технологии производства с целью снижения объемной массы и выпуска изделий, отвечающих требованиям для кладки на клей. Продолжены работы по вводу в эксплуатацию параллельно с линией «Универсал-60» линии WEHRHANN Smart (введена в эксплуатацию в августе 2009 г.).

Рассмотрим все изменения, сделанные на линии «Универсал-60», а также работы, проведенные при вводе в эксплуатацию линии WEHRHANN Smart, более подробно.

Технология производства

Ранее выпуск изделий осуществлялся без применения двуводного гипса. На данный момент предприятие изготавливает продукцию, применяя классическую технологию с использованием в качестве добавки двуводного гипса CaSO₄*2H₂O. Эта технология применяется как на технологической линии «Универсал-60», так и на линии WEHRHANN Smart. На обеих линиях производятся изделия плотностью 400 и 500 кг/м³ с классом бетона В2,0 (нижняя граница прочности бетона на сжатие – 2,9 МПа) [2]. Ранее, как уже было отмечено, на линии «Универсал-60» выпускались изделия с объемной массой 600 кг/м³ с классом бетона по прочности В2,0.

Подготовка сырьевых материалов – помольное отделение

Помольное отделение обеспечивает шламом и вяжущим обе линии. Оно состоит из трех мельниц МС 10,5х2 (изготовитель

«Волгоцеммаш»), одна из которых футерована металлической броней и предназначена для сухого помола извести и песка, а две другие футерованы резиновой броней и предназначены для мокрого помола песка и гипса.

Для повышения производительности мельниц их внутренняя футеровка была изменена. Также было установлено дополнительное оборудование, позволяющее увеличить скорость подачи материалов в мельницу. Успешно применяются интенсификаторы помола.

Смесительное отделение

Участок дозирования и смешивания линии «Универсал-60»

Для использования в качестве газообразователя алюминиевых паст (вместо порошков ПАП-1 и ПАП-2) были изготовлены две емкости с вращающимися лопастями. При использовании двух различных емкостей значительно улучшается технологический процесс приготовления алюминиевой суспензии: пока из одной емкости идет отбор суспензии для заливки, во второй емкости суспензия приготавливается и усредняется.

Для точного дозирования суспензии установлен мембранный насос и система клапанов. Ранее алюминиевая суспензия поступала в дозатор самотеком, что негативно влияло на точность ее дозировки. Кроме того, установлена вторая емкость для возвратного шлама, что позволяет использовать его в производстве с гарантированными показателями по плотности.

Модернизирована газобетонотемшалка СМС-40б – в ней изменена конструкция перемешивающего вала и увеличены его обороты, что положительно повлияло на свойства перемешиваемой смеси.

Разработана и внедрена автоматизированная система контроля температуры заливаемой смеси. С помощью специальных датчиков измеряется температура всех используемых материалов, и в зависимости от заданного В/Т отношения автоматически рассчитывается необходимое для дозировки количество холодной и горячей воды. Сегодня колебания температур заливаемых смесей находятся в пределах ± 1°C.

Участок дозирования и смешивания линии WEHRHANN Smart

Данное оборудование не входило в поставку фирмы WEHRHANN. Проект, подбор

оборудования, программное обеспечение – все это разработка заводских специалистов, в основу всех работ положен опыт работы на линии «Универсал-60».

Формовочное отделение

Линия «Универсал-60»

Заливочные формы линии «Универсал-60» были спроектированы со следующими геометрическими размерами внутренней части: ширина – 1230 мм, высота – 600 мм, длина – 6450 мм.

При разрезке геометрические размеры массива составляли 1200x588x6336 мм, при этом боковая поверхность массива обрезалась на 15 мм.

Линия «Универсал-60» не предполагает наличия камер созревания, что отрицательно сказывается на поверхностях массива, которые соприкасаются с формой. Образуется так называемый пристенный эффект, когда в местах контакта газомассы с относительно холодным бортом формы возникают линзы и раковины, которые зачастую не обрезаются, так как 15 мм для этого недостаточно.

Кроме того, продольные борта форм не имеют наклона, как это сделано на формах технологической линии Hebel Германия и «AEROC AS» в Эстонии. Для нормального переноса массива на борта в нижней части наварен квадрат размером, как правило, 8x8 мм. Данный квадрат при отделении бортов создает дефект в виде вмятин или отколов, которые далее просто не обрезаются.

В связи с этим на ОАО «Аэрок Обухов» существующие заливочные формы прошли модернизацию и сейчас имеют внутренние геометрические размеры 1270x640x6450 мм, что позволило значительно уменьшить количество бракованной продукции, а также увеличить объем производства за счет изменения длины блока на 12 мм.

Сегодня геометрические размеры разрезанного массива составляют 1200x600x6336 мм. При такой схеме разрезки увеличивается общее количество возвратного шлама, что положительно влияет на реологические свойства заливаемых смесей.

Резательный комплекс

Линия «Универсал-60»

В качестве режущих струн на линии «Универсал-60» (рис. 3) применяется проволока: на продольной резке $\varnothing 0,8$ мм, на поперечной резке – $\varnothing 1,0$ мм.

Струны продольной резки натягиваются с помощью пружинных механизмов, струны поперечной резки – с использованием пневмоцилиндров. Верхняя и боковые поверхности массива вместо струнных шнеков обрабатываются специально разработанным для этого комплектом ножей. Остатки «горбушки» удаляются воздушным потоком, проходящим через форсунки.

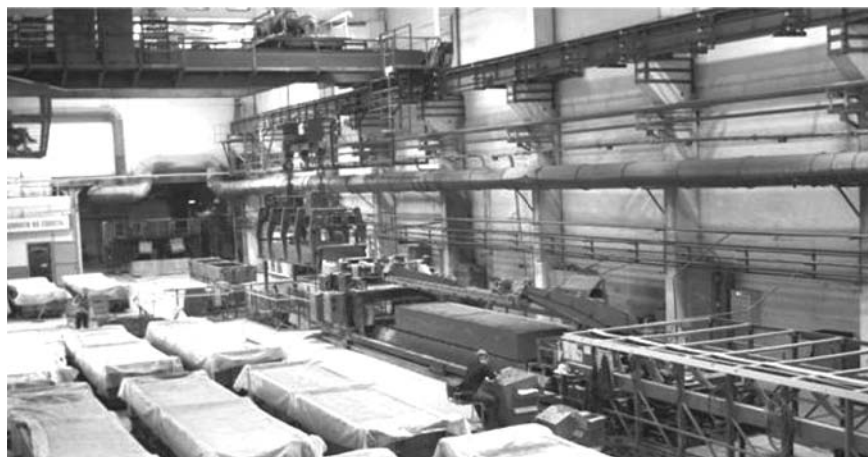


Рис. 3. Резательный комплекс «Универсал-60» на ОАО «Аэрок Обухов»

Изменена конструкция прижимного щита. Новый прижимной щит за счет увеличения площади опирания на массив дает возможность после процесса поперечной резки двигать сырец по столу, тем самым устраняя зазоры от струн. Как следствие, значительно уменьшился брак в виде отколов.

Модернизированы ламели стола резательного комплекса, что позволяет без существенных затрат и намного чаще, чем это было ранее, проводить ремонт и замену наиболее износившихся деталей.

Все эти мероприятия дали положительный результат относительно качества обрабатываемых поверхностей.

Сейчас линия «Универсал-60» ОАО «Аэрок Обухов» выпускает блоки со следующими отклонениями от геометрических размеров: длина ± 2 мм, высота $\pm 1,0$ мм, ширина $\pm 1,5$ мм, что позволяет укладывать данные изделия на клей [2]. Ранее отклонения от геометрических размеров составляли ± 4 мм и более.

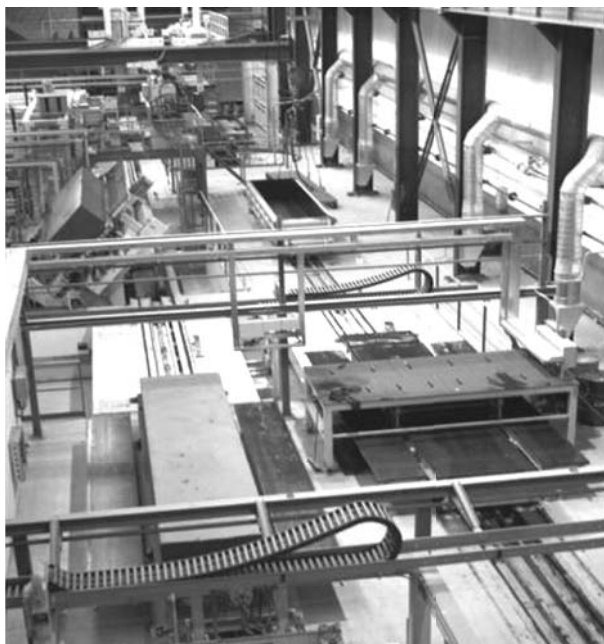


Рис. 4. Линия WEHRHANN Smart на ОАО «Аэрок Обухов»

Линия WEHRHANN Smart

Это новое отделение, которое целиком укомплектовано резательным оборудованием, передаточными кранами, мостами и заливочными формами фирмы WEHRHANN (рис. 4).

Для улучшения качества продукции на этой линии (в отличие от линии «Универсал-60») были построены обогреваемые камеры, в которых бетон набирает необходимую для резки пластическую прочность.

Автоклавное отделение

Чтобы обеспечить требуемую производительность предприятия, были установлены дополнительно два автоклава модели АП 1,2-3,6x27 и два передаточных моста для загрузки и выгрузки автоклавов. Для улучшения качества выпускаемой продукции смонтированы камеры предавтоклавной выдержки, которые обогреваются посредством тепла конденсата. Разработана и внедрена система исполь-

зования вакуума при автоклавной обработке. Необходимый порог вакуума в автоклаве достигается применением инжекторного насоса. Пока на предприятии не завершена вся комплекс работ по данному отделению. В планах на будущее – замена устаревшей запорной арматуры и изменение схемы отвода конденсата.

Линия пакетирования

Для упаковки продукции на поддон с использованием термоусадочной пленки модернизирована существующая линия пакетирования и введена в эксплуатацию вспомогательная. Сегодня вся продукция линий «Универсал-60» и WEHRHANN Smart поступает на склад в упакованном виде. Это позволило наиболее оптимально использовать складские площади и значительно увеличить скорость отгрузки продукции потребителю. Ранее отгрузка осуществлялась мостовыми кранами, соответственно, склад готовой продукции был ограничен зоной их действия. На данный момент склад расширен за счет введения дополнительных площадей, а отгрузка продукции производится с помощью вилочных погрузчиков.

Необходимо отметить, что на оборудовании «Универсал-60» начат выпуск несущих и самонесущих армированных перемычек, для чего разработана необходимая оснастка и технология производства.

На сегодняшний день производительность предприятия ОАО «Аэрок Обухов» представляет следующие показатели:

- линия «Универсал-60» – 170 тыс. м³/год при непрерывном режиме работы (мелкоштучные блоки без пазогребневой системы плотностью 400 и 500 кг/м³ с классом бетона В2,0 [2, 3, 4] и армированные брусковые несущие и самонесущие перемычки);

- линия WEHRHANN Smart – 180 тыс. м³/год (мелкоштучные блоки, имеющие пазогребневую систему и карманы для захвата плотностью 400 и 500 кг/м³ с классом бетона В2,0) [2, 3, 4].

Итого, общая производительность завода ОАО «Аэрок Обухов» сегодня составляет 350 тыс. м³/год.

Выводы

1. После модернизации оборудования и технологии «Универсал-60» было достигнуто следующее:
 - снижения плотности выпускаемых изделий с 600 кг/м³ до 400-500 кг/м³ с сохранением требуемых прочностных характеристик и, как следствие этого – уменьшение расхода сырьевых материалов;
 - выпуск продукции с допусками геометрических размеров, которые удовлетворяют требованиям кладки на клею;
 - расширение номенклатуры выпускаемой продукции (армированные брусковые несущие и самонесущие перемычки, U-блоки).

2. Правильный подбор необходимого импортного оборудования фирмы WEHRHANN и рациональное его расположение в технологической схеме существующего производства позволило увеличить производительность завода на 180 тыс. м³/год.

Заключение

На примере работ, проведенных на ОАО «Аэрок Обухов», можно утверждать, что, имея на вооружении даже технически и морально устаревшее оборудование, при продуманной и правильной его модернизации, можно получать конкурентоспособную продукцию по сравнению с современными технологическими линиями.

Список использованных источников

1. Мартыненко В.А., Ястребцов В.В. Развитие производственной базы автоклавного газобетона в Украине // Строительный рынок. – Минск, 2008. – № 5. – С. 22-24.

2. ДСТУ БВ.7.-137:2008 «Блоки з ніздрюватого бетону стінові дрібні. Технічні умови». – Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2008.

3. Технологический регламент на изготовление блоков автоклавного газобетона стеновых мелких. ОАО «Аэрок Обухов». – 2008.

4. ТУУВ. 2.7.-26.6-34840150-001:2009 «Вироби стінові з ніздрюватого бетону автоклавного твердіння «Аерок» («АЕРОС») Технічні умови».

АДАПТАЦИЯ ЛИТЬЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ГАЗОБЕТОНА К ВОЗМОЖНОСТЯМ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ УКРАИНЫ

Захарченко П.В., канд. тех. наук, профессор, зав. кафедрой Киевского национального университета строительства и архитектуры (КНУСА); **Щербина Н.А.**, ассистент КНУСА; **Рудченко Д.Г.**, аспирант КНУСА; **Пивень Н.А.**, аспирант КНУСА; **Синица М.С.**, канд. тех. наук, зав. лабораторией; **Сеземан Г.В.**, канд. тех. наук, ст. н. с., Институт «Термоизоляция» Вильнюсского технического университета им. Гедиминаса, г. Вильнюс, Литва.

УДК 666.973

Мировой экономический кризис оказал значительное влияние на развитие строительной индустрии Украины. Объемы выпуска традиционных стеновых материалов, таких как кирпич керамический и силикатный, уменьшились в 2009 г. на 48,5 и 56% соответственно, а производство стеновых конструкций на домостроительных комбинатах – на 67%. В то же время в 2009 г. закончено строительство новых и проведена модернизация существующих заводов по изготовлению ячеистого бетона общей производственной мощностью более 2 млн. м³/год. Заводы спроектированы по современным технологиям и оснащены высокопродуктивным импортным оборудованием фирм Hess AAC, Masa-Henke, Wehrhahn, Hoetten, Durox и др. [1]. Так строительная отрасль отреагировала на агрессивный экспорт ячеистобетонных изделий из Турции, Польши, Беларуси в 2003-2009 гг.

Появление новых производителей заставляет предприятия с традиционной вибрационной (ударной) технологией модернизировать оборудование, интенсифицировать процесс производства и, самое главное, снижать цену на этот прогрессивный стеновой материал.

Разработка и внедрение виброударной технологии, например «Универсал-60», в свое

время решило проблему применения сырьевых компонентов с нестабильными свойствами, дало возможность интенсифицировать технологическую стадию доавтоклавного процесса производства и получать ячеистый бетон плотностью 600 кг/м³ достаточно высокого качества при использовании газобетонных смесей с низким В/Т.

В случае производства ячеистобетонных изделий по вибрационной технологии реологические свойства смеси на стадии формирования (схватывания) массива корректируются с помощью динамического воздействия вибрации (удара). При этом есть возможность работать на жестких малопластичных смесях с низким В/Т. Вибрация, разрушая слабые коагуляционные связи, делает смесь пластичной и позволяет выделяющемуся газу вспучивать ее. На передовых предприятиях этот процесс был отработан настолько, что позволял стабильно получать ячеистый бетон плотностью 600 кг/м³ с малodefектной структурой, равномерной пористостью и плотной межпоровой перегородкой.

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

Специалистами Киевского национального университета строительства и архитектуры на базе завода «Аэрок Обухов» выполнен значительный объем работ по уменьшению негативного влияния вышеперечисленных факторов литьевой технологии. Так, для ускорения кинетики нарастания пластической прочности и улучшения свойств газобетона автоклавного твердения применяли тонкодисперсные отходы ферросплавных производств и активатор твердения – гипсовый камень. Целью исследований было получение устойчивых смесей с определенной пористостью в зависимости от заданной плотности. Накоплен большой объем данных о процессах вспучивания газобетонной смеси с введением модифицирующих добавок в ее состав при использовании традиционного газообразователя – алюминиевой пасты и факторах, влияющих на устойчивость вспученного массива.

Проведенными экспериментами установлено, что введение в газобетонную смесь тонкодисперсных отходов производства ферросилиция и ферромарганца существенно интенсифицирует процесс газообразования. Эффект

становится заметен уже при введении 1,5-2% ферромарганца и 2-3% ферросилиция от массы песчаного шлама, а наибольшее значение достигается при 7-7,5% и 5-6% соответственно. При дальнейшем увеличении количества вводимых отходов ферросплавного производства объем газовыделения возрастает несущественно, а структура газобетона ухудшается, появляются большие поры, разрушаются межпоровые перегородки [2, 3].

В результате проведенных работ установлены факторы, влияющие на процесс вспучивания. Основные из них – начальная вязкость, текучесть смеси, ее температура, скорость образования структуры с определенными механическими свойствам, вид газообразователя, его свойства и количество, химический состав среды.

Следующее направление исследований на заводе «Аэрок Обухов» связано с возможным расширением базы сырьевых материалов для производства ячеистого бетона, а также улучшением качества готовой продукции.

Технологическое новшество в подготовке сырья заключается в совместном мокром помоле кварцевого песка с добавлением определенного количества гипсового камня. В процессе производства используется молотая качественная известь с высоким содержанием активного CaO + MgO (78-85%), которая по скорости гашения относится к средне- и быстрогасящимся.

Гипсовый камень в данной технологии используется как замедлитель гашения извести на стадиях приготовления бетонной смеси и вспучивания массива, он ускоряет процессы структурообразования в сырце, образуя центры кристаллизации, представленные высокоосновными формами гидросульфоалюминатов кальция (эттрингит), которые заряжены положительно и способствуют упрочнению структуры уже в первые минуты ее формирования.

При образовании пространственного каркаса в процессе автоклавной обработки крупные кристаллы эттрингита перекристаллизуются в более мелкие полуводного гипса и обрастают кристаллами гидросиликатов кальция, создавая прочную дендровидную микроструктуру межпоровых перегородок. Характерные микрофотографии образца сырца и изделия после автоклавной обработки представлены на рис. 1.

Экспериментальным путем установлено, что введение двухводного гипса в количестве от 3,5 до 6,5% в пересчете на SO₃ увеличивает прочность газобетонных изделий средней плотностью 500 кг/м³ в сравнении с продукцией, произведенной без гипса при прочих равных условиях, на 35-40% (прочность образцов, изготовленных без добавки гипсового камня,

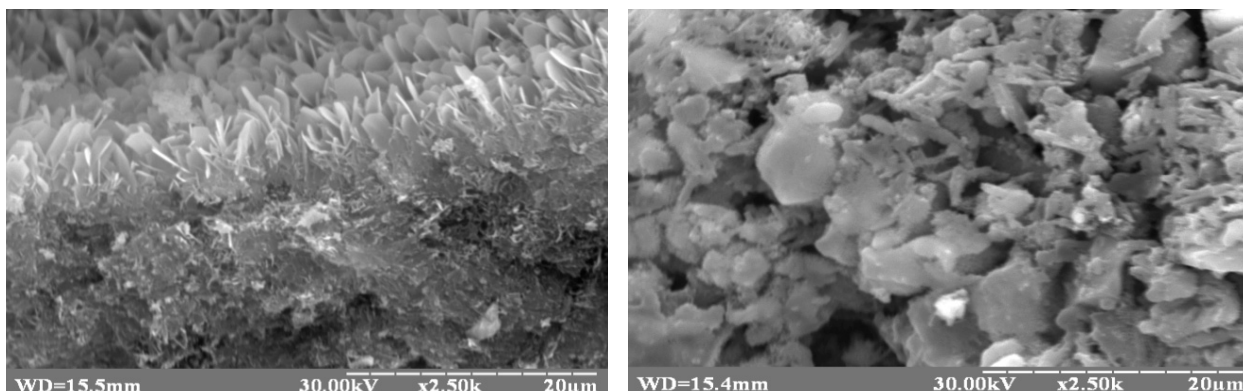


Рис. 1. Микроструктура образцов ячеистого бетона с добавкой гипсового камня до и после автоклавной обработки

в среднем составила 2,3 МПа, а с добавкой – 3,45 МПа). Дальнейшее увеличение добавки гипса ведет к снижению предела прочности при растяжении и изгибе, то есть продукция приобретает хрупкость.

В тоже время использование гипсового камня в виброударной технологии малоцелесообразно, так как при приготовлении бетонной смеси используется меньшее количество воды, нарастание структурной прочности идет значительно интенсивнее и, соответственно, время предварительной выдержки массива, или как его еще называют, время «созревания» массива перед резкой составляет не более 1,5 часа, что сказывается на всем процессе производства. По истечении этого времени массивы не поддаются резке, так как происходит резкий скачок набора сырцової прочности, тогда как при литьевой технологии с добавлением гипсового камня оно составляет 2,5-3,5 часа [4].

Установлено, что качество газобетона напрямую зависит от несущей способности смеси, которая определяется ее структурно-механическими свойствами. Если после окончания вспучивания смесь не будет обладать определенной несущей способностью, произойдет ее осадение. В случае же быстрого нарастания пластической прочности до завершения процесса газообразования образуются дефекты в виде трещин в межпоровых перегородках, «линз» и расслоений в бетоне.

Кинетику нарастания пластической прочности газобетонной

смеси в процессе вспучивания, а также прочность структуры, связанную с несущей способностью вспученной газобетонной смеси перед резкой, определяли с помощью конического пластометра.

Результаты измерений пластической прочности и кинетики газовой выделения газобетонных смесей плотностью 500 кг/м³ с вышеперечисленными добавками приведены на рис. 2 и рис. 3.

В смесях, приготовленных по литьевой технологии с добавкой гипсового камня, по сравнению со смесями, приготовленными аналогичным образом без данной добавки, наблюдается более интенсивное газовыделение и нарастание пластической прочности. Через 115 мин. после затворения пластическая прочность этих смесей составляет уже 280 кПа, в то же время пластическая прочность газобетонной смеси без добавки гипса не превышает 160 кПа.

Интенсивное нарастание пластической прочности газобетонной смеси благоприятно сказывается на устойчивости смеси и сроках

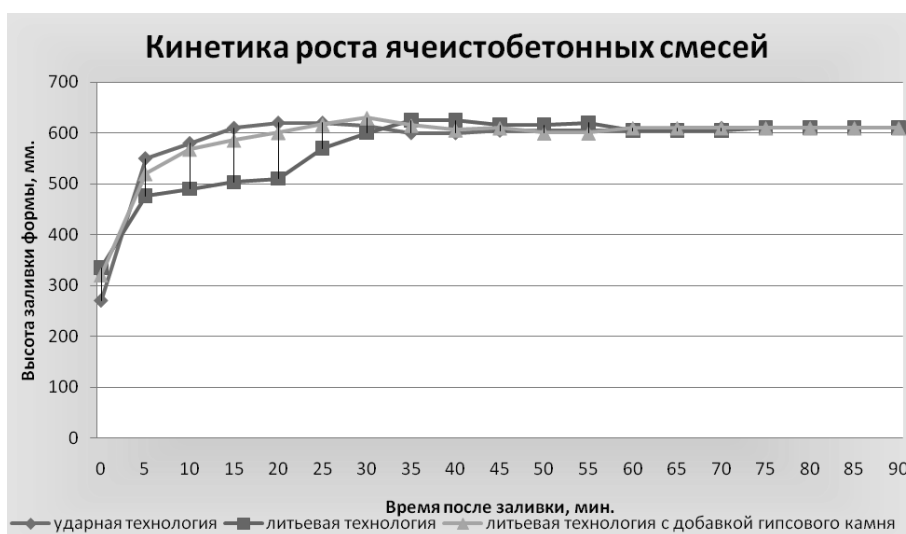


Рис 2. Кинетика роста (газовыделения) ячеистобетонных смесей

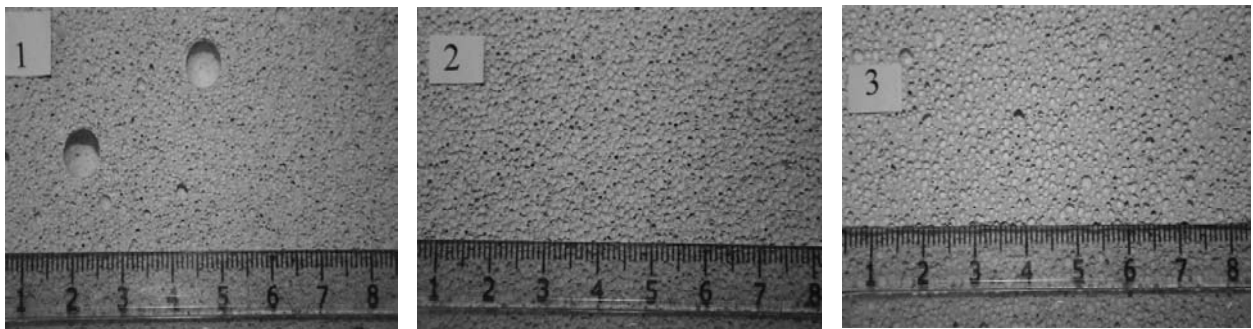
выдержки отформованных изделий до резки и автоклавной обработки.

Структура ячеистого бетона, изготовленного по литейной технологии с добавкой гипсового камня, изучалась на трех уровнях.

Макроструктура (строение материала, видимое невооруженным глазом) у образцов с добавкой гипсового камня была представлена более равномерным распределением пор по объему материала без видимых дефектов структуры – расслоений и пустот (рис. 4).



Рис. 3. Набор пластической прочности сырьевых массивов во времени



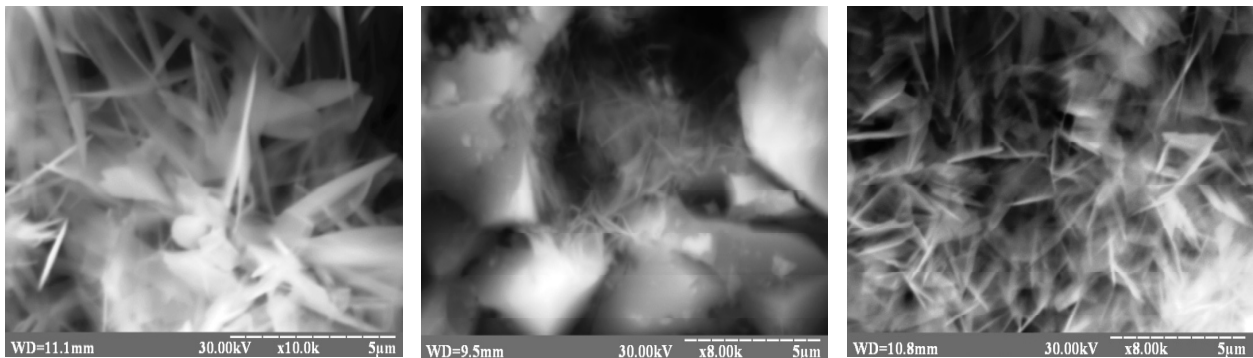
1) ударная технология без добавки гипсового камня

2) литейная технология с добавкой гипсового камня

3) литейная технология без добавки гипсового камня

Рис. 4. Макроструктура образцов ячеистого бетона, изготовленного по разным технологиям

Микроструктура полученных образцов газобетона была изучена методом сканирующей электронной микроскопии на электронном микроскопе РЕМ 10БИ. Регистрация изображения произведена при остаточном давлении в камере электронного микроскопа 40-80 Па в отраженных электронах и представлена на рис. 5.



а) литейная технология с добавкой гипсового камня

б) литейная технология без гипсового камня

в) виброударная технология без гипсового камня

Рис. 5. Электронно-микроскопическое изображение микроструктуры межпоровой перегородки ячеистого бетона, изготовленного по разным технологиям

Согласно данным рентгенофазового анализа (рис. 6) фазовый состав (прикладной программный пакет PDF-2 Powder Diffraction File) представлен следующими составляющими:

- кварцем (SiO_2 d = 4.260, 3.348, 2.454, 2.280, 1.81 (карточка 46-1045);
- пиками гидросиликата кальция $\text{CaO}_x\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ (C-S-H(I) (карточка 09-210); ксонотлитом X – $\text{Ca}_6\text{Si}_6\text{O}_{17}(\text{OH})_2$ (карточка 230125);
- бассанитом В – $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$ (карточка 410224);
- сульфатом кальция Г – $\text{CaSO}_4 \cdot 0.62\text{H}_2\text{O}$ (карточка 410225);
- двуводным гипсом Г2 – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (карточка 330311).

Согласно данным рентгенофазового анализа (рис. 7) фазовый состав представлен следующими составляющими:

- кварцем (SiO_2);
- пиками $\text{Ca}(\text{OH})_2$;
- CaCO_3 ;
- $\text{CaSO}_4 \cdot 0.3\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Ca}_5\text{Si}_6\text{O}_{16}(\text{OH})$ группы тоберморита.

Комплексный дифференциально-термический анализ (рис. 8) образца с добавкой гипсового камня, изготовленного по литьевой технологии до и после автоклавной обработки, производился на дериватографе системы Р.Паулик, И.Паулик, Л.Ердей фирмы «MOM» (Болгария). Нагревание образцов проводили со скоростью 10 °С/мин. до температуры 1000 °С. Результаты испытаний ДТА и ТГ демонстрируют наличие в образце $3\text{Ca} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$

этtringита (высокосульфатная форма гидросульфато-алюмината кальция). Согласно полученным результатам эндозффект ДТА при 100-200 °С (максимум при 170 °С) происходит дегидратация.

Количество непрореагировавшего CaCO_3 после анализа кривой ДТА (по диссоциации CaCO_3) составляет 12,29% массы от общей массы исследуемого образца.

Исследование тонкой кристаллической структуры полученных образцов проведено методом трансмиссионной электронной микроскопии (ТЕМ125К) при ускоряющем напряжении 100 В в светлопольном, темнопольном и микродифракционном режимах работы.

Электронно-микроскопические изображения микроструктуры исследуемых образцов получены при электронно-оптических увеличениях – $\times 13\,000$ – $280\,000$ крат, длина камеры электронографа при получении дифракционных картин – 220 мм. Регистрация электронно-микроскопических изображений проведена с помощью системы анализа изображения САИ-001. Моделирование теоретических и расчет полученных дифракционных картин проведены с помощью прикладного программного пакета diffracto-6.18/с.

Пробами для электронно-микроскопического исследования служили соскобы соответствующих образцов ячеистого бетона, размещенные на сетке для электронно-микроскопических исследований с предварительно нанесенной углеродной репликой (с отверстиями). В процессе исследования стол объектодержателя микроскопа

охлаждался жидким азотом для предотвращения повреждений объекта электронным пучком.

Методом трансмиссионной электронной микроскопии (ТЕМ125К) в образце ячеистого бетона стандартного состава (без добавки гипсового камня), изготовленного по литьевой технологии, установлено наличие в межпоровом пространстве игольчатых монокристаллических продуктов гидратации C-S-H-фаз с размерами порядка 30 нм. Соответствующее светлопольное изображение и микродифракция показаны на рис. 9.

Одновременно наблюдается формирование тонкопластинчатых (слоистых) кристаллов с размерами порядка 50-60 нм (соответствующее светлопольное изображение

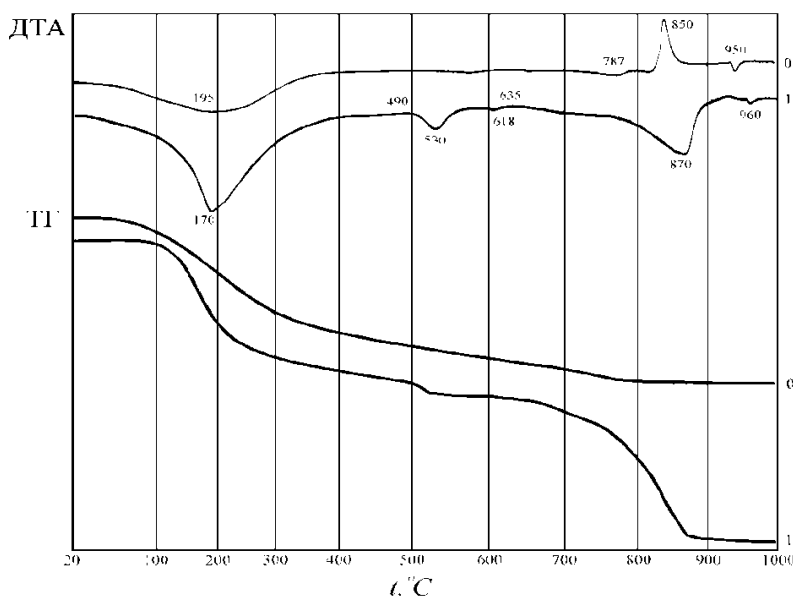


Рис. 8. Дериватограммы образцов ячеистого бетона: 0 – до автоклавной обработки (сырец), 1 – после автоклавной обработки

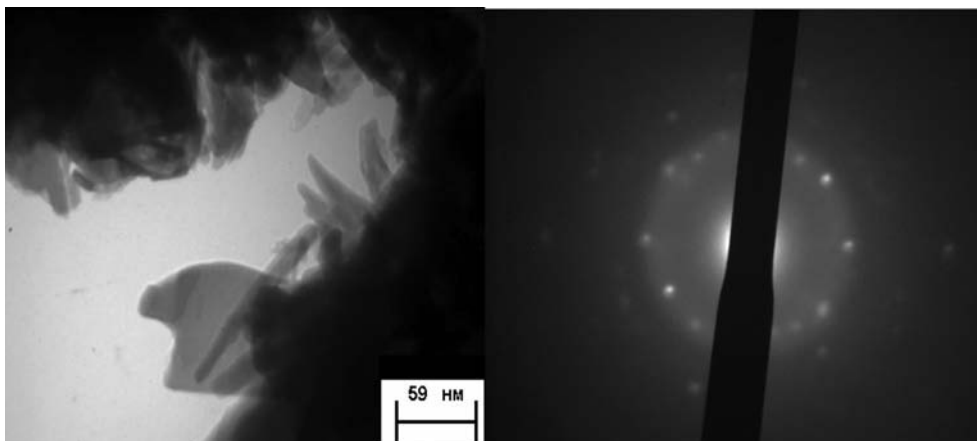


Рис. 9. Светлопольное изображение и соответствующая микродифракция от игольчатых наноразмерных кристаллов продукта гидратации C-S-H

и микродифракционная картина приведены на рис. 10).

Третьей (основной) структурной составляющей межпоровых перегородок являются пластинчатые новообразования с размерами

150-200 нм (темнопольное и светлопольное ТЭМ-изображение данной сложной структуры показано на рис. 11).

Анализируя полученное темнопольное изображение, можно утверждать, что данные

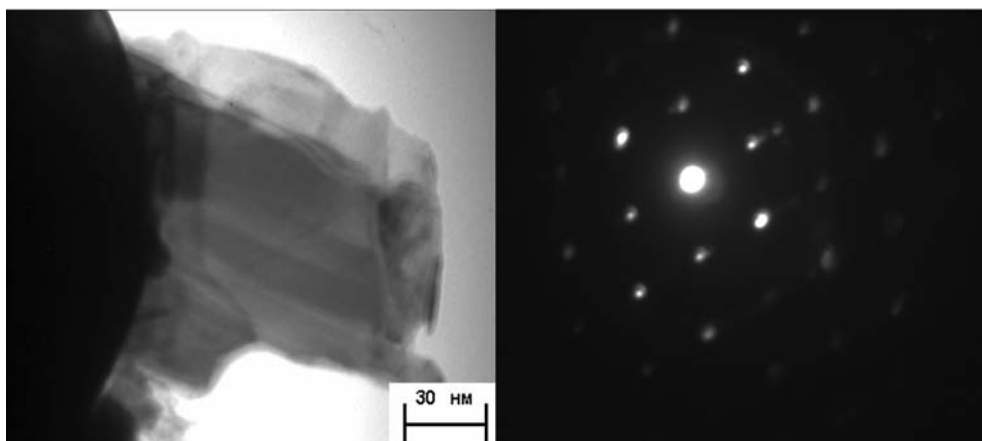


Рис. 10. Светлопольное изображение и соответствующая микродифракция от тонкопластинчатых (слоистых) кристаллов

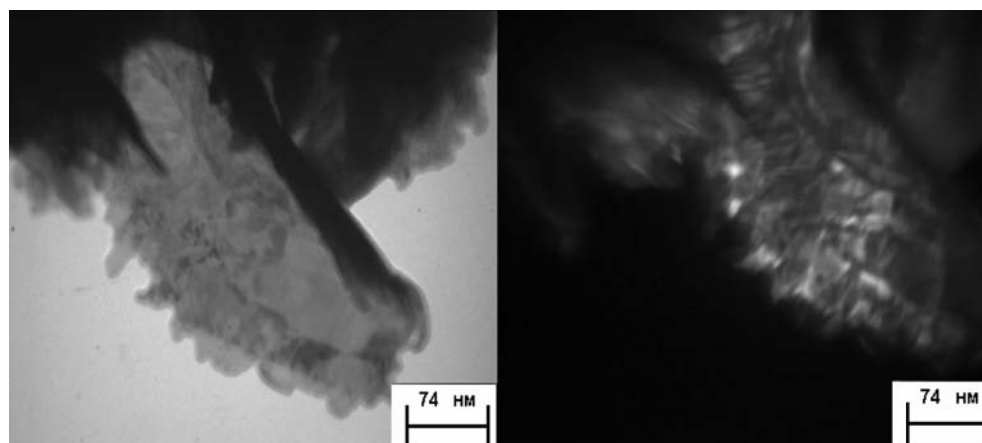


Рис. 11. Светлопольное изображение и соответствующая микродифракция от пластинчатых новообразований

пластинчатые новообразования являются поликристаллическими сростками, в состав которых входят плоские и игольчатые кристаллы (соответствующая микродифракция приведена на рис. 12).

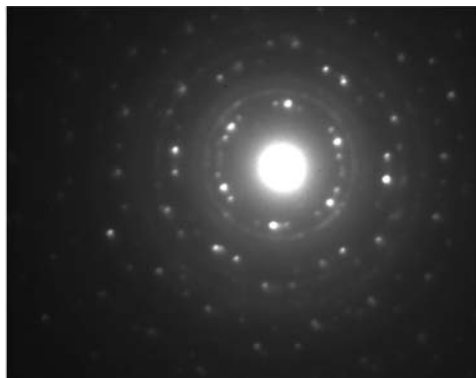


Рис. 12. Микродифракция новообразований образца ячеистого бетона без добавки гипсового камня

Для микроструктуры межпорового пространства образца из ячеистого бетона, изготовленного по литьевой технологии с добавкой двуводного гипса в количестве до 5% в пересчете на SO_3 , характерно наличие двух основных типов структурных составляющих игольчатых кристаллов вероятного продукта образования фаз тоберморитового типа (соответствующая микроструктура показана на рис. 13).

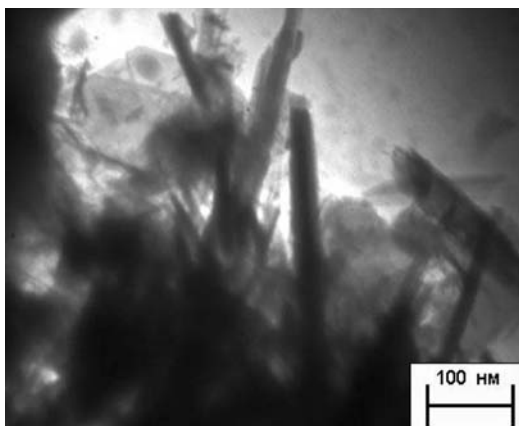


Рис. 13. Светлопольное изображение ТЭМ игольчатых кристаллов образца ячеистого бетона с добавкой гипсового камня

Размеры игл в данном случае составляют 150-200 нм (соответствующие микродифракционные картины приведены на рис. 14).

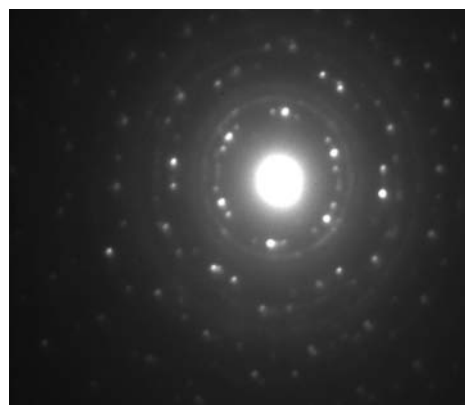


Рис. 14. Микродифракция игольчатых кристаллов образца ячеистого бетона с добавкой гипсового камня

Подобная микроструктура, полученная при меньшем увеличении, показана на рис. 15.

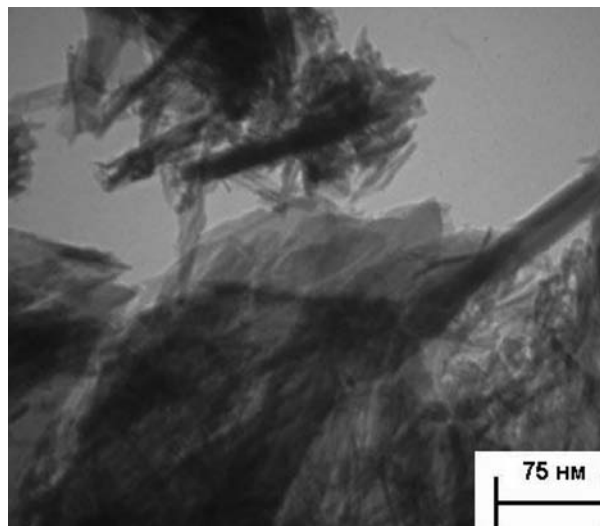


Рис. 15. Светлопольное ТЭМ-изображение пластинчатых кристаллов гипса с переплетением выросших на них продуктов образования фаз тоберморитового типа

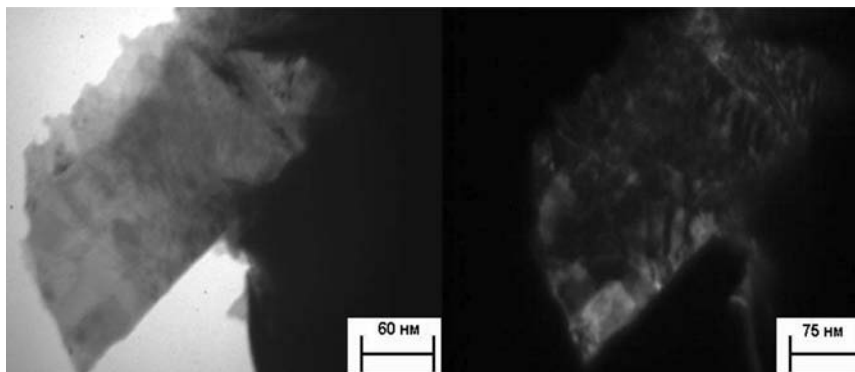


Рис. 16. Светлопольное и темнопольное изображение ТЭМ гипсовой пластины образца ячеистого бетона с добавкой гипсового камня

На рис. 16 приведены светлопольное и темнопольное ТЭМ-изображения монокристаллической гипсовой пластины данного образца (средний размер кристаллов составляет 200-300 нм).

Соответствующая микродифракционная картина показана на рис. 17.

Анализируя полученные дифракционные картины, можно сделать следующие выводы.

Иглоподобные структурные составляющие (см. рис. 9, 13, 15) имеют аморфную (гелевидную структуру) с наличием первичных центров кристаллизации, поскольку кроме аморфного гало, присутствуют выраженные рефлексы от кристаллической фазы. Среднее межплоскостное расстояние в первом образце составляет $5,84 \text{ \AA}$, для второго образца – $5,46 \text{ \AA}$, что соответствует фазам низкоосновных гидросиликатов типа C-S-H (I).

Пластинчатые образования (см. рис. 10, 11, 13) являются микрокристаллами с гексагональным типом кристаллической решетки, то есть фазами типа AFm не стехиометрического состава (по стехиометрии и расположению атомов нет полного соответствия модели данной кристаллической решетки, предложенной Аллманом. Данное обстоятельство существенно усложняет получение модельной электроно-



Рис. 17. Микродифракция пластины монокристалла гипса образца ячеистого бетона с добавкой гипсового камня

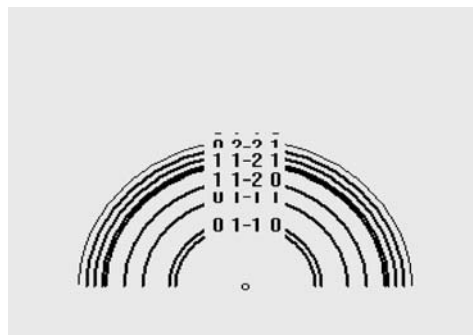


Рис. 18. Модельная дифракция

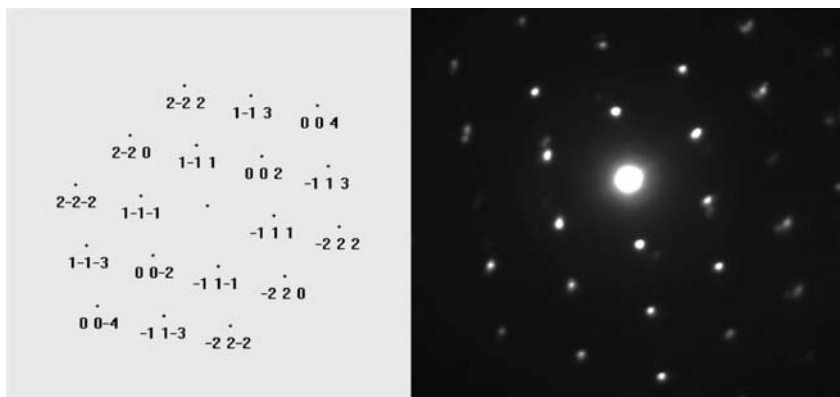


Рис. 19. Модельная микродифракция монокристалла гипса

граммы, так как нет возможности ввести точные координаты атомов.

Есть некое несоответствие по межплоскостным расстояниям с электронограммой, смоделированной по расположению ионов, предложенной Аллманом (рис. 18).

Точечная микродифракция от пластины монокристалла гипса, приведенного на рис. 16, соответствует модельной (рис. 19) [6].

Выводы

Установлено, что качество готовых изделий зависит от согласованности во времени процессов газообразования, тепловыделения и набора пластической прочности при вспучивании ячеистобетонной смеси. Для оптимизации этих процессов предлагается использовать в технологии производства ячеистого бетона газообразователи второго порядка – отходы ферросплавных производств, а также гипсовый камень.

Проведенными исследованиями установлено наличие в образцах ячеистого бетона низкоосновных гидросиликатов типа C-S-H(I), степень кристаллизации и морфология которых зависит от технологических факторов приготовления ячеистобетонной смеси. Это дает возможность утверждать, что двухводный гипс можно использовать в литевой технологии производства ячеистого бетона для повышения прочности готовых изделий, при этом уместен совместный помол с песком до удельной поверхности 2900-3600 см²/г в зависимости от плотности выпускаемой продукции.

Замедление скорости гидратации извести при добавке 3,5-6% гипса объясняется образованием пленок гидроксида и сульфата кальция на поверхности еще не прореагировавших частичек оксида кальция, время гашения извести замедляется и сглаживается скачок температуры, что дает возможность процессам гидратации протекать более плавно. Образование этtringита позволяет ускорить набор пластической прочности.

Список использованных источников

1. Большаков В.И., Мартыненко В.А. Производство изделий из автоклавного газобетона. Развитие производственной базы // Строительство, материаловедение, машиностроение / Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве: Сб. науч. трудов. Вып. 4. – Днепропетровск: ПГАСА, 2009. – С. 8-21.

2. Захарченко П.В., Щербина Н.О. и др. Залежність газоутворення при виробництві ніздрюватого бетону від складу сировинної суміші та технології формування масивів // Строительные материалы и изделия. – 2009. – № 5-6. – С. 24-26.

3. Захарченко П.В., Щербина Н.О. Шляхи вдосконалення технології виробництва газо-

бетонних виробів автоклавного тверднення // Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка. – 2007. – № 24.

4. Большаков В.И. Производство изделий из ячеистого бетона по резательной технологии // Большаков В.И., Мартыненко В.А., Ястребцов В.В. – Днепропетровск: Пороги, 2003. – 141 с.

5. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ: учеб пособие. – М.: Высш. Школа, 1981. – 335 с.

6. Штарк Йохан, Вихт Бернд. Цемент и известь / Пер. с нем. А. Тулаганова. // Под ред. П. Кривенко. – Киев, 2008. – 480 с.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ВЫДЕРЖКИ ГАЗОБЕТОННОГО МАССИВА ПЕРЕД АВТОКЛАВНОЙ ОБРАБОТКОЙ

Морозова Н.В., н. с., Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, г. Днепропетровск, Украина

УДК 666.973.6.

Реальность настоящего времени – высокая стоимость энергоносителей. С этим фактом вынуждены считаться все производители строительных материалов, в частности производители изделий из автоклавного газобетона. Внедрение энергосберегающих технологий становится одним из важнейших факторов конкурентоспособности выпускаемой продукции.

Сейчас имеются реальные возможности снижения расхода тепла при производстве изделий автоклавного газобетона за счет совершенствования отдельных технологических переделов. При рассмотрении технологии производства газобетона с теплоэнергетической точки зрения рекомендуется изучить все возможности и резервы, позволяющие уменьшить расход пара при автоклавной обработке из-

делий, так как она является самой энергоемкой и дорогой технологической операцией.

Один из эффективных способов получить оптимальные с точки зрения экономии энергоресурсов параметры по температуре и влажности сырца – выдерживание газобетонного массива перед автоклавной обработкой в туннельно-щелевых камерах. В технологии, разработанной лабораторией ячеистых бетонов ПГАСА, предлагается выдерживание газобетонных массивов после разрезки в модернизированных щелевых камерах, где можно интенсифицировать тепло-влажностный процесс путем регулирования температуры, скорости движения среды и влажности.

Механизм твердения автоклавного газобетона – это процесс формирования сложной многофазовой системы. При этом необходимо учитывать, что не все закономерности, которые могли быть применены к твердению тяжелого бетона в условиях тепловлажностной обработки, можно перенести на газобетон. Определяющим моментом в этом является пористая структура газобетона (от 50 до 90% пор по объему), многофакторность образования которой влияет на процесс твердения газобетона [1]. К этим факторам относят следующие: давление воздуха в порах; миграция воды под влиянием температурного градиента, приводящая к деструкционным явлениям и влажностной усадке массива; различие коэффициентов термического расширения компонентов газобетонной смеси; набухание материала при конденсации влаги на его поверхности.

Рассматривая механизм твердения газобетона как систему, необходимо учитывать, что она состоит из трех подсистем как объектов управления. Это тепло- и массообменные процессы, структурообразующие процессы и процессы, вызывающие напряженные состояния. Тепло- и массообменные процессы, а также процессы, вызывающие напряженные состояния (температурное расширение материала), являются деструктивными.

С точки зрения энергосбережения важно рассмотреть подсистему тепло- и массопереноса. Управление процессом твердения непосредственно в тепловых аппаратах осуществляется через параметры температуры, влажности и движения теплоносителя. При этом газобетонные массивы на пост предварительной выдержки перед автоклавной обработкой поступают уже предварительно разогретыми,

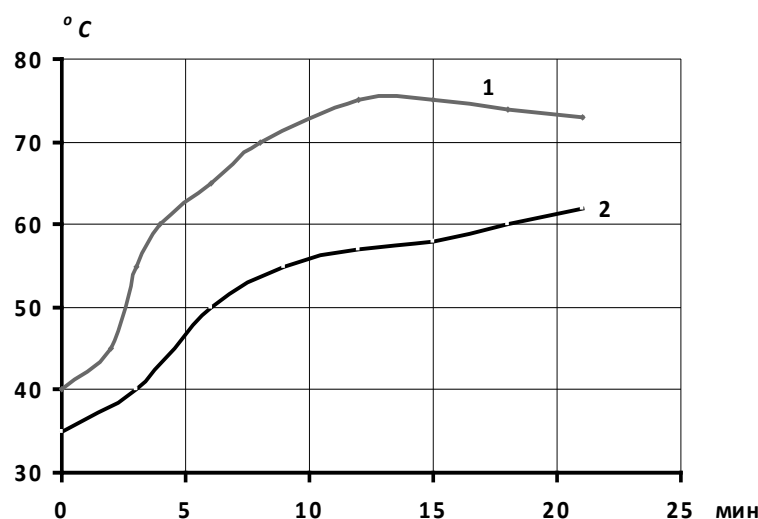


Рис. 1. Изменение температуры газобетонной смеси: В/Т = 0,45 при вибровспучивании – (1); литая технология, В/Т = 0,55 – (2)

прежде всего за счет ускорения гидратации извести [2]. Это объясняется тем, что вокруг ее частиц образуются диффузионные слои, тормозящие дальнейшее взаимодействие негашеной извести с водой, которые при вибрировании разрушаются и обнажают непогасившиеся поверхности зерен извести, к которым и стремятся новые порции воды, слабо насыщенные гидратом окиси кальция. Ускорение гидратации и уменьшение В/Т отношения обуславливают быстрое нарастание температуры смеси. Известно, что скорость гидратации извести увеличивается вдвое при повышении температуры среды на каждые 10°C [3]. В дальнейшем в течение длительного времени будет протекать реакция между медленногасящимися частицами извести с выделением тепла. К этому добавляется гидратация цемента, которая также сопровождается выделением тепла. Таким образом, гидратация вяжущих (извести и цемента) может являться важным фактором для поднятия температуры газобетонных изделий до ТВО [2].

При сохранении в дальнейшем благоприятного теплового режима в газобетонных массивах может быть достигнута глубокая гидратация цемента. На рис. 1 показано изменение температуры смеси при вибровспучивании.

Автором [2] отмечено, что существует пропорциональная зависимость между моментом приложения теплового воздействия и достижением максимума тепловыделения. Величина абсолютного значения основного экзоэффекта имеет закономерное количественное значение $dQ_{max}/dt = f(\tau; \theta)$. Поэтому за счет оптимального во времени теплового воздействия на твердеющие газобетонные массивы в камере предва-

рительной выдержки можно получить максимальную скорость их саморазогрева к моменту загрузки в автоклавы.

Нужно отметить, что значение В/Т газобетонной смеси при затворении больше, чем в тяжелых бетонах, поэтому начальная гидратация цемента проходит более интенсивно. При характеристике внутреннего источника тепла в газобетонном массиве необходимо учитывать и экзотермию извести. Здесь имеет место совместное тепловыделение цемента и извести. Процессы, начавшиеся последовательно, затем перерастают в параллельные. Чем интенсивнее процесс тепловыделения извести на начальных стадиях приготовления газобетонной смеси, тем больше энергии получит цемент в виде градусочасов и тем больше будет его энергетическая возможность до автоклавной ТВО [2, 3]. Значение тепловыделения цемента будет отставать от тепловыделения извести.

Скорость химической реакции гидратации вяжущих зависит от температуры. Известно, что при температурном воздействии на твердеющие бетоны скорость фазовых превращений существенно возрастает [4]. При рассмотрении температурного фактора зависимость скорости химической реакции гидратации цемента от температуры обычно описывают уравнением Аррениуса [5]:

$$\frac{d \ln K}{dT} = -\frac{E}{RT^2}, \quad (1)$$

где: E – энергия активации;
 K – константа, пропорциональная скорости химической реакции;
 T – абсолютная температура;
 R – универсальная газовая постоянная.

В интегральной форме:

$$\ln K = \ln A - \frac{E}{RT}, \quad (2)$$

$$K = A \exp\left(\frac{E}{RT}\right), \quad (3)$$

где A – постоянная интегрирования (предэкспоненциальный множитель).

Согласно данному закону при изменении температуры на 10°C скорость реакции в кинетической области ее протекания увеличится в 2-4 раза. Для цементно-известковых систем, представляющих собой концентрированные суспензии, на скорость химической реакции гидратации цемента накладываются и диффу-

зионные процессы, поэтому выполнение уравнения (1) значительно усложняется.

Авторами [6] рассмотрены отдельные этапы гидратационного твердения цементов. Скорость растворения описывается следующим уравнением:

$$V_1 = D_\tau \cdot \frac{S_\tau}{h} (C_1 - C_\tau), \quad (4)$$

где: V_1 – скорость растворения;

D_τ – коэффициент диффузии в рассматриваемый момент времени;

S_τ – поверхность растворяющихся частиц в рассматриваемый момент времени;

H – толщина слоя, в котором происходит растворение;

C_1 – максимальная концентрация вещества;

C_τ – концентрация вещества в рассматриваемый момент времени.

Коэффициент диффузии зависит от активационного члена:

$$D_\tau = D_o \cdot e^{-\frac{E}{RT}}, \quad (5)$$

где: D_o – коэффициент диффузии в начальный момент растворения;

$e^{-\frac{E}{RT}}$ – активационный член;

E – энергия активации;

R – газовая постоянная.

Образование зародышей кристаллизации в результате флуктуационных явлений описывается уравнением:

$$V_2 = A \cdot e^{-\frac{B\sigma^3 V_k}{(RT)^3 \ln^2 \frac{C_z}{C_\infty}}}, \quad (6)$$

где: V_2 – скорость образования зародышей кристаллизации;

A – предэкспоненциальный множитель;

B – постоянный числовой коэффициент;

σ – величина удельной межфазовой энергии;

V_k – молекулярный объем вещества;

C_z – растворимость зародыша критических размеров;

C_∞ – растворимость бесконечно большого кристалла, вещества.

Предэкспоненциальный множитель A зависит от активационного члена:

$$A = A_i e^{-\frac{E}{RT}}, \quad (7)$$

где A_i – постоянная для данного вида цемента.

Развитие процесса роста кристаллов характеризуется линейной скоростью роста их граней:

$$\lambda = A_i \cdot e^{-\frac{B\sigma^2 V_n}{(RT)^2 \ln \frac{C_2}{C_\infty}}}. \quad (8)$$

Приведенные выше уравнения свидетельствуют о том, что на величину степени гидратации цемента наряду с температурой процесса оказывает влияние и энергия активации, которая определяет возможность прохождения тех или иных реакций гидратации при определенных условиях. Теоретические посылки, заложенные в кинетических и диффузионных уравнениях, достаточно наглядно воспроизводятся в кинетических кривых, получаемых экспериментально (рис. 2). Анализируя эти кривые, можно сделать вывод о неэффективности длительного воздействия повышенной температуры на твердеющий бетон.

С этим выводом связаны практические рекомендации энергосберегающего направления, предусматривающие использование при тепловой обработке регулируемых режимов тепловой обработки. Благодаря экзотермическим реакциям изменяется температурное поле в изделии, возникают дополнительные напряжения, которые, накладываясь на внутренние напряжения, вызванные другими факторами, могут менять (увеличивать или уменьшать) результирующие напряжения [7].

Экзотермические реакции влияют и на расход теплоносителя. Экономия тепловой энергии при применении регулируемых режимов достигается тем, что подача теплоносителя в камеру тепловой обработки прекращается сразу после того как температура бетона в изделии достигает заданного значения. Для каждого вида цемента существует свое оптимальное значение температуры тепловой обработки, превышение которой почти не ускоряет процесс твердения. Это происходит из-за вторичного образования гидратных пленок на непро-

реагировавших частях цемента. Эти пленки значительно более плотные и менее проницаемые, чем первичные. С их появлением энергия активации резко возрастает и затрудняет протекание химических реакций, несмотря на то что температура остается неизменной. Температурный градиент по плоскости и сечению конструкций, который образуется в начальном периоде твердения, обуславливает миграцию химически связанной влаги в область с пониженной температурой. С увеличением температурного градиента увеличивается и скорость ее перемещения, изменяется В/Т, происходят явления массопереноса, из-за чего и наступают деструктивные процессы в твердеющем бетоне.

Сближение частиц цемента в период испарения влаги и при реакциях гидратации зависит от баланса внутренних сил (пленочного расклинивающего давления, капиллярных, межчастичного гравитационного притяжения). Максимальное сближение частиц всегда происходит при определенном влажностном состоянии дисперсии. При этом автором [5] установлено, что поверхностная, связанная адсорбционными силами вода, сама по себе не обеспечивает протекание гидратационных процессов. Для этого необходима объемная (капиллярная) вода, которая по мере увеличения ее содержания сначала скапливается в ограниченных вогнутыми менисками межзерновых стыках, а затем и в межзерновых полостях (капиллярах).

Границей между адсорбционным и капиллярным состоянием для негидратированного цемента является относительная влажность межзерновых пор 23-24%. Именно при такой влажности и начинаются гидратационные процессы. Причем с дальнейшим повышением влажности пор гидратационная активность цемента возрастает пропорционально этому показателю вплоть

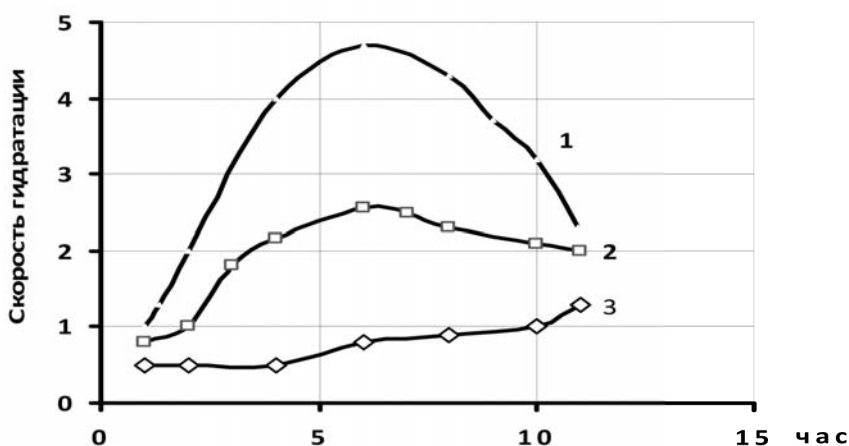


Рис. 2. Зависимость скорости гидратации (v) портландцемента от температуры: 1 – $t = 20$ °C; 2 – $t = 40$ °C; 3 – $t = 60$ °C [5]

до 100%. Следовательно, объективной характеристикой влажностного состояния является не общий показатель влажности, а относительная влажность межзерновых пор в цементном камне или известково-кремнеземистом вяжущем для газобетона. Именно этот показатель отражает истинное содержание воды, участвующей в гидратационном процессе [5]. Таким образом, для эффективного использования тепловой энергии с точки зрения обеспеченности протекания гидратационных процессов нужно существенно повысить контроль над влажностным состоянием твердеющего бетона, а также применять ряд мероприятий, исключающих высушивание-увлажнение теплоносителя: влагоизоляция поверхности изделий, регулирование направления тепловых потоков.

Как уже отмечалось, газобетонный массив имеет существенную разницу температур в центре и в поверхностных слоях, а также различную плотность по высоте изделия. В целом же он в результате экзотермии извести в процессе завершения ее гидратации и начальной гидратации цемента имеет температуру порядка 40-75 °С [2]. В результате массив разделяется на зоны так называемой повышенной прочности, которые в процессе автоклавной обработки способны вызывать напряжения и микротрещины [8]. Особенно часто эти явления протекают при предварительной выдержке массивов в цеху при температуре 18-20 °С. При этом за счет разницы температур (окружающая среда и сам массив) происходит потери как тепла, так и влаги за счет процесса тепло- и массообмена. При длительном выдерживании возможно остывание сырца до 20 °С. Происходит недопустимая в наше время потеря тепловой энергии. Приходится снова затрачивать значительное количество тепла для прогрева изделий до максимальной температуры в автоклаве.

Создавая оптимальные температурно-влажностные условия предварительного выдерживания массива, которые позволяют сохранять энергию, можно управлять кинетикой гидратации цемента и сокращать затраты энергии на первые стадии ТВО [8]. Этим приемом достигается более равномерное распределение температуры по всему объему сырца. Целесообразно повысить температуру газобетонного сырца во

время предварительной выдержки в среднем до 80-90 °С. Дальнейшее повышение температуры в это время может вызвать повреждение структуры газобетона из-за явлений бурного выделения влаги в виде пара и высыхания [9]. Низкая же температура газобетонной продукции не позволяет интенсифицировать теплообмен, ускорить нагрев центра изделия и получить однородный прогрев массива.

Прогрев поданного в автоклав разогретого массива ускоряется в два раза, и за счет этого можно сократить продолжительность тепловой обработки на 3-4 часа [9]. При этом повышается однородность прочности по сечению массива в связи с уменьшением разности температур в центре и на поверхности изделий. Уменьшение температурного перепада между поверхностью газобетона и температурой поступающего в автоклав пара обеспечивает снижение температурных напряжений в материале и повышает качество готовых изделий. В частности, повышение начальной температуры изделий перед автоклавной обработкой с 40 до 85 °С снижает количество бракованных изделий с трещинами с 15 до 1% [8].

Начальная влажность газобетонных изделий перед автоклавной обработкой двояко влияет на процесс запаривания. С одной стороны, увеличение влажности с 20 до 60% приводит к сокращению длительности прогрева в среднем в 1,5 раза, а с другой – к увеличению расхода пара на 30-38% и повышению послеавтоклавной влажности [8]. Рациональной представляется влажность 28-32%, расход пара при этом уменьшается в среднем на 9-13%. Таким образом, оптимальны следующие параметры газобетонного массива: температура – 80-90 °С, влажность – в среднем 30%. На многих же заводах в момент загрузки автоклава средняя температура газобетонного сырца составляет только 50-65 °С без предварительного выдерживания в специальных камерах.

Таким образом, выбор технологических режимов предварительной выдержки целесообразно сопоставлять с разработкой влажностных режимов, исключающих отрицательное влияние массообменных процессов, а также с управлением температурными процессами и скоростью движения теплоносителя.

Список использованных источников

1. Кривицкий М.Я. Ячеистые бетоны (технология, свойства, конструкции) / Кривицкий М.Я., Левин Н.И., Макаричев В.В. – [2-е изд., пер. и доп.]. – М.: Стройиздат, 1972. – 135 с.
2. Мартыненко В.А. Влияние технологических и энергетических параметров газобетонных

изделий на энергозатраты при автоклавной обработке / Мартыненко В.А. // Строительство, материаловедение, машиностроение: Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве: Сб. науч. трудов. Вып. 4. – Днепропетровск: ПГАСА, 2009. – С. 22-26.

3. Хигерович М.И. Изготовление силикатных газобетонных изделий методом вибровспучивания / Хигерович М.И., Левин С.Н. // Строительные материалы. – 1961. – № 9. – С. 34-37.

4. Афанасьев А.А. Тепловая обработка бетона в монолитном домостроении / Афанасьев А.А., Минаков Ю.А., Гурецкий Ю.Б. // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2003. – № 2. – С. 12-13.

5. Шмицько Е.И. Управление процессами твердения бетона в свете решения проблем энергосбережения / Шмицько Е.И. // Строительные материалы. – 1992. – № 11. – С. 7-11.

6. Ратинов В.Б. Химия в строительстве / Ратинов В.Б., Иванов Ф.М. – М.: Стройиздат, 1969.

7. Дмитриевич А.Д. Тепло- и массообмен при твердении бетона в паровой среде / Дмитриевич А.Д. – М.: Стройиздат, 1967. – 243 с.

8. Зейфман М.И. Изготовление силикатного кирпича и силикатных ячеистых материалов / Зейфман М.И. – М.: Стройиздат, 1990. – 184 с.

9. Иванов В.И. Узловые вопросы технологии производства пеносиликатных изделий / Иванов В.И. // Сб. «Крупноразмерные силикатные и пеносиликатные изделия» / Под ред. Попова А.Н. – М.: Госстрой, 1956. – С. 181-185.

ГАЗООБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ Пониженной Плотности

Прохоров С.Б., ООО «НСК-ТЕК»; **Вишневский А.А.**, к.т.н., ГОУ ВПО «Уральский государственный университет – УПИ им. первого Президента РФ Б.Н. Ельцина»

Основным газообразователем, применяемым на заводах по производству ячеистого бетона, является алюминиевая пудра по ГОСТ 5494-95, которая используется совместно с поверхностно-активным веществом [1]. Пудра представляет собой высокодисперсный продукт помола алюминия серебристо-серого цвета. В настоящее время промышленностью выпускаются два вида пудр: ПАП I и ПАП II, отличающихся размером зерен (табл. 1). На практике пудры ПАП I, как правило, применяются для изготовления газобетона плотностью 500 кг/м³ и выше. Для газобетона пониженной плотности чаще всего используют высокодисперсную пудру ПАП II или смесь ПАП I и ПАП II в различных соотношениях.

Табл. 1. Требования к алюминиевым пудрам в соответствии с ГОСТ 5494-95

Марка	Кроющая способность на воде, см ² /г	Гранулометрический состав			Содержание в мас. %					
		Остаток на ситах, мас. %, (номера сеток)			Fe	Si	Cu	Mn	Влага	Жировые добавки
		008	0056	0045						
ПАП I	7000	1,0	–	–	0,5	0,4	0,05	0,01	0,2	3,8
ПАП II	10000	–	0,3	0,5	0,5	0,4	0,05	0,01	0,2	3,8

Алюминиевые пудры хорошо зарекомендовали себя в производстве газобетона, опыт их применения насчитывает без малого 100 лет. Вместе с тем они не лишены недостатков, главный из которых – гидрофобность, что обуславливает необходимость применения ПАВ (сульфанол или стиральный порошок) в процессе приготовления алюминиевой суспензии.

Кроме того, пудры характеризуются высокой степенью пыления, что приводит к повышению взрывоопасности и значительному ухудшению санитарно-гигиенических условий труда. Существенным недостатком является и то, что производители пудр проводят контроль таких показателей, как кроющая способ-

ность на воде, состав и количество примесей, количество жиров, что является важным для лакокрасочных производств. В то же время не осуществляется определение показателей, необходимых для производителей ячеистого бетона, таких как кинетика газовыделения и содержание активного алюминия. Другими словами, производимая сегодня алюминиевая пудра больше ориентирована на производителей лакокрасочных материалов, чем на производителей газобетона.

В этой связи ООО «НСК-ТЕК» в сотрудничестве с ООО «СУАЛ-ПМ» филиал «СУАЛ-ПМ-Краснотурьинск» провели работу по разработке модифицированной алюминиевой пудры,

Табл. 2. Характеристика газообразователей ООО «НСК-ТЕК»

Тип газообразователя	Цвет	Внешний вид	Активность алюминия, мас. %	Остаток на сите № 008, мас. %	Степень пыления, мас. %*
Газобетолит	Светло-серый	Порошкообразный с включениями крупных зерен	90,5	0,7	1,3
Газобетолукс			85,0	0,9	1,0
Газобето+400	Серебристо-серый	Пылевидный	91,0	0,0	2,6
Газобето+500	Серебристо-серый	Пылевидный	92,0	0,5	1,9

* Оценка степени пыления производилась по специально разработанной методике, изложенной в работе [3]. Для сравнения: степень пыления пудры ПАП I составляет 3,5%, ПАП II – 6,0%.

предназначенной для получения газобетона автоклавного твердения пониженной плотности. Ранее ООО «НСК-ТЕК» вышло на рынок с алюминиевыми пастами (табл. 2), характеризующимися сниженным пылением, требуемым объемом газообразования, высокой стабильностью и ускоренным приготовлением [2].

Важным преимуществом новых продуктов являлось и то, что при их разведении отпала необходимость использования поверхностно-активных веществ [3]. Однако разработанные алюминиевые пасты в сравнении с традиционными пудрами имели повышенную стоимость, что для некоторых предприятий стало весьма существенным фактором, препятствующим их применению. По этой причине было принято решение разработать новый газообразователь, в котором максимально сохранялись преимущества алюминиевых паст линейки ООО «НСК-ТЕК», но в то же время их стоимость не отличалась бы от традиционных алюминиевых пудр. При этом продукт должен был быть пред-

назначен для автоклавного газобетона пониженной плотности, востребованность которого возрастает с каждым днем.

В результате этого разработана новая модифицированная пудра «Газобето+400» на основе пудры ПАП II. Пудра «Газобето+400» представляет собой тонкоизмельченный алюминиевый порошок серебристо-серого цвета с пониженным пылением при пересыпании. Частицы указанной пудры обработаны специальными органическими добавками, обеспечивающими стабильность свойств во времени, гидрофильность и пониженное пыление.

Производство новой пудры не отличается от классического способа получения пудр ПАП I и ПАП II. Помол алюминиевого пульверизата осуществляется сухим способом в шаровой мельнице в атмосфере азотно-кислородной смеси. В процессе работы мельницы в зону размола подается комплексная органическая добавка, обеспечивающая гидрофильность и пониженное пыление готового продукта. После

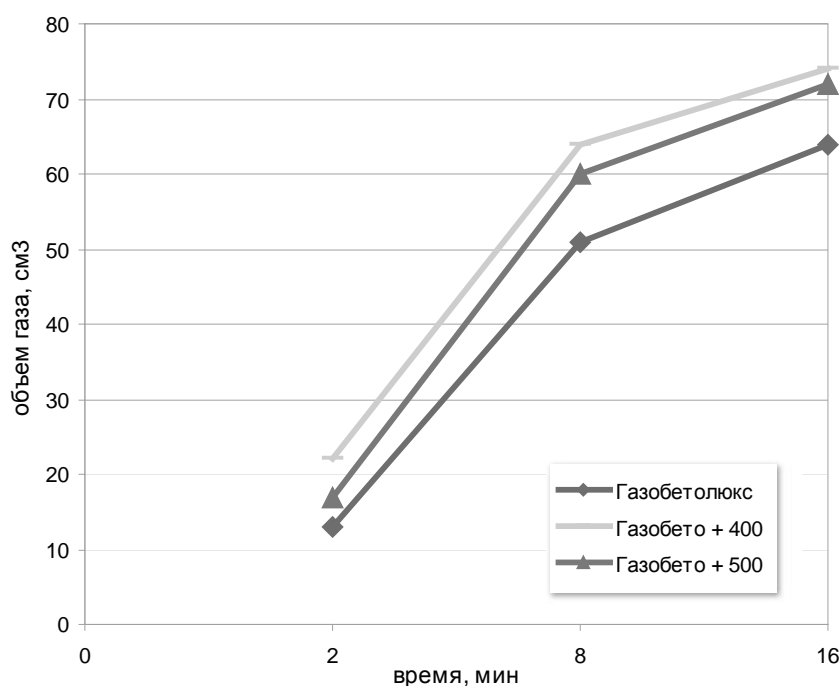


Рис. 1. Кинетика газовыделения разработанных газообразователей

размола, проходя через ряд циклонов, пудра делится по степени измельчения на две марки («Газобето+500» для газобетона марки D500 и выше и «Газобето+400» для газобетона пониженной плотности), которые также отличаются параметрами кинетики газовыделения (рис. 1).

Пудра «Газобето+400» была апробирована при производстве автоклавного газобетона в условиях ООО «ПСО «Теплит». Эксперимент показал, что пудра в соотношении 1 к 10 хорошо размешивается с водой и не требует добавления поверхностно-активного вещества. В течение 25-30 мин. получается однородная алюминиевая суспензия. Видимых включений, состоя-

Табл. 3. Сравнительная характеристика затрат на газообразователь при производстве 1 м³ газозолобетона марки D400

Тип газообразователя	Газообразователь		Поверхностно-активное вещество		Общая стоимость газообразователя, руб.
	Удельный расход, кг/м ³ *	Стоимость 1 кг (без НДС), руб.	Удельный расход, кг/м ³	Стоимость 1 кг (без НДС), руб.	
ПАП II	0,61	115,25	0,03	60,0	72,10
«Газобетолюкс»	0,67	142,40	–	–	95,41
«Газобето+400»	0,61	121,2	–	–	73,93

* Принят по результатам получения оптимальных составов, при оценке влияния газообразователя на свойства газобетона.

щих из непромышленных и несмоченных частиц, по окончании приготовления не обнаруживается. При этом в процессе разведения отмечено сниженное пыление в сравнении с использованием пудры ПАП II. В то же время пыление было более интенсивным, чем при использовании алюминиевых паст «Газобетолюкс» и «Газобетолайт».

Также установлено, что расход газообразователя на приготовление газобетона марки D400 снизился на 10% (0,61 кг/м³) в сравнении с расходом на аналогичный газобетон пасты «Газобетолюкс». Указанная особенность связана с активностью алюминиевой пудры «Газобето+», которая выше, чем активность пасты «Газобетолюкс». При этом следует отметить, что получение газобетона марки D400 на пасте «Газобетолюкс» в условиях ООО «ПСО «Теплит» было проблематичным в связи со сложностью согласования процессов газовой выделения и твердения портландцемента. Тогда как на пудре «Газобето+400» формирование структуры газобетона пониженной плотности проходило стабильно.

Процесс формирования структуры имел следующие особенности. Газовыделение происходило достаточно интенсивно и завершалось через 5-7 мин. Набор предварительной прочности (требуемой для дальнейшей распалубки и резки) проходил в течение 90-100 мин., что сопоставимо с обычным временем твердения газозолобетонных массивов на сырьевых компонентах, используемых ООО «ПСО «Теплит». На сформированных массивах не отмечалось просадки или ее значение было минимальным (0,5-1 см). Других особенностей при производ-

стве газозолобетона на пудре «Газобето+400» не зафиксировано.

Газозолобетон, изготовленный с применением пудры «Газобето+400», характеризовался равномерной макроструктурой. Имел плотность 420 кг/м³, прочность 33 кг/см² (класс по прочности B2) и полностью удовлетворял требования ГОСТ 31360-2007.

Для оценки экономической эффективности от применения алюминиевых пудр провели расчет затрат на газообразователь при получении газобетонной смеси. Из представленных данных (табл. 3) видно, что общие затраты на газообразователь при использовании «Газобето+400» лишь незначительным образом отличаются от стоимости газообразователя на традиционной пудре ПАП II.

Таким образом, проведенные исследования показали, что разработанная пудра «Газобето+400» характеризуется высокой активностью и сниженным пылением. Продукт хорошо смешивается с водой, не требуя добавления ПАВ при получении алюминиевой суспензии. В процессе формирования структуры газовой выделение происходит достаточно интенсивно, при этом просадки сформированной массы не наблюдается. Указанная пудра является эффективным газообразователем для получения газобетона пониженной плотности, при этом ее стоимость не отличается значительно от традиционно используемых для этих целей пудр ПАП I и ПАП II. В связи с этим пудра «Газобето+400» может быть рекомендована производителям в качестве газообразователя для изготовления автоклавного газобетона плотностью 400 кг/м³ и ниже.

Список использованных источников

1. Сажнев Н.Н., Гончарик В.Н., Гарнашевич Г.С. и др. Производство ячеистобетонных изделий: Теория и практика. – Мн.: Стринко, 1999. – 284 с.

2. Прохоров С.Б., Короткий М.А. Опыт и особенности применения алюминиевых паст марок «Газобетолайт», «Газобетолюкс» и

«Газобетоласт» // Строительные материалы. – 2008. – № 1. – С. 20-22.

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

ЯЧЕИСТЫЙ БЕТОН ПОНИЖЕННОЙ ПЛОТНОСТИ ДЛЯ ИЗОЛЯЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО И ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Богданова Н.П., Белов И.А., Подлuzский Е.Я., ГП «Институт НИИСМ», г. Минск, Республика Беларусь;
Клинчук Е.С., Вербицкая Т.Л., ОАО «Сморгоньсиликатобетон», Гродненская обл., Республика Беларусь

УДК 666.973.536.63

В настоящее время в Республике Беларусь выпускаются плиты теплоизоляционные из ячеистого бетона в соответствии с требованиями СТБ 1034-96 «Плиты теплоизоляционные из ячеистых бетонов. Технические условия». Плиты предназначены для утепления строительных конструкций и тепловой изоляции промышленного оборудования при температуре изолируемой поверхности до 400 °С. Нормируемая марка плит по средней плотности D150, D200, D250, D300, D350 и D400.

Производство теплоизоляционных плит из ячеистого бетона автоклавного твердения марок по средней плотности D150-D250 освоено на ОАО «Гродненский комбинат строительных материалов» и ОАО «Сморгоньсиликатобетон».

Технология производства автоклавного ячеистого бетона пониженной плотности имеет определенные особенности. Получение ячеистого бетона средней плотностью 150-200 кг/м³ и требуемой прочности на сжатие – сложнейшая технологическая задача. У такого бетона более 90% объема занимают газовые и капиллярные поры, поэтому межпоровый «скелет» должен обладать достаточной прочностью. Для создания такого бетона необходимо, чтобы компоненты ячеистобетонной смеси для получения теплоизоляции имели более высокие качественные показатели, чем при производстве конструкционного бетона. Активность ячеистобетонной смеси должна быть 18-20%, удельная поверхность известково-песчаного вяжущего – ~ 5000 см²/г, удельная поверхность песка в песчаном шламе – ~ 3000 см²/г, водотвердое отношение, как правило, составляет 0,60-0,65.

В процессе исследований и разработки технологии производства ячеистого бетона пониженной плотности [1, 2] было установлено, что для стабилизации сформировавшегося массива необходимо применение специальных добавок. Ранее учеными была разработана комплексная химическая добавка СПК на основе омыленной абиетиновой смолы [3].

В течение последних лет экспериментальные исследования государственного предприятия «Институт НИИСМ» были направлены на повышение прочностных показателей автоклавного ячеистого бетона пониженной плотности как за счет увеличения прочности силикатного камня дисперсным армированием волокнистыми добавками, так и в результате повышения качества пористой структуры материала.

Дисперсное армирование силикатного камня волокнистыми добавками – эффектив-

ный технологический прием [4]. Армирование позволяет активно влиять на характер напряженного состояния матрицы ячеистого бетона при приложении нагрузок и за счет перераспределения напряжений тормозит процессы развития трещин и разрушения материала.

При проведении исследований по дисперсному армированию ячеистого бетона использовались сухие отходы асбестоцементного производства. Введение до 12-30% асбестоцементных отходов в состав известково-песчаного вяжущего позволяло повысить прочность ячеистого бетона при изгибе в 1,8-2,2 раза. Однако из-за непостоянного состава данных отходов использовать их в производственном процессе сложно, а применение волокнистого асбеста в настоящее время ограничено. По этой причине в качестве армирующего компонента использовался волластонит марки Casiflux F75, предоставленный для исследований компанией Glass Technology International. Химический состав волластонита: CaO – 44,5%, SiO₂ – 53%, Fe₂O₃ – 0,16%, Al₂O₃ – 0,8%, MgO – 0,6%, насыпная плотность – 450 кг/м³.

Волластонит широко используется в европейских странах как заменитель асбеста. Он применяется в качестве добавки-наполнителя в пластмассах, цветной металлургии, шинной, асбестоцементной и лакокрасочной промышленности, при производстве керамики и огнеупоров.

Для волластонита характерна игольчатая структура кристаллов с отношением длины волокна к его диаметру в зависимости от марки (L/D) от 3:1 до 20:1. Игольчатость является определяющим фактором для упрочнения и повышения долговечности и износостойкости строительных материалов. Использование волластонита целесообразно при изготовлении

изоляционных плит из силиката кальция, которые выдерживают температуру до 1400 °С и применяются для футеровки изложниц для приема жидкого алюминия и других металлов. Микроармирующие свойства волластонита обеспечивают безупрочность изготавливаемых с его применением материалов различного назначения.

В результате экспериментальных исследований по применению волластонита в производстве композиционных строительных материалов и изделий было выявлено его физико-химическое сродство с известково- и цементосодержащими сырьевыми композициями. Активная избирательная адсорбция продуктов гидратации связующего оказывает существенное влияние на реологические параметры, формирование структуры, прочностные и деформативные свойства затвердевших композитов.

Предварительные исследования свойств ячеистого бетона средней плотностью 150-200 кг/м³ в лабораторных условиях подтвердили эффективность использования волластонита марки Casiflux F75 в качестве армирующей добавки. Промышленные испытания были проведены на ОАО «Сморгонь-силикатобетон» на технологической линии «Силбетблок» по действующей технологии производства ячеистого бетона.

При изготовлении теплоизоляционных плит из ячеистого бетона марок по средней плотности 150-200 кг/м³ использовались следующие сырьевые материалы:

- известково-песчаное вяжущее с активностью 36-38%, удельная поверхность – 4950-5100 см²/г;
- портландцемент ПЦ 500 Д0;
- пудра алюминиевая парафинированная марки ПАП I по ГОСТ 5494;
- песчаный шлам, удельная поверхность – 3000-3100 см²/г;
- волластонит марки Casiflux F75;
- СПК-200 – воздухововлекающая добав-

ка, приготовленная на основе омыленного клея канифольного, модифицированного жидким стеклом по ТУ РБ 100122953.312.

При расчете и подборе сырьевых смесей исходили из намерения получить теплоизоляцию марки по средней плотности D150-200 кг/м³. Расчетная активность бетонной смеси составляла 20%. Количество алюминиевого газообразователя – 0,53-0,58% от массы сухих. Добавку СПК-200 вводили в количестве 0,38-0,55% от массы сухих. Количество добавки волластонита – 2-3% от массы сухих.

Последовательность загрузки компонентов в виброгазобетоносмеситель использовалась по действующей на ОАО «Сморгонь-силикатобетон» схеме. Весь цикл перемешивания сырьевой смеси составлял 3-4 мин.

Автоклавную обработку заформованных массивов осуществляли по следующему режиму: подъем давления до 0,8-1,0 МПа (3-4 часа), выдержка при давлении 0,8-1,0 МПа (7-8 часов) и спуск давления в течение 4 часов. Общий цикл запаривания составлял 15-16 часов.

Составы и технологические свойства смесей при формировании приведены в табл. 1.

При исследовании технологических параметров сырьевой смеси регистрировали следующие характеристики:

- начальную температуру смеси (Т_н);
- температуру начала роста массива (Т_в);
- конечную температуру разогрева массива после роста (Т_к);
- растекаемость смеси по Суттарду, время роста массива.

Начальная температура сырьевой смеси при разгрузке из смесителя составляла 28-30 °С, рост (вспучивание) массивов начинался при температуре 46-47 °С, конечная температура массива достигала 94-96 °С; растекаемость варьировалась от 32 до 38 см. Время роста ячеистобетонного сырца составляло 4-6 минут.

Исследования физико-механических и теплотехнических свойств теплоизоляционных плит

Табл. 1. Составы сырьевых смесей и технологические свойства при формовке ячеистого бетона плотностью D200 кг/м³

Шифр массива, количество СПК	Количество добавки волластонита F75, % от Р _{сух}	Т _н , °С	Т _в , °С	Т _к , °С	Растекаемость по Суттарду, см	Время роста массива, мин.
Контрольный Ю-56 СПК – 0,38%	–	30	47	94,5	32	4,30
Контрольный Ю-57 СПК – 0,55%	–	28	46	94	38	4,50
Ю-58 СПК – 0,55%	2-3	28	46	94	36	5,20
Ю-59 СПК – 0,55%	3-5	28	46	96	33	6,00

Табл. 2. Физико-механические свойства экспериментальных образцов ячеистого бетона

№	Средняя плотность в сухом состоянии, кг/м ³	Теплопроводность в сухом состоянии при температуре 250 °С, Вт/(м·°С)	Предел прочности при сжатии, МПа	Предел прочности при изгибе, МПа	Усадка при высыхании, мм/м	Линейная температурная усадка при 600 °С, %	Линейная температурная усадка при 900 °С, %	Сорбционная влажность W, % по массе при относительной влажности воздуха φ, %		Паропроницаемость μ, мг/м·ч·Па
								75,5	86,5	
Контрольный Ю-56	170	0,054	0,50	0,22	0,21	2,4	2,8	2,31	3,39	0,373
Контрольный Ю-57	175	0,054	0,66	0,25	0,18	2,2	2,7	2,32	3,50	0,375
Ю-58	211	0,56	0,83	0,45	0,11	1,6	2,0	2,36	3,61	0,306
Ю-59	217	0,057	0,93	0,58	0,09	1,4	1,8	2,38	3,64	0,307

проводились по стандартным методикам. Результаты исследований представлены в табл. 2.

Из результатов исследований, приведенных в табл. 2, следует, что решающее влияние на свойства ячеистого бетона оказывает количество вводимой в ячеистобетонную смесь добавки волластонита. Образцы с добавкой до 5% волластонита имеют прочность при сжатии и изгибе в два раза выше по сравнению с контрольными образцами и отличаются более низкими значениями усадки при высыхании и линейной температурной усадки при нагревании.

В связи с тем, что одной из основных областей использования в практике строительства плит теплоизоляционных из ячеистого бетона является теплоизоляция ограждающих конструкций, были выполнены экспериментальные исследования по определению теплозащитных свойств теплоизоляции на основе плит теплоизоляционных, изготовленных из массива Ю-59.

Термическое сопротивление слоя теплоизоляции из плит теплоизоляционных из ячеистых бетонов средней плотностью 200 кг/м³ определялось в климатической камере на фрагменте бесшовной кладки толщиной 150 мм. Испытание выполнено по ГОСТ 26254-84 «Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конст-

рукций». Схема монтажа датчиков температур и тепловых потоков в теплом отсеке климатической камеры показана на рис. 1.

Результаты экспериментального определения термического сопротивления фрагмента представлены в табл. 3.

Основные теплотехнические показатели стационарного режима в климатической камере представлены на рис. 2-4.

Табл. 3. Результаты экспериментального определения термического сопротивления фрагмента из плит теплоизоляционных из ячеистых бетонов

Теплотехнические показатели	Значение
Температура воздуха в теплом отсеке климатической камеры, тв, °С	17,7
Температура воздуха в холодном отсеке климатической камеры, тн, °С	минус 20,7
Температура поверхности испытываемого фрагмента (теплый отсек климатической камеры), тв, °С	16,8
Температура поверхности испытываемого фрагмента (холодный отсек климатической камеры), тн, °С	минус 18,4
Плотность теплового потока через испытываемый фрагмент, qв, Вт/м ²	13,28
Термическое сопротивление R, м ² ·°С/Вт	2,651

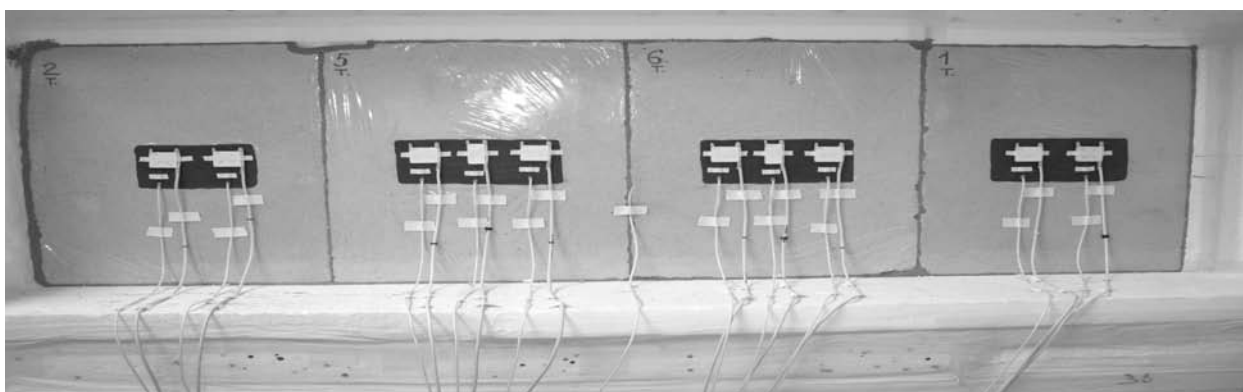


Рис. 1. Схема монтажа датчиков температур и тепловых потоков на фрагменте бесшовной кладки толщиной 150 мм из плит теплоизоляционных из ячеистых бетонов (теплый отсек климатической камеры)

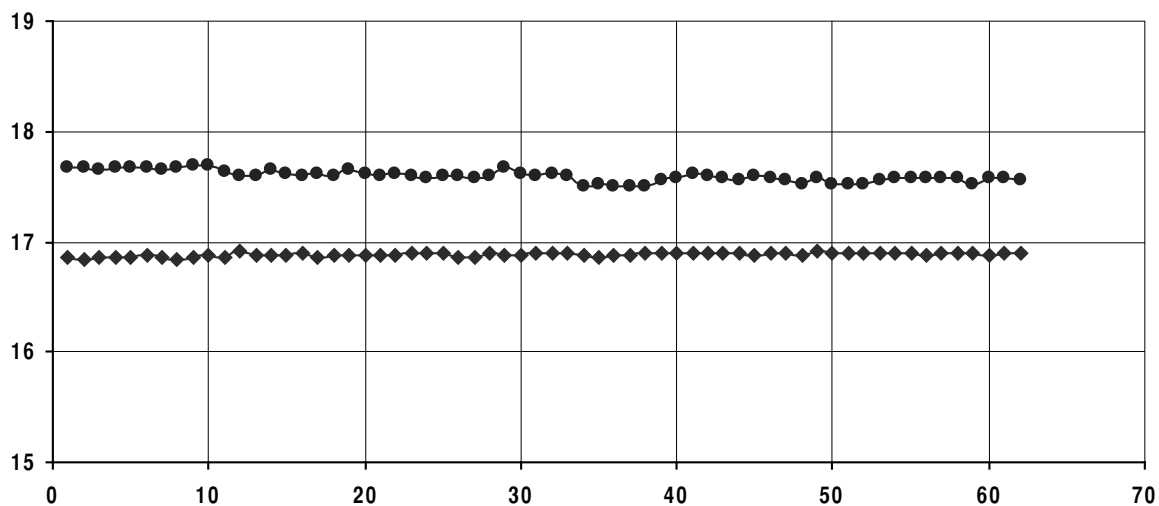


Рис. 2. Температуры воздуха, t_a , °С и поверхности фрагмента, τ_a , °С бесшовной кладки из плит теплоизоляционных из ячеистых бетонов марки 200 (теплый отсек климатической камеры)

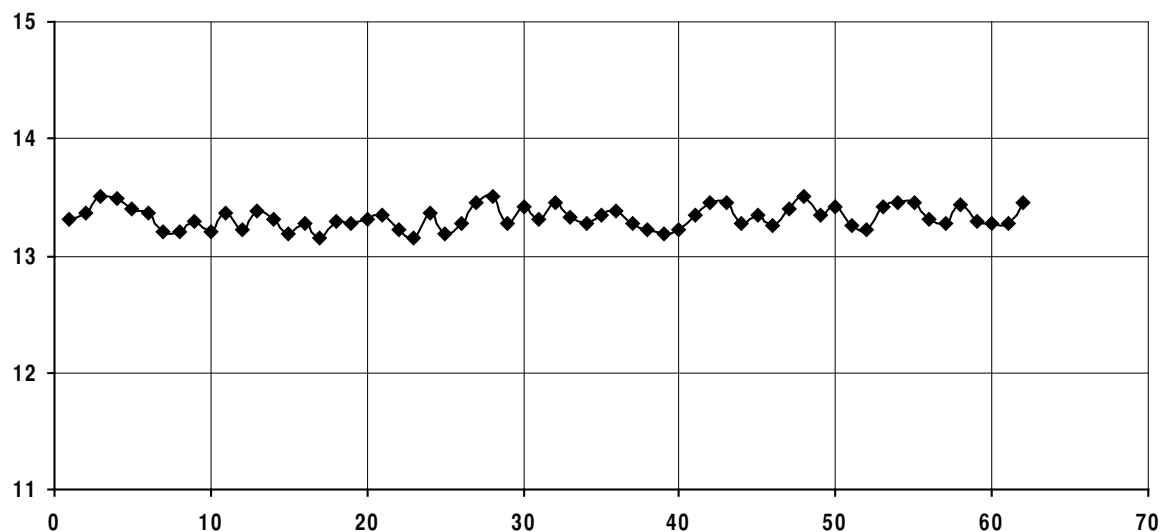


Рис. 3. Плотность теплового потока, q_a , Вт/м² (теплый отсек климатической камеры)

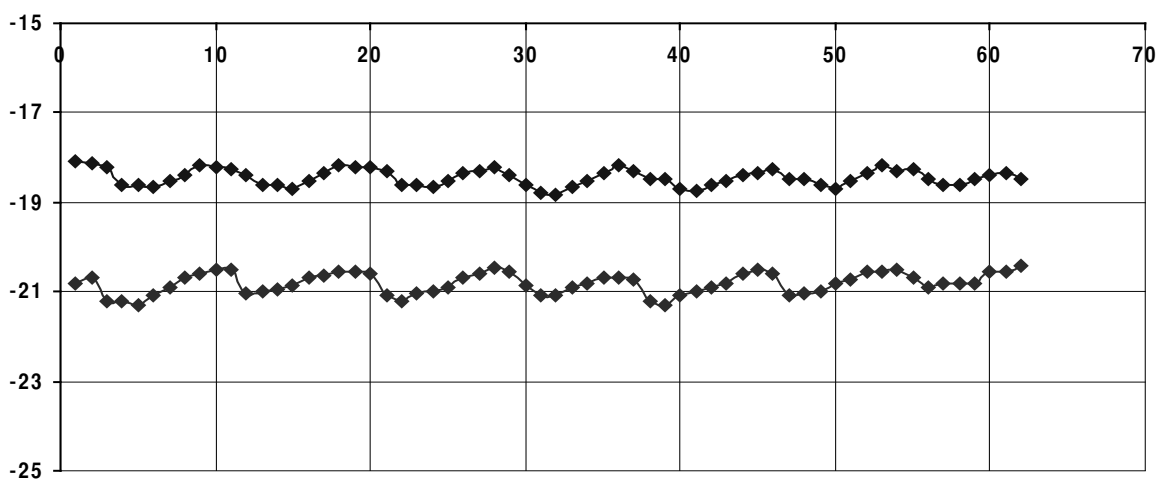


Рис. 4. Температуры воздуха, t_n , °С и поверхности фрагмента, τ_n , °С бесшовной кладки из плит теплоизоляционных из ячеистых бетонов марки 200 (холодный отсек климатической камеры)

Из полученных результатов следует, что термическое сопротивление фрагмента теплоизоляционного слоя толщиной 150 мм из плит теплоизоляционных из ячеистых бетонов средней плотностью 200 кг/м^3 составляет $2,651 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, теплопроводность – $0,057 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$, что обуславливает эффективность использования плит теплоизоляционных из ячеистого бетона для теплоизоляции.

Исследования влияния добавки волластонита на минералогический состав образцов ячеистого бетона проводились рентгенографическим и дериватографическим анализом контрольного образца Ю-56 и образцов с добавкой волластонита Ю-58 и Ю-59. Дифрактограммы исследованных образцов близки. Гидросиликаты как контрольного состава (Ю-56), так и составов (Ю-58, Ю-59), представлены группой гелевидных гидросиликатов CSH (I) и тоберморита. Введение добавки волластонита способствует увеличению количества тоберморита и повышению степени его закристаллизованности.

Термическая стойкость опытных образцов ячеистого бетона определялась воздушными теплосменами. После высушивания образцов до постоянной массы их помещали в печь, предварительно разогретую до расчетной температуры (600 °C), и выдерживали при этой температуре один час. Колебания температуры в печи составляло $\pm 20 \text{ °C}$. Через час образцы вынимали из печи и охлаждали струей воздуха до комнатной температуры. Затем нагревание

Табл. 4. Результаты испытаний теплоизоляционного бетона на термостойкость при $T = 600 \text{ °C}$

№ состава	Потери массы, %			Остаточная прочность после 20 теплосмен, %
	После 5 теплосмен	После 10 теплосмен	После 20 теплосмен	
Ю-56				
1	4,4	5,6	7,2	40
2	2,7	3,8	8,3	42
3	3,1	4,9	9,1	42
Ю-57				
1	2,9	4,7	8,9	44
2	2,9	5,1	7,4	42
3	3,6	4,9	6,4	41
Ю-58				
1	2,4	3,4	4,5	64
2	1,9	2,6	3,7	68
3	2,0	2,9	3,9	62
Ю-59				
1	2,0	2,9	4,9	70
2	2,4	3,4	4,3	68
3	2,0	3,2	4,4	70

повторяли. Каждый нагрев и охлаждение на воздухе являлись теплосменой. После каждой теплосмены остывшие образцы осматривали, отмечали появление трещин, характер разрушения и определяли потерю массы.

Количество теплосмен, вызвавших разрушение образцов или потерю бетоном 20% первоначальной массы, принимали за термическую стойкость бетона в воздушных теплосменах (табл. 4).

После 20 воздушных теплосмен образцы составов ячеистого бетона с волластонитом Ю-58, Ю-59 имеют потерю массы, не превышающую 5%, остаточная прочность образцов – более 60%. Это подтверждает возможность применения данного бетона для изоляции теплового оборудования с температурой изолируемой поверхности до 600 °C .

Проведены исследования и получены экспериментальные данные по прочностным и усадочным характеристикам образцов плит с добавкой 15% волластонита в интервале температур от 600 до 1200 °C и установлена возможность их применения для изоляции тепло-технического оборудования с температурой изолируемой поверхности (контактная температура) до 1000 °C .

Теплоизоляционные плиты, изготовленные на ОАО «Сморгоньсиликатобетон» с добавкой Casiflux F75, установлены ООО «Завод Элласт» (г. Новолукомль, Беларусь) в плавно-раздаточные печи СВО, изготовленные для ОАО «БАТЭ» (г. Борисов, Беларусь), ОАО «Минский электромеханический завод», ОАО «Минский моторный завод», и проходят ресурсные испытания. Работа по использованию плит продолжается. Заводом «Элласт» на ОАО «Сморгоньсиликатобетон» заказаны плиты для дальнейших опытно-промышленных испытаний.

Список использованных источников

1. Гончарик В.Н., Белов И.А., Богданова Н.П., Гарнашевич Г.С. Теплоизоляционный ячеистый бетон // *Строительные материалы*. – 2004. – № 3. – С. 24-25.
2. Богданова Н.П., Гончарик В.Н., Белов И.А., Гарнашевич Г.С. О повышении потребительских свойств ячеистобетонных изделий // *Архитектура и строительство*. – 2004. – № 2. – С. 100-102.
3. Патент РБ № 7119. Комплексная добавка для ячеистого теплоизоляционного бетона, приоритет от 27.12.2001.
4. ГОСТ 24748-2003 «Изделия известково-кремнеземистые теплоизоляционные. Технические условия».

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К СВОЙСТВАМ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ БЛОКОВ

Белов И.А., Богданова Н.П., Сенатова К.С., ГП «Институт НИИСМ», г. Минск, Республика Беларусь

УДК 692.2:691.327.33

Ячеистый бетон – это уникальная система, отвечающая современным требованиям к строительным материалам по теплозащитным показателям и широко используемая в практике строительства. С каждым годом объем производства ячеистого бетона автоклавного твердения в Республике Беларусь увеличивается – после реконструкции ряда предприятий производственные мощности ячеистого бетона превышают 4 млн. м³/год. Основным видом продукции из ячеистого бетона является мелкий стеновой блок.

С 2007 г. в Беларуси было организовано производство ячеистых бетонов неавтоклавного твердения на следующих предприятиях: РУП «СМТ-22» (г. Новополоцк, Витебская обл.); ООО «Первый пенобетонный завод» (г. Борисов, Минская обл.); ООО «Кубок» (г. Осиповичи, Могилевская обл.), ООО «Белторгдекор» (г. Гомель); СООО «Пионер-Брест» (г. Иваново, Брестская обл.) и др.

Ячеистый бетон неавтоклавного твердения по физико-механическим свойствам уступает бетонам автоклавного твердения по показателям усадки при высыхании и по прочности в сопоставимых плотностях. Для дальнейшего развития производства бетона неавтоклавного твердения в СТБ 1117-98 «Блоки стеновые из бетонов ячеистых. Технические условия» были внесены изменения, позволяющие производить неавтоклавный бетон марок по средней плотности D500, D550 классом по прочности В1,0. Несмотря на снижение требований в ТНПА к неавтоклавному бетону, относящихся к прочностным показателям, он не получил широкого применения и не смог конкурировать с бетоном автоклавного твердения не только по техническим свойствам, но и по себестоимости.

Основными производителями ячеистого бетона автоклавного твердения в Беларуси являются ЗАО «Могилевский комбинат силикатных изделий», ОАО «Гродненский КСМ», ОАО «Гомельстройматериалы», ОАО «Забудова», ОАО «Сморгоньсиликатобетон», АО «Оршастройматериалы», ОАО «Минский комбинат силикатных изделий», ОАО «Березовский комбинат силикатных изделий», ОАО «Красносельскстройматериалы», ОАО «Любанский ЗСБ», ООО «Газосиликат». На ряде предприятий произведена реконструкция, установлены новые технологические линии, позволяющие производить блоки точных геометрических размеров (для кладки I-II категории).

Высокое качество продукции из ячеистого бетона явилось определяющим фактором в разработке и совершенствовании технической нормативной базы на ячеистый бетон и изделия на его основе.

В республике действуют следующие нормативно-технические документы, регламентирующие физико-технические, теплотехнические и эксплуатационные показатели свойств ячеистого бетона и изделий на его основе:

- СТБ 1570-2005 «Бетоны ячеистые. Технические условия»;
- СТБ 1034-96 «Плиты теплоизоляционные из ячеистых бетонов. Технические условия»;
- СТБ 1117-98 «Блоки из ячеистых бетонов стеновые. Технические условия»;
- СТБ 1330-2002 «Ступени лестничные из ячеистого бетона. Технические условия»;
- ГОСТ 19570-74 «Панели из автоклавных ячеистых бетонов для внутренних несущих стен, перегородок и перекрытий жилых и общественных зданий. Технические требования»;
- СТБ 1332-2002 «Блоки лотковые и перемычки из ячеистого бетона. Технические условия»;
- СТБ 1185-99 «Панели стеновые наружные бетонные и железобетонные для зданий и сооружений. Общие технические условия»;
- СТБ 1974-2009 «Бетоны ячеистые. Общие требования к методам испытаний»;
- СТБ 1724-2007 «Утеплитель дробленый из ячеистых бетонов. Технические условия»;
- ТКП 45-2.04-43-2006 «Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования»;
- ТКП 45-5.03-137-2009 «Изделия из ячеистого бетона. Правила изготовления».

В процессе объединения ряда стран в Европейский Союз разработана единая система европейских стандартов на продукцию,

обязательная для применения во всех странах-членах Союза. Для снятия определенных технических барьеров с 2008 г. в Республике Беларусь введены в действие европейские стандарты СТБ EN 771-4-2007 «Требования к строительным блокам. Часть 4. Строительные блоки из автоклавного ячеистого бетона», а также серия СТБ EN 772, СТБ EN 680 на методы испытаний строительных блоков. СТБ EN гармонизированы с Директивой 89/106/ЕЕС европейских стандартов. При поставке блоков в страны Евросоюза соответствие блоков определяется по СТБ EN 771-4-2007.

Требования к ячеистому бетону по размерам и предельным отклонениям от размеров в европейских нормах и в действующем СТБ 1117-98 практически аналогичны, но есть и отличия. Сравнительный анализ требований по физико-механическим свойствам приведен в табл. 1.

Существует множество спорных мнений по вопросу оценки морозостойкости ячеистых бетонов, поэтому следует более подробно остановиться на необходимости контроля данного показателя.

Большинство оппонентов считает возможным полное исключение контроля морозостой-

Табл. 1. Сравнительный анализ требований к блокам из ячеистого бетона

Основные показатели	СТБ 1117-98	СТБ EN 771-4-2007
Прочность при сжатии	Регламентируется классом бетона в зависимости от марки бетона по средней плотности В1,0-В12,5	Независимо от плотности бетона прочность должна быть не менее 1,5 МПа (Н/мм ²)
Средняя плотность	Регламентируется марками бетона по средней плотности от D350 до D1100 в диапазоне ± 25 кг/м ³ , D350 – (325-375 кг/м ³)	Плотность нетто в сухом состоянии от 300 до 1000 кг/м ³ . Отклонения плотности блоков в сухом состоянии от декларируемых значений не должны превышать ± 50 кг/м ³
Усадка при высыхании бетона	Не более: <ul style="list-style-type: none"> 0,5 мм/м – на кварцевом песке; 0,7 мм/м – на других кремнеземистых компонентах 	Значение усадки не регламентируется. Когда обусловлено предусмотренной областью применения, изготовитель определяет усадку в соответствии с СТБ EN 680
Теплопроводность	Значения регламентируются требованиями СТБ 1570 и ТКП 45-2.04-43-2006 (02250) «Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования»	В соответствии с СТБ EN 1745
Влажность	Не должна превышать, % по массе: <ul style="list-style-type: none"> 25 – на основе песка; 35 – на основе золы, тонкомолотой извести и отходов ячеистобетонного производства 	Не нормируется
Морозостойкость (долговечность)	F50, F35, F25 – для блоков наружных стен; F25 – для блоков внутренних стен подвалов, подвергающихся воздействию температур ниже минус 15 °С	Не нормируется, но в случаях, когда обусловлено областью применения, изготовитель должен провести испытания на морозостойкость
Водопоглощение	Не нормируется	Для всех видов блоков, применяемых в конструкциях снаружи с незащищенными лицевыми поверхностями, изготовитель должен указывать максимальное значение водопоглощения блоков через 10, 30 и 90 мин. (водопоглощение при капиллярном подсосе)
Горючесть	Блоки относятся к группе негорючих материалов по ГОСТ 30244	Для блоков, к которым предъявляются требования по противопожарной защите, должен быть указан класс горючести. Декларируемый класс горючести от А1 до F
Паропроницаемость	Не нормируется	Для блоков, применяемых в наружных строительных конструкциях, а также в случаях, когда это требуется для предусмотренных областей применения, изготовитель предоставляет данные по паропроницанию или определяет паропроницаемость в соответствии с EN ISO 12572.
Прочность сцепления с раствором	Не нормируется	Должно быть не менее декларируемого значения

* Методики определения усадки при высыхании по СТБ 1570 и СТБ EN 680 идентичны.

кости исходя из того, что данный показатель не регламентируется в некоторых европейских странах. Однако это не совсем так. Согласно СТБ EN 771-4 в п. «5.7 Долговечность» указывается что «...в случаях, когда обусловлено областью применения блоков, изготовитель должен выполнить испытания блоков из ячеистого бетона на морозостойкость со ссылкой на нормы и правила, действующие на территории их применения».

Накопленный в настоящее время в Беларуси опыт по долговечности однослойных конструкций позволяет утверждать, что требования по обязательному соответствию конструкционно-теплоизоляционного ячеистого бетона марки по морозостойкости не ниже F25 являются обоснованными с учетом климатических особенностей региона. По данным испытательного центра Государственного предприятия «Институт НИИСМ», все производители конструкционно-теплоизоляционного бетона обеспечивают марку не ниже F25 при соблюдении технологических параметров производства. Показатель морозостойкости является показателем качества поровой структуры конструкционно-теплоизоляционного ячеистого бетона.

Для блоков стеновых из ячеистых бетонов автоклавного твердения класс бетона по прочности на сжатие в зависимости от плотности регламентируется в СТБ 1117-98 от B1,0 до B12,5.

Фактическая прочность бетона должна соответствовать требуемой, назначаемой по ГОСТ 18105 в зависимости от нормируемой прочности бетона, указанной в заказе, и от показателей фактической однородности бетона (п. 4.2.1.4 СТБ 1117-98).

Класс бетона устанавливается в соответствии с ГОСТ 18105-86 «Бетоны. Правила контроля прочности». Приемка бетона осуществляется путем сравнения его фактической прочности с нормируемой с учетом характеристик однородности бетона.

В качестве характеристик однородности бетона, используемой при контроле для определения требуемой прочности R_r , вычисляют средний коэффициент вариации прочности V_n по всем партиям бетона за анализируемый период. Продолжительность контролируемого периода, в течение которого может использоваться установленное значение требуемой прочности, следует принимать от одной недели до двух месяцев. Число единичных значений должно составлять не менее 30. В течение анализируемого периода для каждой партии бетона вычисляют среднее квадратичное отклонение и коэффициент вариации прочности, а затем уже

рассчитывают среднее значение партионного коэффициента вариации прочности бетона за анализируемый период. Требуемую прочность бетона за анализируемый период определяют как:

$$R_m = K_m B_{\text{норм}}, \quad (1)$$

где $B_{\text{норм}}$ – нормируемое значение прочности бетона, МПа, для бетона данного класса по прочности на сжатие;

K_m – коэффициент требуемой прочности, принимаемый от среднего коэффициента вариации прочности бетона V_n по всем партиям за анализируемый период.

Для автоклавного ячеистого бетона коэффициент требуемой прочности (K_m) в зависимости от коэффициента вариации изменяется от 1,08 до 1,57.

В начальный период, до накопления необходимого для ведения статистического контроля числа результатов испытаний, требуемую прочность бетона R_m определяют по формуле:

$$R_m = 1,1 (B_{\text{норм}} / 0,7). \quad (2)$$

Наиболее востребованным сейчас является бетон марки по средней плотности D500 класса B2,5. В соответствии с формулой для расчета требуемой прочности в начальный период (п. 4.4 ГОСТ 18105) для ячеистого бетона B2,5 прочность должна быть не менее 3,93 МПа, а при постоянном выпуске, за анализируемый период, требуемая прочность может снизиться до 2,70 МПа.

В связи с определенными разночтениями при оценке класса бетона по прочности, которые возникают в спорных ситуациях между потребителем и изготовителем, в случае когда отбор проб производится «вслепую», класс бетона по прочности по пробам из отобранной партии не совпадает с классом бетона производителя. У некоторых производителей коэффициент вариации прочности менее 6%, а разброс значений по плотности достигает 50 кг (± 25). Отчасти это можно объяснить отбором блоков для контроля прочности с одного и того же места в массиве. Подобных разночтений нет при оценке прочности по европейским нормам.

При определении прочностных свойств бетона по европейским нормам СТБ EN 772-1 в качестве характеристики однородности бетона, используемой при контроле, рассчитывают также среднее квадратичное отклонение и коэффициент вариации прочности бетона, а затем характеристическую прочность, среднюю и нормативную прочность из определенной выборки образцов, на которых проводят испытания на соответствие требований СТБ EN 771-4.

Оценка прочностных требований по европейским методам наиболее объективна, так как учитывается конкретная выборка.

На основании вышеизложенного можно считать, что при оценке качества блоков стеновых из ячеистого бетона по показателю прочности при сжатии, необходимо сделать следующее.

Установить единый и четкий порядок отбора образцов для физико-механических испытаний.

Прочность бетона в маркировке должна указываться не классом бетона по прочности, а конкретным значением, как среднеарифметическая величина и как характеристическое значение прочности при сжатии блоков с указани-

ем коэффициента вариации. При независимом контроле прочность при сжатии должна быть не менее декларируемого значения, а отдельные значения прочности при сжатии должны составлять не менее 80% от среднего декларируемого значения, или 90% от характеристического декларируемого значения, как это принято в СТБ EN 771-4.

Принятие европейских стандартов в части требований к строительным блокам позволит расширить экспорт продукции, а также снять технические барьеры, возникавшие при реализации в Беларуси инвестиционных проектов. Иностранные инвесторы смогут работать в нашей стране, используя общеевропейские технические нормы в строительстве.

ДОЛОМИТОВАЯ ИЗВЕСТЬ ИЗ СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Подлuzский Е.Я., первый заместитель генерального директора по науке; **Новиков В.С.**, зав. сектором извести (докладчик); **Сенатова К.С.**, н. с., государственное предприятие «Институт НИИСМ», г. Минск, Республика Беларусь

Сувеличением объемов промышленного, гражданского и сельскохозяйственного строительства в Республике Беларусь возникает необходимость в наращивании производственных мощностей основных видов строительных материалов, прежде всего, силикатного кирпича и ячеистого бетона, а также вяжущих для их производства, в частности, извести.

В отличие от многих геологических регионов земного шара в Республике Беларусь до настоящего времени не обнаружено крупных месторождений камневидных известняков, которые могли бы служить местной сырьевой базой для современной известковой промышленности.

Основным источником сырья для производства извести в республике служат многочисленные, в том числе и крупные месторождения более или менее чистых, но землистых и, как правило, сильно увлажненных меловых пород. Нередко в этих породах содержатся камневидные кремнеземистые включения различных размеров. Такое состояние известкового сырья чрезвычайно затрудняет все технологические процессы его переработки: добычу, погрузочно-разгрузочные работы, продвижение по технологической линии, выделение примесей и камневидных включений, дозирование и равномерное питание технологических агрегатов. В зимнее время влажная меловая масса

смерзается в прочный монолит, который при оттаивании снова превращается в тесто.

Для сушки и удаления из такого сырья содержащейся в нем воды, включая оттаивание, требуется дополнительная тепловая мощность агрегатов и затраты труда, электроэнергии, топлива, повышенная мощность тягодутьевых устройств, большие сечения газоходов и т.п. В результате стоимость кальциевой извести, получаемой из мела, оказывается существенно выше себестоимости извести из плотных известняков.

С точки зрения энергосбережения перспективным является производство извести из доломита, залегающего в больших количествах на территории Витебской области. Невысокая карьерная влажность данного сырья (7-8%) и меньшая потребность в расходе тепла на декarbonизацию определяют возможность снижения энергоемкости производства доломитовой извести более чем на 30% по сравнению с традиционной кальциевой известью из мела.

Однако вопрос применения доломитовой извести в производстве автоклавных силикатных материалов как с научной, так и с практической точки зрения, окончательно не решен. В силу некоторых физико-химических особенностей протекания процесса декарбонизации доломита способ получения на его основе извести, отвечающей требованиям автоклавной технологии, существенно отличается от производства кальциевой извести во вращающихся печах.

Опыт производства извести из доломита показал, что несовершенство конструкций существующих обжиговых агрегатов (шахтных и вращающихся печей) и сложность организации необходимых режимов термической обработки приводили к сильному пережогу оксида магния и, соответственно, низкому качеству выпускаемого продукта. Производство автоклавных строительных материалов из такой извести характеризовалось выпуском большого количества брака, а сами изделия не пользовались спросом у потребителей.

Для получения качественной однородной доломитовой извести с наименьшими энергозатратами необходимо обеспечить в процессе обжига оптимальные технологические параметры, наиболее важными из которых являются температура и продолжительность обжига, а также размер и структура кусков загружаемого сырья.

Решение поставленной задачи возможно путем применения скоростного обжига тонкодисперсного сырьевого материала в газодинамическом потоке горячего теплоносителя. Высокая скорость движения газовой суспензии в значительной степени интенсифицирует протекание процессов тепло- и массообмена и создает предпосылки для получения однородной высокоактивной извести без формирования малореакционного периклаза.

В ходе вовлечения доломитовой извести в промышленное производство не менее важно решить вопрос возможности получения извести с широким спектром свойств. Так, производителям силикатного кирпича и сухих строительных смесей нужна известь с максимальной скоростью гашения. Требования производителей силикатного газобетона более жесткие: время гашения – 8-15 мин. при температуре гашения 65-80 °С.

Для изучения особенностей декарбонизации доломита при скоростном обжиге в статических условиях проведена серия опытов, в ходе которых путем варьирования фракционного состава сырья и условий его термообработки получены образцы доломитовой извести в широком диапазоне свойств: активность

42-93%, время гашения – 1,5-12 мин., температура гашения – 45-63 °С.

Полученные образцы доломитовой извести использовались для исследования процессов газовой выделения, вспучивания и гидратации в сырьевых смесях для производства автоклавного ячеистого бетона. Установлено, что для большинства составов ячеистобетонных смесей характерен длительный рост массива – 12-18 мин., что объясняется спецификой гидратации доломитовой извести (температура гашения составляет 45-60 °С по сравнению с 90-95 °С для кальциевой извести). Длительный рост массива для ряда составов приводит к тому, что масса продолжительное время не набирает пластическую прочность.

Чтобы постичь возможности регулирования процессов формирования ячеистобетонного массива, изучено влияние на него ряда растворимых добавок: NaOH, KOH, CaCl₂, NaCl, Na₂SO₄, Al₂(SO₄)₃, FeSO₄, Na₂CO₃, K₂CO₃, Na₂SiO₃, алюмокалиевых квасцов, вводимых в количестве 0,5-3,0 мас. %. Установлено положительное влияние некоторых из них на сокращение времени гашения доломитовой извести, а также ускорение процессов газовой выделения и вспучивания сырьевых смесей.

Экспериментальные образцы ячеистого бетона (10х100х300 мм), изготовленные с использованием доломитовой извести, характеризовались равномерной пористой структурой и следующими физико-техническими показателями: плотность – 500 кг/м³; прочность при сжатии – 2,4-2,7 МПа; прочность при изгибе – 1,1-1,3 МПа; морозостойкость – не менее 35 циклов попеременного замораживания и оттаивания; потеря прочности после 35 циклов составила 9-13%; видимых признаков разрушения на опытных образцах не обнаружено. Следует отметить, что использование в рецептуре ячеистобетонной смеси добавок-ускорителей гидратации не приводит к снижению основных физико-механических свойств ячеистого бетона, позволяя получить изделия с заданными характеристиками: марка по плотности D500; класс по прочности не ниже B1,5; морозостойкость – F35.

Для принятия взвешенного и обоснованного решения о строительстве крупнотоннажной промышленной линии по производству доломитовой извести, тщательного исследования процессов декарбонизации доломита и обработки технологических параметров термической обработки, а также изучения свойств и способов регулирования реакционной способности получаемого продукта Государственным предприятием «Институт НИИСМ» разработана конструкция пилотной установки мощностью

Табл. 1. Предварительные технико-экономические показатели технологической линии скоростного обжига доломита

№	Наименование показателя	Единица измерения	Значение показателя
11	Производительность	т/ч	20
22	Годовая мощность	тыс. т/год	160
33	Сорт доломитовой извести	–	I, II
44	Содержание активных CaO + MgO	мас. %	75-90
55	Время гашения доломитовой извести	мин.	0,5-12
66	Температура гашения доломитовой извести	°С	45-70
77	Удельный расход условного топлива	кг у.т./т	130-135
88	Удельный расход электроэнергии	кВт·ч/т	70
99	Оценочные капитальные затраты на строительство технологической линии	млн. \$	12-15
110	Ожидаемая экономия ТЭР	млн. \$/год	3,5

120 кг/ч. В настоящее время завершено строительство установки на промплощадке ОАО «Доломит», ведутся пуско-наладочные работы. В ходе проведения исследований в экспериментальной печи будет получена вся необходимая информация для проектирования и строительства крупнотоннажной промышленной технологической линии по производству доломитовой извести. Предварительные расчетные показатели работы технологической линии приведены в табл. 1.

ПЕРЕВООРУЖЕНИЕ ОТДЕЛЕНИЙ МАССОПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

Сиваченко Л.А., доктор тех. наук, профессор Белорусско-российского университета (г. Могилев, Беларусь); **Севостьянов В.С.**, доктор тех. наук, профессор; **Сиваченко Т.Л.**, аспирантка Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова

Введение

В дискуссионном порядке

УДК 621.926

Ячеистый бетон является уникальным строительным материалом по целому ряду потребительских характеристик: теплопроводности, экологичности, пожаростойкости, долговечности, сырьевой независимости, доступной стоимости, технологичности в монтаже и обслуживании и ряду других. Этими показателями объясняется настоящий бум в увеличении его производства. Хорошим примером сказанному может служить достаточно высокий уровень развития силикатной промышленности в Республике Беларусь, но главное здесь – наращивание объемов выпуска и интенсификация производства путем совершенствования технологии и оборудования.

Состояние отрасли производства изделий из ячеистого бетона достаточно полно и объективно отражено в ряде публикаций [1-3]. При этом особое внимание уделено строительной приспособленности продукции, в частности ее ассортименту, размерной точности, сопрягаемости в монтаже и т.д. Производители технологического оборудо-

вания весьма активно проводят его модернизацию и совершенствуют основные переделы прежде всего путем их всемерной механизации и автоматизации.

Оценивая потенциал и перспективы развития производства ячеистобетонных изделий, остановимся на двух функционально взаимосвязанных составляющих: материаловедческой основе этого вида бетона и аппаратной реализации отделений массоприготовления.

Несомненно, это главный резерв снижения издержек производства и повышения качества изделий. Подтверждением этому могут служить высокие энергоемкость помола кремнезема, составляющая около 25 кВт·ч/тонну; износ мелющих тел, превышающий 3 кг на тонну сырья; а также экспертные оценки возможностей повышения коэффициентов конструктивного качества минимум на 20-30% [3-5].

Представляемая нами концепция интенсификации производства ячеистого бетона основана на знаниях современного строительного материаловедения и новых механизмах

воздействия на образующие сырьевые смеси компоненты при реализации дезинтеграторных стадий массоподготовки.

Объекты и концепция перевооружения

Технология ячеистого автоклавного бетона основывается на проведении ряда химических взаимодействий между исходными компонентами, результатом чего является парообразование во всей структуре, гидратация цемента и, наконец, синтез силикатов. Их успешному протеканию и образованию прочного пористого каркаса упорядоченной микроструктуры, его удержанию и закреплению служит большой набор различного по своему исполнению оборудования. Собственно химические процессы происходят только в определенной последовательности при заданных концентрациях участвующих в них веществ, необходимой степени подготовки и обеспечения оптимальных условий протекания.

Качественный ячеистый бетон можно получить только при соблюдении следующих требований.

Придание твердым компонентам оптимальной крупности, формы частиц, их дефектности и состояния поверхности.

1. Совместное диспергирование компонентов и смеси, механическое сближение их поверхностных слоев.

2. Получение однородной смеси на макроуровне и в микрообъемах, прежде всего с участием порообразователя.

3. Управление реологическим состоянием для улучшения обработки компонентов и оптимизации водосодержания в смеси.

4. Соблюдение времени, интенсивности и последовательности обработки каждого из компонентов, их комбинаций и совокупности, в том числе путем введения различных добавок.

Изложенные положения реализуются с помощью соответствующего набора оборудования: дробилок, мельниц, диспергаторов, смесителей, механоактиваторов, виброударных машин, насосов и других. Их принципиальная основа практически за всю историю производства изделий из ячеистого бетона остается неизменной, что ограничивает возможности этого материала.

Архаизм аппаратной базы в отрасли ячеистого бетона не является исключением. Научной общественности хорошо известно [4, 5, 8], что такая ситуация характерна для горнорудной, цементной, химической и других отраслей промышленности. Однако причины этого состояния анализировать не будем. Рассмотрим новые методы и механизмы воздействия на среду, которые могут интенсифицировать тех-

нологический уровень и оборудование заводов ячеистого бетона.

Массоподготовка в технологии ячеистого бетона имеет ряд сложных переделов: обогащения, измельчения, смешивания, диспергирования, активацию различных видов, виброударную обработку.

Основные требования, которым должны отвечать аппараты нового поколения, следующие.

1. Высокая степень приспособленности рабочих органов к свойствам и условиям обработки сырьевых материалов.

2. Вариативность (многообразие) механизмов воздействия на обрабатываемую среду.

3. Селективность методов переработки и возможность управления силовыми параметрами нагружения.

4. Минимизация времени нахождения обрабатываемых компонентов в рабочих камерах при максимальном количестве и интенсивности воздействий на них.

5. Реализация обработки по методу «индивидуального зерна», обеспечивающего снижение внешнего и внутреннего трения в рабочих зонах.

6. Механоактивация исходных компонентов и их композиций.

7. Приведение во взаимное соответствие размеров мелющих тел и крупности частиц обрабатываемых материалов.

8. Использование методов физико-химической механики для управления реологией композиционных составов.

9. Создание технологических аппаратов на новой конструктивной основе с дополнительными функциональными возможностями и максимальной энергоэффективностью рабочих процессов.

10. Совмещение различных технологических операций в одном аппарате.

11. Все существующие методы воздействия на перерабатываемые материалы можно условно разделить на четыре основные группы:

- переработка сырья жестко выполненными рабочими органами;
- адаптивные, то есть приспосабливающиеся к свойствам перерабатываемой среды рабочими органами;
- физические методы воздействия, например электромагнитные, ультразвуковые, лазерные и т.д.;
- химические методы, основанные на механизмах химической кинетики.

Наши научные интересы затрагивают вторую группу. Естественно, возможен целый ряд решений, обеспечивающих адаптивность воздействия на среду. Коснемся только тех из

них, которые связаны с новыми деформационными свойствами и повышенными кинематическими возможностями, в частности дополнительными степенями свободы движения рабочих звеньев.

Сделать это можно на основе принципиально новой концепции использования адаптивных средств технологической вибротехники [6, 7].

Под адаптивной переработкой будем понимать такой вид воздействия на материал, когда рабочие органы обеспечивают наибольшую технологическую эффективность и максималь-

ную приспособленность к переработке материалов с любой степенью изменчивости их свойств. Высказанные положения приводят к выводу, что одним из лучших средств адаптивной дезинтеграции может быть использование в качестве рабочих органов упругих кинематически деформируемых элементов или систем с избыточными связями – многосферных элементов.

Ниже представлены технологические аппараты адаптивного действия для массоподготовительных операций производства ячеистого бетона [4, 6, 7].

Новое оборудование для массоподготовки

Рыхлитель

Общий вид агрегата представлен на рис. 1. Рыхлитель предназначен для крупного измельчения негабаритов, смерзшегося песка, удаления крупных включений, подготовки исходного материала для последующего грохочения и обогащения, прежде всего в зимний период.

Рыхлитель представляет собой емкость (1) для поступления на переработку влажного кускового материала. Ротор (2), установленный в подшипниковых опорах с резцами (3), устроенным под небольшим углом по направлению вращения, привод (4) и лоток для сброса недробимых включений (5).

Работает рыхлитель следующим образом: материал питателем подается в емкость рыхлителя и попадает на колосниковую решетку, конструкция которой выполняет функции предохранительного устройства, а ее возможный наклон под углом 5-7° к горизонту позволяет удалять посторонние неизмельчаемые включения. Вращающиеся резцы срезают материал с поверхности колосниковой решетки и продавливают его через нее. Полученный материал попадает на дальнейшую переработку.

Универсальность и простота конструкции позволяет производить процесс измельчения и эффективно обрабатывать различные материалы без перенастройки. Самоочищающийся рабочий орган прост в обслуживании и при необходимости легко перенастраивается.

Необходимая мощность привода рыхлителя для переработки материала влажностью 20-26% при производительности 50 т/ч составляет 25-30 кВт.

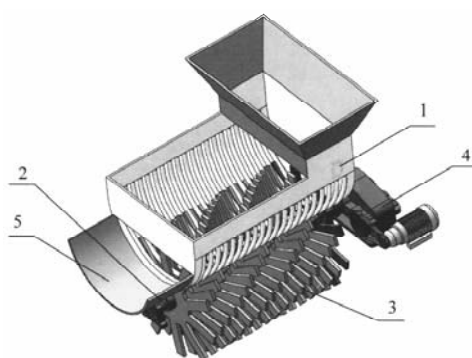


Рис. 1. Общий вид рыхлителя

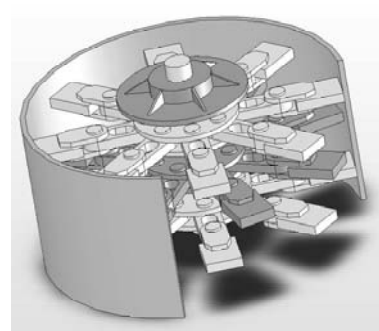


Рис. 2. Конструктивная схема дробилки ударного действия с вертикальным ротором

Дробилка ударного действия с вертикальным ротором

Механизм состоит из корпуса преимущественно цилиндрической формы, ротора с закрепленными на нем многосвязными ударными элементами, привода и устройств для загрузки исходного и выгрузки измельченного продукта. Дробилка, конструкция которой приведена на рис. 2, способна измельчать материалы начальной крупностью до 100-150 мм, прочностью до 100-120 МПа и влажностью до 15-18%. Можно измельчать различные материалы до крупности менее 1 и даже 0,2 мм [7].

Энергоемкость процесса составляет 2-3 кВт•ч/тону, производительность для диаметров рабочей камеры от 400 до 1500 мм, соответственно, 2-3÷100-150 т/ч. В технологическом плане эта дробилка представляет собой аналог стержневой мельницы и ударного механоактиватора. В производстве ячеистого бетона используется для измельчения отходов газосиликатных изделий до крупности менее 1 мм и влажностью 97-98%. Промышленный образец дробилки и его бильная система изображены, соответственно, на рис. 3, 4.

В перспективе такие агрегаты могут быть использованы также для механоактивации сырьевых смесей и предизмельчения материалов

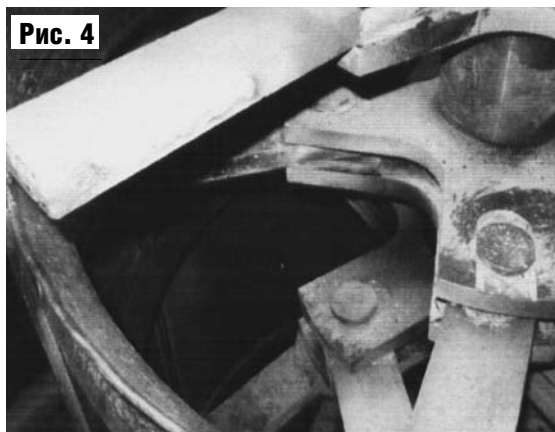


Рис. 3.
Промышленный образец дробилки ударного действия

Рис. 4.
Бильная система дробилки

перед тонким помолом. Накоплен опыт использования дробилок ударного действия для переработки формовочных масс при производстве силикатного кирпича, что с успехом можно перенести и на ячеистый бетон. Следует отметить хорошую смесеобразовательную способность этого аппарата.

Грохот вибрационный пружинный

Конструктивная схема грохота и его общий вид представлены, соответственно, на рис. 5, 6.

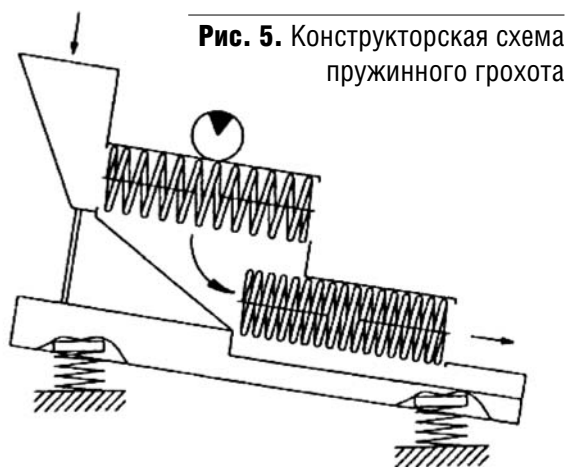


Рис. 5. Конструкторская схема пружинного грохота



Рис. 6. Промышленный образец пружинного грохота

Просеивающей поверхностью грохота являются пружины, связанные механизмом колебаний. Подлежащий разделению материал загружается в полость пружин, где под действием вибрации мелкая (подрешетная) фракция просыпается через зазоры между витками, а крупная (надрешетная) – вываливается через нижние отверстия полости пружин. Граница разделения регулируется изменением зазора между витками и находится в диапазоне 0,5-5,0 мм. Агрегат способен работать на материале влажностью 3-8% с эффективностью разделения 85-96%. Его производительность составляет 5-50 т/ч, а энергоемкость – 0,08-0,12 кВт•ч/тону.

В технологии ячеистого бетона пружинный грохот можно использовать для просеивания кварцевого песка, выделения крупной фракции измельченных отходов (горбушки), а также для процеживания шлама. В последнем случае витки пружин смыкаются до минимальных зазоров.

Пружинная мельница вращательного действия

Основы пружинных аппаратов составляют рабочие органы, выполненные в виде дугообразных изогнутых винтовых спиралей (пружин), концы которых смонтированы на приводных валах, а витки по внутреннему радиусу изгиба соприкасаются между собой. Механизм воздействия пружинного рабочего органа на измельчаемый материал (рис. 7) заключается в его раздавливании и истирании путем наложения виброколебаний малых амплитуд и высокой частоты. Такой механизм воздействия характеризуется рядом признаков, отличающих его от остальных. Прежде всего, это использование различных видов нагружения, избирательность разрушения, малые перемещения рабочих элементов, высокая энергонапряженность. Пружинные рабочие органы характеризуются хорошей транспортирующей способностью, возможностью совмещать в одном аппарате несколько процессов,

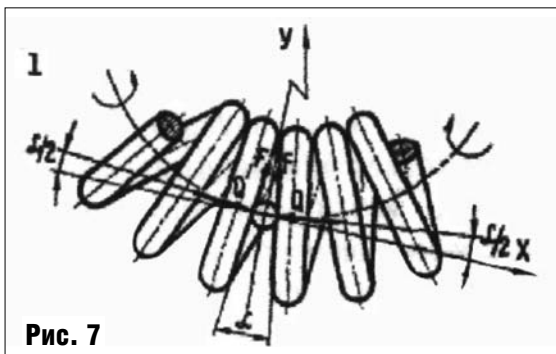


Рис. 7

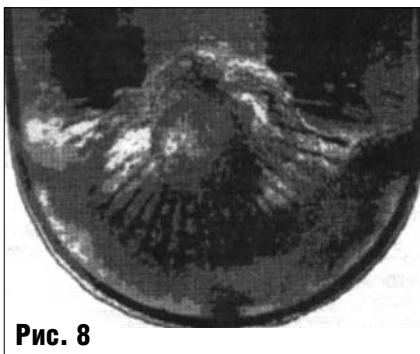


Рис. 8

Рис. 7.
Принцип действия пружинной мельницы вращательного действия

Рис. 8. Рабочий процесс пружинной мельницы



Рис. 9



Рис. 9. Общий вид смесителя-активатора и пример монтажа его рабочего модуля

например, измельчение и перемешивание, измельчение и классификацию, а также высокой степенью унификации.

Рабочий процесс пружинной мельницы иллюстрирует рис. 8. По оценке специалистов ВНИИГ им. Веденеева (г. Санкт-Петербург, Россия), из всех известных аппаратов эти механизмы по интенсивности обработки строительных смесей занимают второе место после планетарной мельницы. По смесеобразовательной способности они превосходят все другие машины.

Определена область рационального использования пружинных мельниц. Это тонкое и сверхтонкое измельчение минерального сырья и других материалов исходной крупностью до 5 мм, твердостью до 5-7 единиц по шкале Мооса и прочностью на сжатие до 150-200 МПа. При этом производительность по мокрому способу в два-три раза выше, чем по сухому, на одинаковых рабочих органах, и особенно проявляется в случае переработки концентрированных суспензий. Определены основные закономерности, характеризующие проведение процессов помола. Общие энергозатраты при размоле кварцевого песка до $S = 3000 \text{ см}^2/\text{г}$ в циклическом режиме составляют 12-18 кВт·ч/тонну, а в непрерывном – 8-12 кВт·ч/тонну.

Работу пружинных мельниц непрерывного действия необходимо организовать в замкнутом цикле. Это обусловлено тем, что 40-80% материала измельчается до требуемой крупности за один проход через рабочую камеру, а повторные проходы малоэффективны.

Пружинные мельницы отличаются чрезвычай-

но высоким конструктивным многообразием. В настоящее время их изготовлено около 700 единиц 60 типоразмеров производительностью от нескольких килограммов до 50 тонн в час для промышленных смесителей-активаторов строительных смесей. Один из вариантов такого лоткового смесителя-активатора и пример монтажа его рабочего модуля приведен на рис. 9.

Пружинные мельницы вращательного действия после их необходимой модернизации могут найти применение в различных технологиях ячеистого бетона.

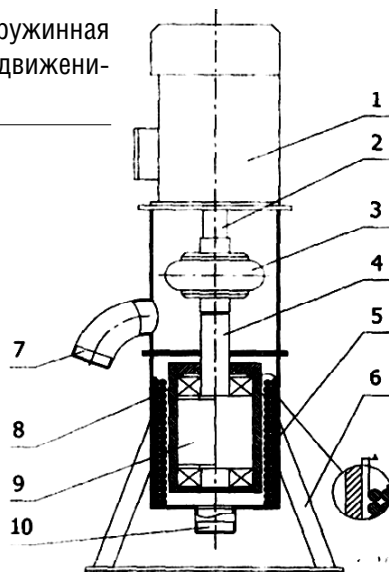
Вибрационные пружинные мельницы с радиальным движением рабочих элементов

В технологическом плане получен аналог бисерной мельницы, но лишенный ее главных недостатков – необходимости уплотнения одной из опор, находящихся в рабочей среде, дороговизны мелющих тел и очень высокой энергоемкости процесса измельчения.

В основу конструкции положен виброинерционный способ передачи механической энергии от силовой установки в рабочую камеру, а мелющие тела выполнены в виде пакета пружин, разгруженных от действия значительных знакопеременных нагрузок. Принципиальная схема новой мельницы приведена на рис. 10.

Мельница представляет собой установленный на опорной раме (6) цилиндрический стакан (5) с размещенным внутри него инерционным вибровозбудителем (9). Кольцевое пространство между стаканом и вибровоз-

Рис. 10. Вибрационная пружинная мельница с радиальным движением рабочих элементов



будителем заполнено пакетом (8) пружин, установленных с определенным зазором между собой. Выходной конец вала (4) вибровозбудителя (8) через эластичную муфту (3) связан с валом (2) электродвигателя (1), который смонтирован на станине посредством стоек (6). Для подачи исходного материала и отвода обработанного продукта предусмотрены патрубки (10) и (7).

Мельница предназначена для мокрого измельчения и работает следующим образом. Включается электродвигатель (1), который через муфту (3) приводит в колебательное движение корпус вибровозбудителя (9). Исходный материал через патрубок (10) подается в рабочую камеру, где попадает в сходящиеся пространства между витками пружин пакета (8) и интенсивно разрушается. Большая контактная поверхность мелющей загрузки, равномерность и упорядоченность рабочих зон позволяет получить высокую степень измельчения и производительность.

Определенным аналогом работы устройства в целом может служить конусная инерционная дробилка конструкции ВНИПИ «Механобр» с главными отличиями в исполнении измельчительной гарнитуры. Отвод обработанного продукта происходит через патрубок (7). Мельница с радиальным движением рабочих элементов находится у истоков своего развития. Ожидается, что она сможет хорошо перерабатывать жидкотекучие композиции с максимальной исходной крупностью частиц не более 3-5 мм и получать продукт минимальной крупностью. Минимальный объем и поверхность аппарата делают его особенно перспективным для домолоты алюминиевой пудры.

Расчетная производительность одного рабочего модуля по проходу может достигать по твердому веществу 20-30 т/ч, а прочность перерабатываемого материала на сжатие – 150-200 МПа при энергоемкости процесса не более 10 кВт•ч/тонну. Нарботка на отказ и износостойкость аппарата пока не определена, но очевидно, что эти параметры будут

значительно лучше, чем у разработанных ранее пружинных мельниц вращательного действия [7].

Рессорно-стержневые мельницы

Этот вид оборудования [9] является принципиально новым и основан на исследованиях единичных актов стержневого измельчения, показавших его высокую технологическую эффективность.

В самом общем случае механизм разрушения производится концентрично расположенными между собой дугообразно изогнутыми элементами, периодически сближающимися между собой и производящими разрушение материала взаимобращенными друг к другу поверхностями (рис. 11). При этом один из элементов может быть неподвижен.

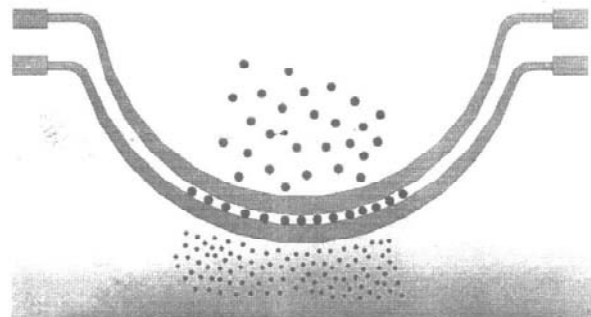
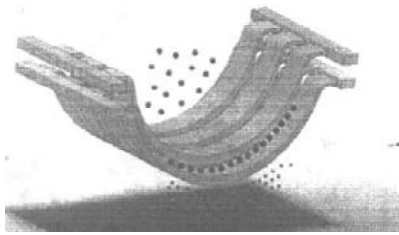


Рис. 11. Механизм разрушения в рессорно-стержневой мельнице

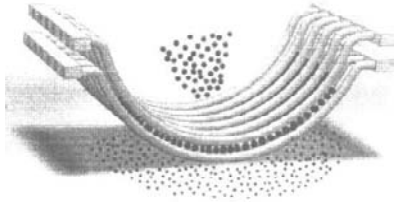
Наиболее целесообразно кассетное выполнение рабочего оборудования таким образом, что нижние элементы установлены неподвижно с определенным зазором параллельно друг другу, а верхние связаны с приводом возвратно поступательного перемещения также с зазором, но в плане смещены относительно нижних и также имеют зазоры. Варианты рессорного и стержневого исполнения рабочего оборудования приведены на рис. 12.

Для эффективной работы такой мельницы важное значение имеет привод измельчительных органов. Перспективным является техническое решение, представляющее собой соединение двух вибраторов, работающих в противофазном режиме и установленных на коромысле с возможностью поворота относительно оси балансира.

Общий вид мельницы балансирного типа со сдвоенными вибраторами и двумя разделенными камерами измельчения изображен на рис. 13.



а) рессорное исполнение



б) стержневое исполнение

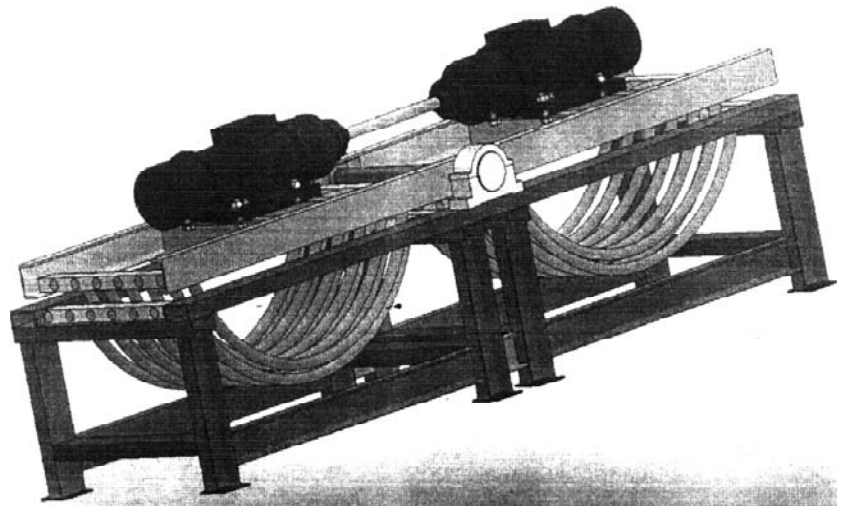
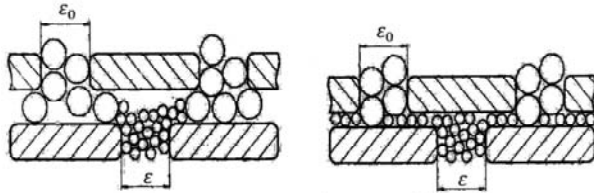


Рис. 13. Общий вид промышленной рессорно-стержневой мельницы

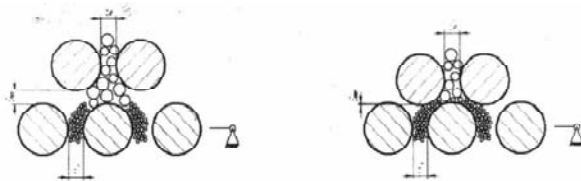
Рис. 12. Основные варианты выполнения рабочего оборудования рессорно-стержневой мельницы

Работа мельницы производится в открытом цикле, то есть на проход. Рабочие камеры загружаются материалом, подаваемым на верхние подвижные ярусы измельчающих элементов. Единичные акты разрушения частиц материала рессорами и стержнями, соответствующих их нормальным сечениям, приведены на рис. 14 и рис. 15. Эффективность процессов измельчения в этих случаях во многом определяется зазорами между рабочими элементами и параметрами вибрации.



а) захват частиц материала б) сжатие и разрушение

Рис. 14. Механизм разрушения рессорными элементами



а) захват материала б) сжатие и разрушение

Рис. 15. Механизм разрушения стержневыми элементами

Собственно рабочие элементы в зависимости от назначения можно изготавливать из стержней круглого сечения или рессор с отогнутыми для закрепления на подmotorной

плите концами, а привод представляет собой балансирующую систему с противофазно установленными дебалансами вибраторов. Это позволяет получить удвоенную вынуждающую силу и обеспечить качение плиты относительно оси балансира. За счет поворотов плиты рабочие элементы изменяют свое положение относительно нижних рабочих элементов с частотой, равной частоте вращения вибраторов. Тем самым они образуют клиновидные пространства между измельчающими элементами, где и происходит измельчение материала.

Сдвоенная установка вибраторов на балансирах позволяет активизировать силовой фактор процесса и упростить конструкцию путем исключения амортизирующих и возвратных (пружинных) устройств. К особенностям мельницы следует отнести возможность организации процесса с донным отводом материала из рабочих зон.

Работу рессорной или стержневой мельницы можно проводить как по сухому, так и по мокрому способу. При загрузке нескольких исходных компонентов это эффективный смеситель-диспергатор или механоактиватор. В любом случае, данный механизм – это не только новый аппарат, но и технологический инструмент с дополнительными функциональными возможностями.

Применительно к технологии производства ячеистого бетона рессорно-стержневые мельницы имеют ряд отличительных особенностей, которые можно использовать для повышения эффективности как собственно помола, так и других процессов, например механоактивации. Для этих аппаратов пока можно доверительно говорить о возможности проведения в них грубого помола, являющегося, по сути, технологическим эквивалентом традиционного стержневого

измельчения, но с большей крупностью питания, до 30-50 мм, материалов низкой и средней крепости. Варьируя параметры вибрации и формы рабочих элементов (стержни, рессоры), можно добиться различных механизмов разрушения и последовательно получать конечный продукт с характеристиками, отличными от тех, которые свойственны другим аппаратам.

Штифтовые мельницы

Рассмотрим еще один из возможных вариантов выполнения помольного оборудования с использованием в качестве измельчающих элементов стержней, смонтированных в кассеты и связанных с приводом ударно-вибрационных воздействий их торцовыми поверхностями на частицы материала, движущегося по неподвижному основанию.

Принципиальную схему проведения штифтового измельчения иллюстрирует рис. 16, а один из вариантов исполнения штифтового рабочего органа – рис. 17.

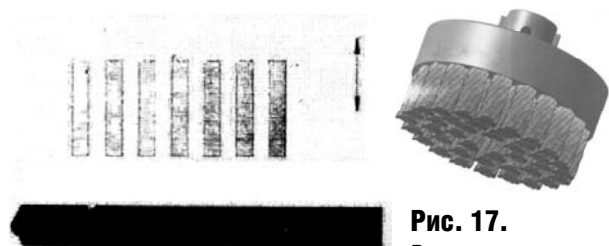


Рис. 16. Механизм штифтового измельчения

Рис. 17. Вариант выполнения рабочего органа

Набор штифтов (стержней) определяется исходя из характеристик перерабатываемого материала и может иметь множество конструктивных решений как по расположению стержней, так и по закреплению их на планшайбе.

По сути, это торцевая щетка с металлическими элементами. Под нужные условия эксплуатации форма щеток может быть круглой, прямоугольной трапецеидальной и т.д., а по расположению их рабочих поверхностей – плоской, клиновидной, конической, ступенчатой и т.д.

Стержни соединены в кассеты и одной своей стороной жестко закреплены в планшайбе, толкатель которой связан с приводом. Диаметры стержней (штифтов) могут составлять от 0,05 до 20-30 мм в зависимости от характеристик измельчаемого материала.

Целесообразнее всего выполнять штифтовой рабочий орган из стандартных элементов, например кусков канатов, жгутов или набора отдельных проволок. Варианты такого исполнения приведены на рис. 18.

Конструкция балансирного типа наиболее приемлема для этого типа оборудования. Важнейшим фактором, определяющим эффективность рабочего процесса штифтовой мельницы, является характер движения материала в ее рабочих зонах. С этой целью разработан вариант мокрого помола, то есть переработки суспензии. Схема его реализации для мокрого измельчения, например кварцевого песка, представлена на рис. 19.

Агрегат включает в себя раму (1) с балансиром (2); коромысло (3) с установленными на нем вибраторами (4), соединенными между собой промежуточным валом (5) посредством муфт (6); штифтовые рабочие органы (7), закрепленные на коромысле в цилиндрических шарнирах (8). Рабочие органы включают в себя планшайбы (9) и штифты (10) и взаимодействуют с опорными поверхностями (наковальнями) (11), на которые через патрубки (12) из напорного трубопровода (13) подается исходный материал (суспензия). Измельченный продукт самотеком сливается в приемный зумпф (14).

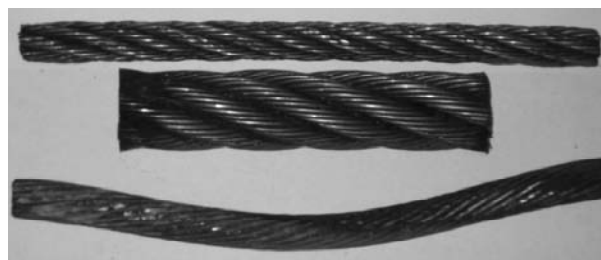


Рис. 18. Элементы для рабочих органов штифтовой мельницы

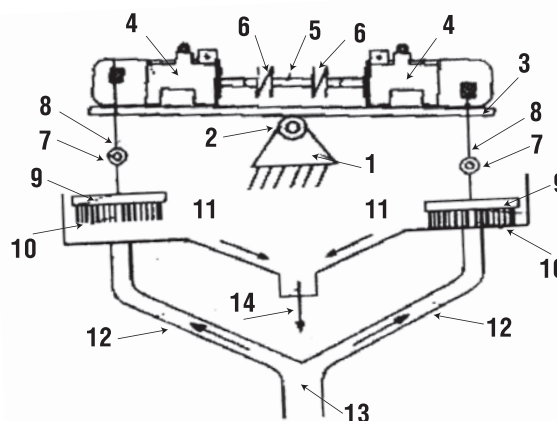


Рис. 19. Схема работы штифтовой мельницы по мокрому способу

Рабочий процесс аппарата протекает следующим образом. Включаются вибраторы (4), которые за счет противофазной установки в них дебалансов, создающих противоположенные вынуждающие силы P , приводят в колебательное движение коромысло (3). Через

патрубки (12) от напорного трубопровода (13) подается суспензия и подвергается интенсивному помолу штифтами (10) рабочих органов (7). Материал принудительно под давлением проходит между штифтами (10), торцы которых интенсивно разрушают его, и сливается в зумпф (14). Шарниры (8) в процессе работы обеспечивают равномерное нагружение штифтов, исключая их разрушение. Суммарное усилие разрушения в каждой из рабочих зон равно двоякой вынуждающей силе, то есть $2P$.

Штифтовой рабочий орган обеспечивает огромное количество циклических актов воздействия (ударов) на перерабатываемые материалы. Например, для прямоугольного исполнения рабочих органов размером 400x400 мм при диаметре штифтов 7,5 мм и зазоре между ними 2,5 мм, наличию зоны 100x100 мм, где штифтов нет, при частоте колебаний 25 Гц, количество единичных воздействий в час составит более 500 млн. Это соизмеримо с количеством соударений шаров в промышленной шаровой мельнице с размерами 3,2x14 м.

Штифтовая мельница, на наш взгляд, может найти применение для помола различных материалов в массоподготовке производств ячеистого бетона, прежде всего для помола кварцевого песка, домола алюминиевой пудры, цемента и извести и механоактивации композиций смеси.

Смеситель-активатор

Базовым агрегатом в технологической схеме производства изделий из ячеистого бетона автоклавного твердения является виброгазомешалка типа СМС-40, которая освоена промышленностью свыше 30 лет назад и с тех пор не усовершенствовалась. Особенность этого аппарата именно в том, что он осуществляет процесс формирования структуры бетона до автоклавной обработки.

Уникальность процесса в смесителе-активаторе состоит в том, что необходимо получить однородную смесь на основе компонентов с очень большим соотношением массовой доли, причем время обработки технологически ограничено сроком 3-5 мин. Механизм получения однородной смеси требует, как минимум, реализации следующих условий: равномерного распределения на микроуровне всех компонентов, особенно алюминиевой пудры и извести, диспергирования и домола ячеистобетонной смеси для обновления их поверхности с целью интенсификации контактных взаимодействий путем их «втирания» в кремнеземистую матрицу.

С позиции современного материаловедения конгломерантных материалов в машинах данного типа получить качественную смесь не-

возможно. Объясняется это тем, что в виброгазобетонмешалке СМС-40 отсутствует механизм смешивания, диспергирования и домола компонентов на микроуровне.

Для повышения эффективности предложено оснастить виброгазобетонмешалки типа СМС-40 встроенными пружинными активаторами. Суть разработки в том, что базовый аппарат оснащен специально разработанными механизмами, которые обеспечивают интенсивную комплексную переработку всей сырьевой массы. Иными словами, в одном смесительном (реакторном) объеме выполняется несколько технологических функций: макросмешивание, микросмешивание, диспергирование, домол и обновление поверхности, воздухововлечение и аэрация сырьевой смеси, наведение дефектов в кристаллической решетке кремнеземистой части, получение частиц требуемых размеров и формы и т.д. Подчинено это единой материаловедческой цели – образованию оптимальной структуры ячеистого бетона и всемерного использования возможностей вяжущей части и заполнителя.

Активаторы представляют собой дугообразно-изогнутые цилиндрические пружины, установленные в опорах, и одним концом связанные с приводом вращения. Свободным концом пружина опирается на опорную корзину, которая выполняет функции подшипника. Витки рабочих органов в зоне минимального радиуса изгиба пружин соприкасаются между собой, образуя клиновидные зоны, попадая в которые материал интенсивно разрушается. Происходит это с одновременным смешиванием. Интенсивность подобного процесса очень высока. Общая конструктивная схема виброгазобетонмешалки СМС-40 со встроенными в нее пружинными активаторами показана на рис. 20.

Применение пружинного активатора позволяет повысить показатели физико-механических свойств изделий из ячеистого бетона. Например, для марки бетона по средней плотности D600 наблюдается устойчивый переход из класса прочности В2 (25 кгс/см²) в класс В2,5-В3,5 (30-36 кгс/см²).

Отмечено, что в зоне установки рабочих органов пружинного активатора отсутствует налипание на внутренней поверхности емкости смесителя газобетонной смеси, что позволяет уменьшить время ежедневного обслуживания, а применение активаторов позволяет исключить вибраторы из конструкции виброгазобетонмешалки.

Оптимальным для данного рабочего объема является установка четырех пружинных рабочих органов.

В качестве собственно механоактиваторов, кроме пружинного, может быть использована стержневая или штифтовая мельница, точнее, модули на их основе, соответствующим

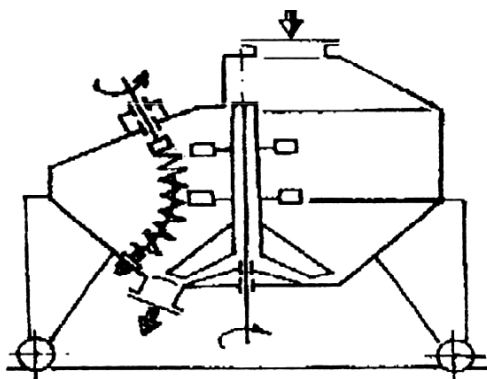


Рис. 20. Смеситель-активатор для ячеистой массы

образом встраиваемые в смесительную емкость и работающие совместно со смесительным механизмом.

Дополнительно эффективность смесителя-активатора можно повысить, оснастив его на выпуске смеси пружинными интенсификаторами, представляющими собой вибрирующие вдоль своей оси пружины, между зазоров кото-

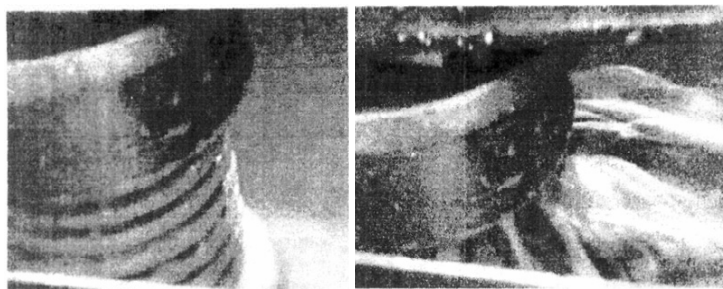


Рис. 21. Рабочий процесс пружинного интенсификатора

рых сливается готовая смесь. Рабочий процесс интенсификатора иллюстрирует рис. 21.

Его применение позволит повысить однородность смеси, доизмельчить или дезагрегировать смеси, доизмельчить или дезагрегировать компоненты композиции и обеспечить дополнительное воздушное включение.

Смеситель-активатор – наиболее ответственный и технологически тонкий агрегат, но он уже не соответствует современным требованиям и нуждается в коренной модернизации.

Заключение

Во всей структуре предприятий по производству изделий из ячеистого бетона технические средства массоподготовки имеют наибольшие возможности для совершенствования, что связано прежде всего с чрезвычайно низкой эффективностью дезинтеграторных переделов.

По каким оценкам здесь можно снизить расход электроэнергии на 5-8 кВт•ч/м³ изделий, повысить коэффициент конструктивного качества ККК в 1,2-1,25 раза, то есть существенно уменьшить плотность без снижения прочности, а расход мелющих тел сократить на 0,8-0,9 кг/м³. Безусловно, генеральный путь развития для данного материала – снижение плотности изделий без потери прочности.

Создание базовых аппаратов для массоподготовки, в частности штифтовой и стержневой мельниц и смесителя-активатора, базируется на принципиально новой конструктивной основе и требует решения достаточно сложных задач в области вибрационной техники, механики, разрушения, строительного материаловедения, износа и других.

Накопленный опыт по созданию пружинных аппаратов, основанный на решении близких по сложности и структуре технических задач, позволяет рассчитывать на успешное и, самое главное, быстрое решение поставленных задач. Этому в значительной степени будет способствовать высокая степень унификации их базовых узлов и элементов: вибродвигателей, рессор, канатов, систем управления.

Список использованных источников

1. Голубева Т.Г., Малец В.М., Сажнев П.И. др. Опыт производства и применения ячеистобетонных изделий автоклавного твердения в Республике Беларусь // *Строительный рынок Беларуси*. – 2008. – № 5. С. 2-10.
2. Богданов В.С., Булгаков С.Б., Федоров Г.В. Технологические комплексы и оборудование предприятий промышленности строительных материалов. – Белгород, Везелица, 2007. – 446 с.
3. Рыбьев И.А. Строительное материаловедение. – М.: Высшая школа, 2002. – 701 с.
4. Технологические проблемы измельчения и механоактивации // *Матер. научн. техн. семинара стран содружества*. – Могилев, 1992. – 278 с.
5. Селективное разрушение минералов // *Ревнивцев В.И., Гапонов Г.В., Зарогатский Л.П. и др.* – М.: Недра, 1988. – 286 с.

6. Сиваченко Л.А. Технологическая вибротехника и ее развитие // *Матер. Междунар. науч. техн. конф. Вибрационные машины и технологии*. Курск, 2008. – С. 26-35.
7. Сиваченко Л.А. Технологические аппараты адаптивного действия // *Сиваченко Л.А. и др.* – Мн.: Изд. центр БГУ, 2008. – 375 с.
8. Севостьянов В.С. Энергосберегающие помольные агрегаты // *Севостьянов В.С.* – Белгород: Изд-во БГТУ, 2006. – 451 с.
9. Сиваченко Л.А., Моисеенко А.Б., Шаройкина Е.А. Создание рессорно-стержневых технологических аппаратов на основе интенсификации контактных взаимодействий рабочих элементов // *Материалы. Технологии, инструменты*. Т. 14. – 2009. – № 3. – С. 115-119.

ЦЕНТРОБЕЖНО-УДАРНЫЕ МЕЛЬНИЦЫ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ

Воробьев В.В., Иванов Е.Н., Таболич А.В., Шиманович П.П., УП «НПО «Центр», г. Минск, Республика Беларусь

С конца 90-х гг. ударно-центробежные мельницы находят широкое применение для измельчения различных материалов, которые с успехом заменяют во многих процессах традиционно применяемые шаровые мельницы, обладая по сравнению с ними следующими преимуществами:

- удельное энергопотребление ниже на 15-30%;
- низкий навал металла в готовый продукт;
- при помоле материал приобретает изометрическую форму зерна с хорошо развитой поверхностью;
- узкий гранулометрический состав измельченных материалов (низкое содержание крупных и мелких частиц);
- грансостав измельченного продукта не зависит от износа футеровочных элементов;
- низкие капитальные и эксплуатационные затраты.

Применительно к производству ячеистых бетонов возможно использование ударно-центробежных мельниц 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 большая часть энергии затрачивается не на измельчение исходного материала, а на разрушение вновь образующихся агломератов. Поэтому целесообразно

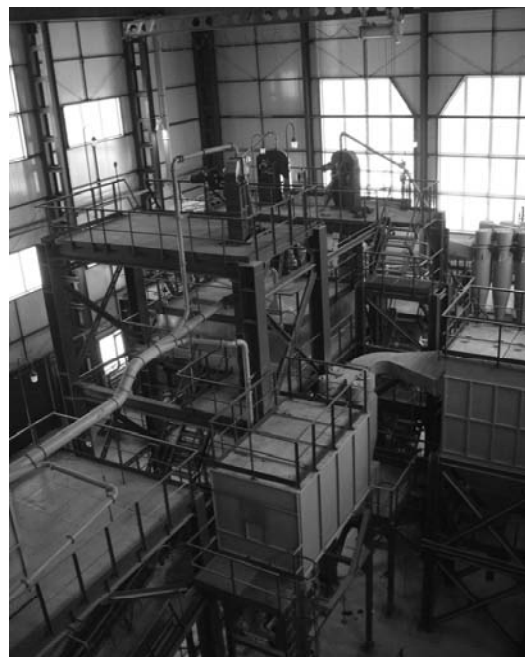


Рис. 1. Центробежно-ударные
измельчительные комплексы

вводить определенные ограничения, устанавливающие степень измельчения каждого материала в зависимости от его назначения.

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

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 с центробежными мельницами с опорными узлами качения, а также с традиционным измельчительным оборудованием, работающим по принципу раздавливания и истирания.

Наиболее существенное преимущество – низкие капитальные и эксплуатационные затраты и следующие моменты:

- 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.

Принцип работы центробежной мельницы показан на рис. 2.

Исходный материал поступает в центральную часть вращающегося ускорителя и, двигаясь по каналам от центра к периферии, разгоняется до скорости, обеспечивающей разрушение материала (85-120 м/с). При столкновении с отбойными элементами, расположенными на некотором расстоянии по периметру вокруг ускорителя, передняя часть частицы материала резко останавливается, силы инерции развивают внутри частицы значительные напряжения, превышающие механическое сопротивление внутренних связей. В результате передняя часть частицы рассыпается в порошок, а от точки контакта вдоль поверхностей наименьшего сопротивления начинают образовываться трещины, по которым происходит дальнейшее разрушение частицы.

Измельченный материал подхватывается воздушным потоком, создаваемым вентилятором, и направляется в зону классификации, где происходит выделение фракций требуемой тонины, а недоизмельченный материал направляется обратно в ускоритель для дальнейшего измельчения.

Таким образом, 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.

Опытным путем 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.

Пример структурной схемы измельчительного комплекса, созданного на базе центробежно-ударной мельницы, представлен на рис. 3.

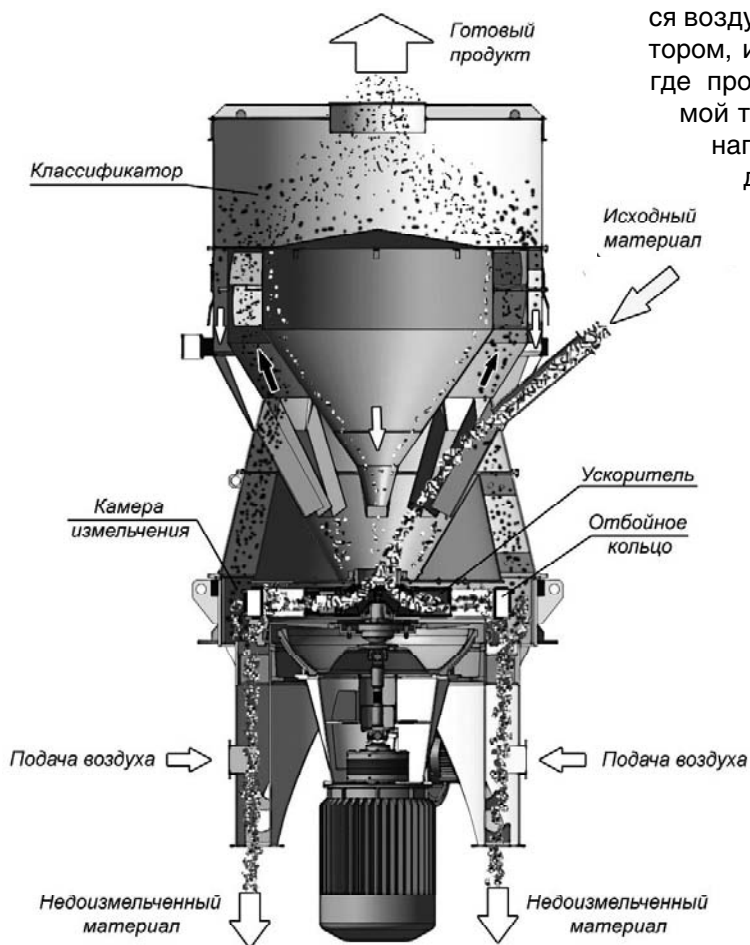


Рис. 2. Схема работы центробежно-ударной мельницы

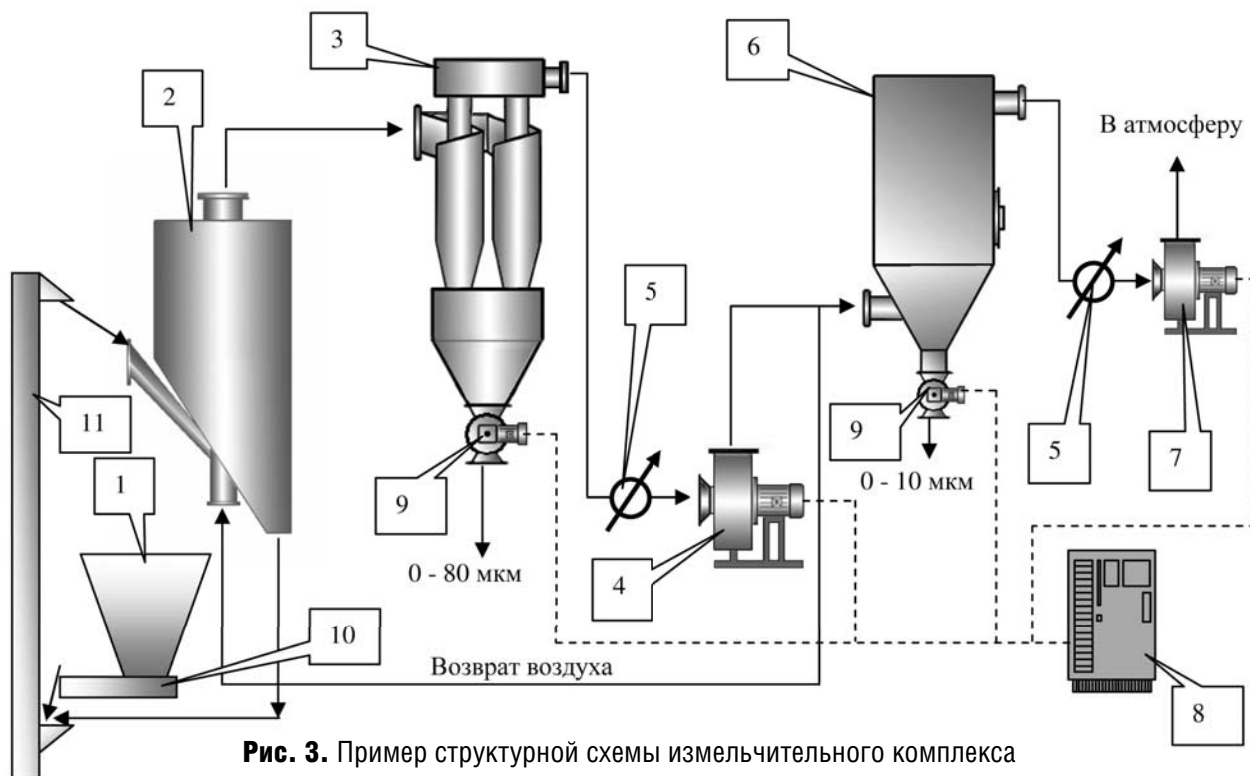


Рис. 3. Пример структурной схемы измельчительного комплекса для помола извести производительностью 10

т/ч.: 1 – бункер исходного материала, 2 – мельница центробежно-ударная, 3 – циклон групповой, 4 – вентилятор транспортный, 5 – шибер регулировочный, 6 – фильтр рукавный, 7 – вентилятор аспирационный, 8 – шкаф управления, 9 – питатель шлюзовый, 10 – питатель ленточный, 11 – элеватор ковшовый

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 таблице.

Большой объем работ, проведенных УП «НПО «Центр» совместно с НИИЦемент (г. Москва, Россия), НИИСМ (г. Минск, Беларусь), белорусским цементным заводом и другими предприятиями и институтами строительного профиля подтверждают целесообразность и эффективность использования мельниц ударного принципа действия для получения молотых компонентов ячеистых бетонов.

Таблица. Технические характеристики измельчительных комплексов, выпускаемых УП «НПО «Центр»

Показатели	Значение				
	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

Цемент

Портландцемент, используемый при изготовлении ячеистых бетонов, должен иметь тонкий помол: через сито №008 должно проходить не менее 85% общей массы цемента. Следует учитывать, что при использовании в производ-

стве 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 стандарта в момент по-

лучения материала, но не более чем через месяц после отгрузки.

В 2009 г. были проведены исследования 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 также возможность использования лежалых цементов для производства бетонных смесей после их предварительного помола.

Исследования проводились совместно с УП НИИСМ (г. Минск, Беларусь). Образцы бетона формовались 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 (марочная прочность). Результаты испытаний представлены в диаграммах на рис. 4.

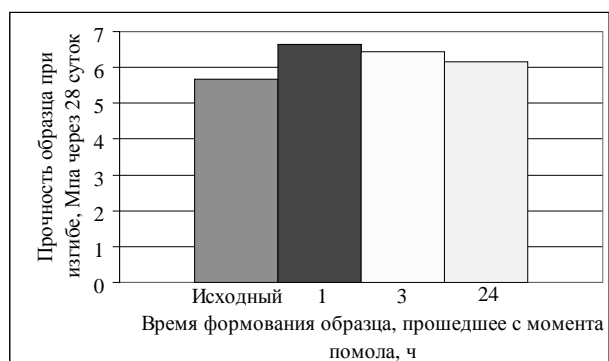
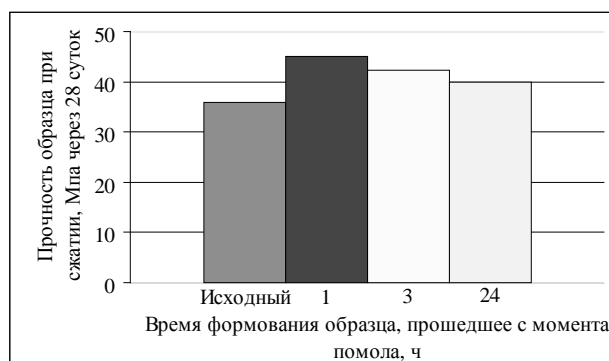


Рис. 4. Диаграммы результатов испытаний

Кроме того, результаты показали следующее:

- удельная поверхность вяжущего повысилась с 3029 до 3439 см²/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 нормально-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 также и экономический эффект от применения измельчительного оборудования НПО «Центр». Стоимость тонны цемента марок ПЦ 400-Д20 и ПЦ 500-Д20 отличается в среднем на \$12.

Стоимость переработки одной тонны 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 изготовлении ячеистых бетонов.

Известь

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

В 2009 г. на ПРУП «Белорусский цементный завод» (г. Костюковичи, Могилевская обл.) было 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 центробежной мельнице, имеют меньшее количе-

ство крупных частиц, чем при помол в шаровой мельнице, где при более высокой удельной поверхности молотого материала количество крупной фракции извести в десять 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/тонну, 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 оказывают влияния износ рабочих органов мельницы. Крупность готового продукта можно регулировать в процессе работы без остановки оборудования.

В 2007 г. на заводе ОАО «Железобетон» (г. Старая Купавна, Россия) был запущен измельчительный комплекс КИ-1,6 по изготовлению извести. Производительность комплекса составила 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 центробежно-ударной известь измельчалась до 80 мкм. Удельная поверхность извести при получении этой крупности на центробежно-ударной мельнице составила 10 000-11 000 см²/г. Это достигалось за счет развитой поверхности частиц измельченной извести, полученной путем 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 получении 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 установливалась в пределах 7 т/ч.

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 их сцеплению 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 данные комплексы с успехом используются для подготовки сырьевых компонентов для ячеистых бетонов.

В частности на ОАО «Полоцк-Стекловолокно» (г. Полоцк, Витебская обл.) для получения молотого песка в 2009 г. запущены два измельчительных комплекса КИ-1,25. При производительности 5 т/ч проход через сито 63 мкм готового продукта составил 89%.

Использование сырьевых материалов с развитой структурой определенных пор способствует удержанию адсорбционной влаги, что повышает эксплуатационную влажность самого бетона. Так, например, использование (в значительных количествах) материалов, получаемых на центробежно-ударных мельницах, в сырьевых составах бетона приводит на ста-

дии 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-центробежной мельницы на ряде предприятий: ОАО «Железобетон» (г. Старая Купавна, Россия), АО «Стройиндустрия» (Казахстан, г. Актобе), ПРУП «Белорусский цементный завод» (г. Костюковичи, Могилевская обл.), ОАО

«Полоцк-Стекловолокно» (г. Полоцк, Витебская обл.) и др. Получаемые известь, цемент и пески имеют неизменно высокие показатели качества.

Многолетняя успешная эксплуатация измельчительных комплексов на основе этих мельниц обусловлена надежностью их конструкции, защитной 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.

ОПТИМИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ ПРЕДПРИЯТИЯ, СВЯЗАННЫХ С ЗАТРАТАМИ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ И ЗАКУПКОЙ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ. СОЗДАНИЕ СКЛАДА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ НА БАЗЕ ООО «PRB TECHNIK» ПОД ЗАКАЗЧИКА

Царев О.С., генеральный директор ООО «PRB TECHNIK», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Проблема повышения эффективности использования основных средств и производственных мощностей предприятий занимает центральное место в период выхода России из мирового финансового кризиса. От решения этой проблемы зависит место предприятия в промышленном производстве, его финансовое состояние и конкурентоспособность на рынке.

Имея ясное представление о роли основных средств в производственном процессе, факторах, влияющих на использование этих средств, можно выявить методы и направления, с помощью которых повышается эффективность использования основных средств и производственных мощностей предприятия, обеспечивающая снижение издержек производства и рост производительности труда.

Одним из факторов, влияющих на использование основных средств, является техническое обслуживание машин и агрегатов, входящих в состав технологической линии. Неотъемлемой частью технического обслуживания является закупка и использование за-

пасных частей для технологического оборудования.

Для газобетонных заводов России можно привести следующие усредненные финансовые показатели.

1. Общий объем финансовых средств, выделяемых предприятиями на закупку запасных частей и комплектующих для технического обслуживания технологического оборудования.

Производители технологического оборудования рекомендуют выделять на закупку запасных частей в год 2-3% от стоимости всей технологической линии. Если принять данную сумму финансовых средств за 100%, то можно увидеть следующую картину (рис. 1).

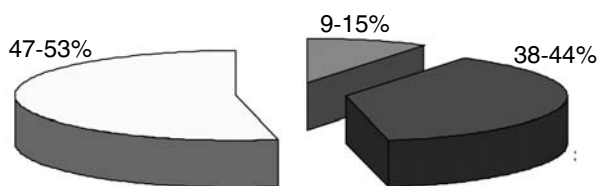


Рис. 1. Расход финансовых средств предприятия

9-15% от рекомендуемых производителем оборудования финансовых средств расходуется предприятиями на приобретение запасных частей в *плановом порядке*, в соответствии с графиком проведения *планово-предупредительных ремонтов* и техническим обслуживанием технологического оборудования.

38-44% от рекомендуемых производителем оборудования финансовых средств расходуется предприятиями на приобретение запасных частей для осуществления *неплановых ремонтов*.

47-53% от рекомендуемых производителями оборудования финансовых средств остаются неиспользуемыми.

2. Классификация закупаемых запчастей (рис. 2).

Процентные соотношения, показанные на диаграмме, означают следующее:

70% – изнашиваемые запасные части;

30% – неизнашиваемые запасные части.

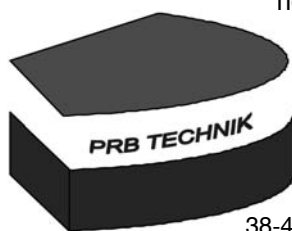
Из приведенных диаграмм (рис. 1, 2) видно, что предприятия стремятся снизить объем финансовых средств на приобретение запасных частей и проводят закупки в основном только изнашиваемых запасных частей, тем самым снижая свои риски «заморозить» финансовые средства, приобретая запчасти, которые, возможно, не будут использоваться достаточно продолжительное время. Поэтому предприятия закупают запасные части, необходимые для неплановых ремонтов, только в случае крайней необходимости.

В среднем на российских заводах используется от 70 до 75% запасных частей и комплектующих импортного производства, которые зачастую означают длительный срок поставки (6-8 недель), что приводит к простою всей технологической линии в целом или к простоям отдельных машин и агрегатов.

Фирма «PRB ТЕCHНИК» предлагает следующие эффективные бизнес-решения.

1. Формирование склада запчастей под клиента (рис. 3).

Наличие склада запасных частей позволит клиенту сократить затраты на приобретение необходимых



38-44%

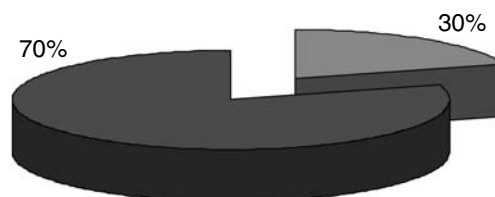


Рис. 2. Классификация закупаемых запчастей

материалов, поскольку у него появится выигрыш не только по срокам их поставки, но и возможность не «замораживать» собственные финансовые средства, складывая запчасти не у себя на заводе. Клиент сможет формировать запас запчастей и по мере необходимости приобретать их со склада фирмы. Таким образом, можно минимизировать риски предприятий, связанные с закупкой запасных частей для осуществления неплановых ремонтов.

2. Проведение диагностики технологического оборудования с целью выявления его проблемных зон для последующего осуществления плановых ремонтов и закупки необходимых для этого запасных частей.

Диагностика включает в себя проведение следующих обследований:

- диагностика системы управления;
- реализация системы удаленного диагностирования;
- виброобследование;
- тепловизионное обследование;
- проведение диагностики по заявке клиента.

3. Технические консультации.

Проведение технических консультаций по работе технологического оборудования.

Выполнение оптимизации работы технологического оборудования и/или его модернизация.

Технические консультации и практикумы по оборудованию автоматизации фирмы SIEMENS.

Обучение производственного персонала особенностям процесса изготовления газобетона. Обучение сопровождается учебными пособиями для всех технологических участков. Учебные пособия специально разрабатываются для конкретного предприятия.

Консультации по выбору сырьевых материалов для производства качественного газобетона.

Рис. 3. Формирование склада запчастей под клиента

ООО «ПРБ Техник»

194044, Россия, Санкт-Петербург
Выборгская набережная. 43 А.
info@prbtechnik.ru

PRB TECHNIK

Тел. : +7 (921) 425 3845;
Факс.: +7 (812) 313 2200.

**Технические консультации:**

- Проведение технических консультаций по работе технологического оборудования.
- Выполнение оптимизации работы технологического оборудования и/или его модернизация.
- Технические консультации и практикумы по оборудованию автоматизации фирмы SIEMENS.
- Обучение производственного персонала особенностям процесса изготовления газобетона. Обучение сопровождается учебными пособиями для всех технологических участков. Учебные пособия специально разрабатываются для Вашего предприятия.
- Консультации по выбору сырьевых материалов для производства качественного газобетона.

**Диагностика оборудования:**

- Диагностика системы управления.
- Реализация системы удаленного диагностирования.
- Виброобследование.
- Тепловизионное обследование.
- Проведение диагностики по Вашей заявке.

**Поставка запчастей под заказ.****Формирование склада запчастей под клиента:**

Наличие склада запасных частей позволит Вам сократить затраты на приобретение необходимых запасных частей, т.к. у Вас появляется выигрыш не только по срокам поставки, но и возможность не «замораживать» собственные финансовые средства, складируя запчасти не у себя на заводе, а формировать их и затем по необходимости приобретать с нашего склада.

Список использованных источников

1. ГОСТ 2.601-95 «ЕСКД. Эксплуатационные документы».
2. ГОСТ 18322-78 «Система технического обслуживания и ремонта. Термины и определения».
3. Положение о планово-предупредительном ремонте и эксплуатации оборудования предприятий промышленности сборного железобетона.
4. Данные для расчета экономических показателей // Общая информация по производству блоков и плит из ячеистого бетона. – Компания «Верхан».

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ МОДИФИКАЦИЙ МЕЛЮЩИХ ТЕЛ

Бусел И.А., доктор геолого-минералогических наук (УП «Инжгеострой»)

Процесс тонкого измельчения сырьевых материалов при производстве ячеистого бетона в традиционно применяемых шаровых мельницах характеризуется большой материало- и энергоемкостью. В существующих технологиях измельчения природных материалов используются цилиндрические цельпессы, имеющие незначительный литейный уклон и шаровые мелющие тела из высокопрочных сталей и чугунов.

Известны различные конфигурации мелющих тел (МТ) на основе поверхности вращения с цилиндрической или конической формой профиля. Традиционно в трубной мельнице продольный габарит цилиндрического мелющего тела (ЦМТ) ориентирован в направлении оси камеры. Измельчение происходит при контакте расположенных по образующим цилиндра поверхностям МТ в каскадном или водопадном режиме, с эффектами механического измельчения, например песчаного шлама в потоке воды. Торцовые плоскости ЦМТ по преимуществу перпендикулярны

к оси мельницы и, совпадая с углом атаки абразивной массы, малоэффективны при помоле. При этом присутствуют негативные эффекты гидроабразивного изнашивания рабочих поверхностей ЦМТ футеровки и решеток. При износе поперечного сечения ЦМТ до размера ширины щели выходной решетки рабочий цикл его прекращается.

Для ЦМТ характерен линейчатый контакт с аналогичными мелющими телами, переходящий в точечный при самом незначительном перекосе, вызываемом негладким рельефом контактной



Рис. 1. Соотношение формы и габаритов КМТ и ЦМТ

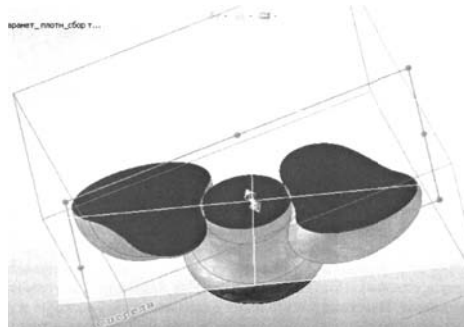


Рис. 2. Наиболее устойчивое положение КМТ при внешнем статическом нагружении

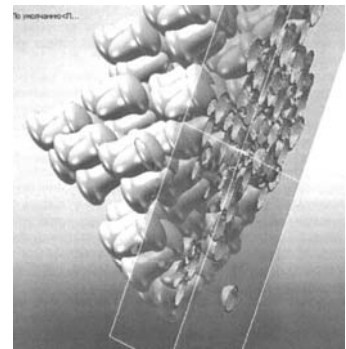


Рис. 3. КМТ в массиве

поверхности футеровки или падением в случайном порядке. Износ ЦМТ в начальной стадии начинается в центральной части с появлением незначительной корсетности, что увеличивает поверхность контакта и, соответственно, увеличивает производительность помола.

При решении вопросов создания оптимальных конструкций мелющих тел наиболее рациональной следует считать такую форму мелющего тела, которая близка к форме естественного износа. Такая форма позволит обеспечить повышение эффективности помола, увеличение износостойкости, прочности, и, как следствие – уменьшение расхода мелющих тел.

Предлагаемые (рис. 1) для измельчения сырьевых компонентов комбинированные мелющие тела (КМТ) сочетают в себе сферические и тороидальные элементы поверхностей, позволяющие увеличить площадь контактных поверхностей с более благоприятными углами атаки потоком абразива. Вместе с тем, они способны сочетаться с любыми традиционными мелющими телами, увеличивая производительность процесса помола.

Благодаря описанным выше особенностям конструкции КМТ, мелющие тела в процессе измельчения материала находятся в постоянном контакте с ним при максимально возможной их поверхности соприкосновения, что показано на рис. 2 и рис. 3.

Как видно из рис. 4, положение вектора атаки потоком абразива относительно контура КМТ, особенно в зонах **А** и **С** (линия e, k, l), в отличие от зоны **Д** контура m, n , принадлежащего ЦМТ, находится под острым, порядка 30° наклона к участку k, l , что минимизирует эффективность абразивного износа КМТ.

При сравнении торцевого участка профиля ЦМТ в зоне **Б** далее – точки **Б** с направлением вектора потока можно констатировать отсутствие тангенциальной компоненты на этом профиле, то есть процесса помола шлама на этой поверхности цилиндра не происходит, в отличие от наклонного участка e, k, l , а также зоны **А**, принадлежащей КМТ.

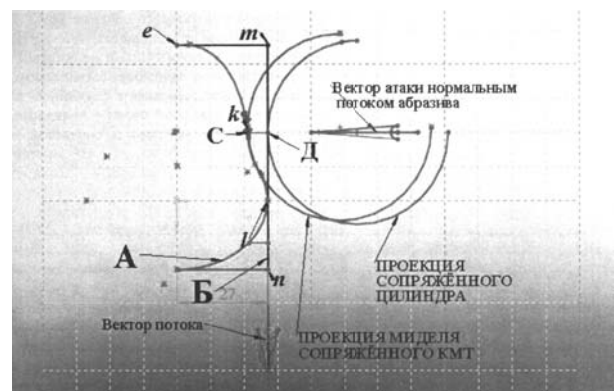


Рис. 4. Положение вектора атаки потоком абразива относительно контура

На рисунке приведены области сопряжений КМТ и ЦМТ в положении, перпендикулярном к сопрягаемому телу. КМТ, линия e, k, l и контура m, n , принадлежащего ЦМТ.

Реализация указанных преимуществ, выраженная в некотором уменьшении контактных нагрузок и в увеличенном контакте мелющего тела с измельчаемой массой шлама, позволила в промышленных условиях повысить производительность мокрого помола песка в двухкамерной мельнице до 25% при удельной поверхности помола $2800-3200 \text{ см}^2/\text{г}$.

В настоящее время УП «Инжгеострой» расширяет модельный ряд новых модификаций мелющих тел. Разработано и освоено производство мелющего тела МТ-02, представляющего собой параболоид вращения, которое является завершённой формой используемых при помоле цилиндров импортного производства.

Технология изготовления новых модификаций мелющих тел из белого чугуна позволяет уменьшить их износ (расход) на 10-20%.

Предварительные расчеты и результаты испытаний опытных партий мелющих тел показывают, что при оптимальном сочетании различных конструкций и типоразмеров мелющих тел при помоле сырьевых компонентов в производстве ячеистого бетона можно повысить производительность помола на 15-25%.



Новые энергоэффективные решения

ПЕРВЫЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ЗДАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Данилевский Л.Н., Пилипенко, В.М., государственное предприятие «Институт НИПТИС им. Атаева С.С.», г. Минск, Республика Беларусь

Введение

Жилой фонд Беларуси потребляет для отопления и горячего водоснабжения около 35-40% энергоресурсов страны. В этой связи работы по снижению энергопотребления на отопление и горячее водоснабжение имеют для республики большую народнохозяйственную значимость. Страны Западной Европы также ведут интенсивный поиск путей снижения энергопотребления при эксплуатации жилых зданий. В странах северного пояса Западной Европы происходит переход к строительству зданий в стандарте «пассивный дом», уровень теплопотерь которого составляет 10-20% общего существующего [1, 2]. Исследования, результаты которых изложены в [3] и [4], позволили сформулировать требования к конструкции и инженерным системам энергоэффективных зданий с учетом структуры жилого фонда и климатических условий в Беларуси.

В массовом строительстве в настоящее время наибольшим спросом пользуются панельные здания из-за сравнительной дешевизны и высокой скорости строительства. Поэтому с точки зрения тиражирования решений энергосберегающего строительства панельные конструкции – наиболее привлекательный объект для создания массового энергоэффективного жилья.



Рис. 1. Энергоэффективное панельное здание серии 111-90 МАПИД в г. Минск, Беларусь

В 2006 г. УП «Институт НИПТИС» выполнил первый в республике проект, а в 2007 г. ОАО «МАПИД» построил энергоэффективный экспериментальный панельный жилой дом серии 111-90 [5] (рис. 1).

Опыт эксплуатации этого дома в течение отопительных сезонов 2007-2008 и 2008-2009 гг. подтвердил правильность проектных и технических решений в экспериментальном здании.

Отталкиваясь от полученного в процессе строительства и эксплуатации экспериментального дома опыта, Постановлением Совета Министров Республики Беларусь №706 от 1 июня 2009 г. была разработана и утверждена действующая в настоящее время в республике «Комплексная программа по проектированию, строительству и реконструкции энергоэффективных жилых домов в Республике Беларусь на 2009-2010 гг. и на перспективу до 2020 г.». Программа предусматривает выполнение комплекса научно-

технических и проектных работ, корректировку нормативной базы строительства, развертывание выпуска необходимого инженерного оборудования и строительных компонентов, направленных на обеспечение массового строительства энергоэффективных зданий в республике.

В рамках выполнения программы в 2009 г. при научном сопровождении Государственного предприятия «Институт НИПТИС им. Атаева С.С.» было выполнено проектирование и строительство энергоэффективных зданий в Минске и областных центрах страны.

Экспериментальное строительство энергоэффективных зданий в областных центрах Республики Беларусь

В настоящее время выполнена разработка экспериментальных проектов энергоэффективных жилых домов в Гомеле, Гродно и Витебске. Проектирование выполнялось институтами Гродногражданпроект, Гомельгражданпроект и Витебскгражданпроект при участии и научном сопровождении института НИПТИС. Проектные характеристики энергоэффективных зданий приведены в табл. 1.

Табл. 1. Сведения о характеристиках проектируемых зданий

Населенный пункт	Конструктивность наружных стен жилого дома	Год постройки	Этажность	Кол-во кв.	Общая пл. здания	Удельный расход тепловой энергии на отопление, кВт·ч/(м ² ·год)	
						стандартного (аналогичного)	энергоэффективного
Брест	–	–	–	–	–	–	–
Витебск	из штучных материалов	2010	10	120	6726	94,81	22,36
		2009	10	40	2119		21,53
Гомель	из железобетонных панелей и штучных материалов	2009	10	36	2696	87,07	29,28
Гродно	из штучных материалов	2009	9-11	68	4456	82,55	30,40
Минск	из многослойных панелей	2007	9	144	9491	85,91	27,40

Особенности конструкции и энергосберегающие решения энергоэффективного дома в г. Минск по ул. Притыцкого, 107

При строительстве экспериментального объекта были отработаны технические решения по снижению затрат тепловой энергии на отопление здания до 30 кВт·ч/(м²·год) без изменения существующих планировочных решений здания серии 111-90 МАПИД и без модернизации технологического оборудования на предприятии.

В экспериментальном доме сконцентрированы новейшие научные и практические результаты исследований, выполненных в институте, обеспечившие трехкратное снижение затрат тепловой энергии на отопление по сравнению со зданиями нового строительства [5], в том числе следующие разработки:

- новый принцип вентиляции жилых помещений на основе квартирных систем принудительной приточно-вытяжной вентиляции с механическим побуждением и рекуперацией

тепла вентиляционных выбросов с эффективностью возврата тепла более 85% [8];

- для заполнения светопрозрачных проемов применены разработанные институтом на основе использования композитного профиля (дерево-пенополиуретан-дерево) и двухкамерного стеклопакета с двумя низкоэмиссионными стеклами и аргоновым заполнением окна нового поколения с сопротивлением теплопередаче $R = 1,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ [6, 7];

- неоднородное по контуру здания утепление оболочки позволило уменьшить разницу в потреблении тепловой энергии квартир, расположенных в различных частях дома, включая торцы и верхние этажи;

- стеновые панели с увеличенным сопротивлением теплопередаче в среднем от значения $3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ в середине фасада здания до $5,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;

- система отопления квартир с горизонтальной разводкой позволила создать автономную автоматизированную систему регули-

рования режимами отопления и воздухообмена в каждой квартире по индивидуальному управлению и поквартирным учетом тепла;

- в здании реализована система автоматического контроля работы квартирных блоков управления, обеспечивающая регистрацию параметров микроклимата, режимов работы вентиляторов и подачи тепла, а также аварийные ситуации в работе индивидуальных блоков.

Следует отметить, что модернизация наружных стеновых панелей потребовала минимальных затрат на изменение бортоснастки форм на предприятии КПД 3 МАПИД. В течение отопительного периода 2007-2008 гг. было выполнено исследование фактических теплотехнических характеристик экспериментального здания и условий проживания.

Результаты тепловизионного обследования ограждающих конструкций энергоэффективного дома

Тепловизионная съемка энергоэффективного жилого дома в отопительные периоды 2007-2008 и 2008-2009 гг. позволила опреде-

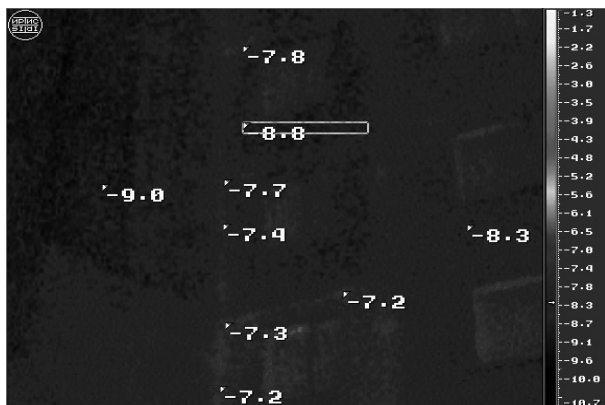


Рис. 2. Тепловизионная съемка торца здания и части юго-восточного фасада

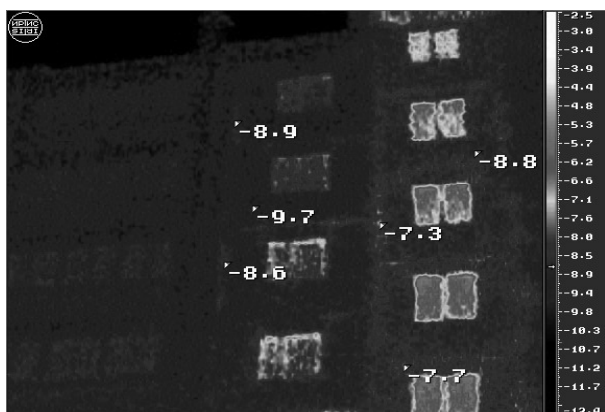


Рис. 3. Тепловизионная съемка окон с различными значениями коэффициента термического сопротивления в квартирах и лестничной клетке дома

лить наличие или отсутствие скрытых конструктивных, технологических, строительных или эксплуатационных дефектов теплозащиты зданий.

Типичные снимки, полученные при проведении тепловизионного обследования энергоэффективного дома, выполненного 08.01.2008 г., с 12 до 16 часов при температуре наружного воздуха минус 8 °С, приведены на рис. 2 и рис. 3.

Результаты съемки подтвердили высокое качество изготовления и монтажа ограждающих конструкций. Утечек тепла не наблюдается, структура однородная, швы не просматриваются. Температура поверхности ограждающих торцевых панелей более низкая по сравнению с серединой фасада, что соответствует конструкции данных панелей.

При сравнении значений температуры (см. рис. 3) вертикальных рядов окон, установленных в квартирах (слева) и в лестничной клетке (правый вертикальный ряд), можно сделать вывод о различных значениях коэффициента термического сопротивления R, что соответствует действительности. В квартирах установлены энергосберегающие окна с коэффициентом термического сопротивления $R = 1,2 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ [6]. В лестничной клетке установлены стандартные окна с коэффициентом термического сопротивления $R = 0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Это подтверждает улучшенные теплотехнические характеристики окон нового поколения.

Определение эффективности приточно-вытяжной системы вентиляции энергоэффективного дома

Перед сдачей энергоэффективного дома с целью обеспечения нормативных требований воздухообмена в каждой квартире был сбалансирован поток приточного и вытяжного воздуха:

- 110 м³/ч для 1- и 2-х комнатных квартир;
- 130 м³/ч для 3-х комнатных квартир;
- 180 м³/ч для 4-х комнатных квартир.

Баланс потоков воздуха в приточном и вытяжном каналах отрегулирован с учетом обеспечения нормируемых объемов вытяжки из кухни и санитарного узла. При равных потоках воздуха в приточном и вытяжном каналах разности температур на входах и выходах притока и вытяжки равны между собой. Поэтому коэффициент возврата тепла K системы рекуперации рассчитывается по формуле:

$$K = (T_n - T_{пр.}) / (T_n - T_{кв.}), \quad (1)$$

где: T_n , $T_{пр.}$ и $T_{кв.}$ – температура наружного воздуха на выходе приточного канала внутри квартиры, соответственно, °С.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КВАРТИРНОЙ СИСТЕМЫ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНОЙ
ВЕНТИЛЯЦИИ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ ТЕПЛА УДАЛЯЕМОГО ВОЗДУХА

Рис. 4. Зависимость температуры в каналах рекуператора от времени

Измерения температур в приточном и вытяжном каналах системы вентиляции и определение по этим данным значений К рекуператоров проводились в 3-х комнатной и 4-х комнатной квартирах.

На рис. 4 приведены типичные графики зависимости температур в каналах рекуператора от времени, по которым можно судить об эффективности возврата тепла рекуператором.

По результатам измерений получены значения КПД системы рекуперации тепла: для 4-х комнатной квартиры – 84%, для 3-х комнатной – 86%. Разница в значениях обусловлена различным уровнем воздухообмена в квартирах, 130 м³/ч для 3-х комнатной квартиры и 180 м³/ч – для 4-х комнатной. Полученные экспериментально результаты подтвердили возможность обеспечения низкого уровня тепловых потерь в экспериментальном здании.

Возврат тепловой энергии рекуператором из воздуха в этих условиях с учетом значения средней температуры воздуха в помещениях, равной 21°C, для 3-х комнатной квартиры составит около 4340 кВт·ч. Суммарные годовые затраты электроэнергии для работы вентиляторов и предотвращения замерзания конденсата системой рекуперации тепла составляют около 430 кВт·ч/(м²·год). Таким образом возврат тепловой энергии рекуператором из воздуха в 10 раз превышает затраты электрической энергии, что дает высокий коэффициент ее использования.

В соответствии с ГОСТ 12.1.036 были выполнены измерения уровней шума, создаваемого в жилых комнатах системами вентиляции, который не должен превышать 25 дБА ночью

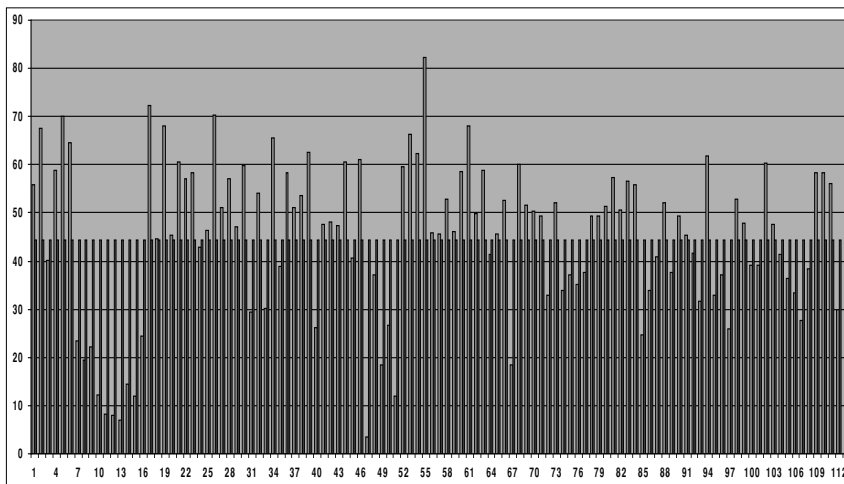
и 30 дБА днем. Определенные в процессе исследований уровни шума системы вентиляции при воздухообмене 110 и 135 м³ не превышают 23 дБА ни в одном из исследуемых помещений. Установлено, что уровни шума в жилых помещениях соответствуют допустимым нормативным значениям.

Сравнение расчетных и фактических данных потребления энергии на отопление квартир энергоэффективного жилого дома

В каждой из квартир экспериментально энергоэффективного здания установлены индивидуальные счетчики тепловой энергии, потребляемой на отопление.

В период эксплуатации дома за отопительные сезоны 2007-2008 и 2008-2009 гг. получены данные по расходу тепловой энергии на отопление квартир экспериментального энергоэффективного дома. Значения удельных расходов тепла на отопление квартир в здании по итогам двух отопительных сезонов приведены на рис. 5. Средний уровень удельного теплоснабжения, рассчитанный по данным рис. 5, равен 44 кВт·ч/(м²·год). Эта цифра выше расчетного уровня, равного 30 кВт·ч/(м²·год). Разница объясняется тем, что расчет теплотерьер выполнялся на температуру воздуха в жилых помещениях, равную 18°C, в то время как средняя температура в помещениях по данным наблюдения была равна 21°C. Разность температур в 3°C дает дополнительное 15-процентное увеличение уровня теплотерьер, то есть 6 кВт·ч/(м²·год). К этому следует добавить, что дом сдавался без выполнения отделочных работ и заселялся медленно.

Рис. 5. Фактические удельные расходы тепла на отопление квартир энергоэффективного дома по результатам отопительных сезонов 2007-2008 и 2008-2009 гг.



В настоящий момент в здании постоянно проживают не более чем в 80% квартир, поэтому в его теплоснабжении отсутствовали внутренние источники тепла.

Результаты анализа потребления тепла в течение отопительного сезона 2009-2010 гг. представлены на рис. 6. Уровень теплоснабжения взят по результатам на начало марта. Прогнозный уровень на конец отопительного сезона составит 40 кВт·ч/(м²·год). В пересчете на температуру воздуха в квартирах 18°C даст 34 кВт·ч/м², что приближается к расчетным значениям. Из сравнения данных, приведенных на рис. 5 и 6, видна тенденция к снижению уровня потребления тепла в квартирах.

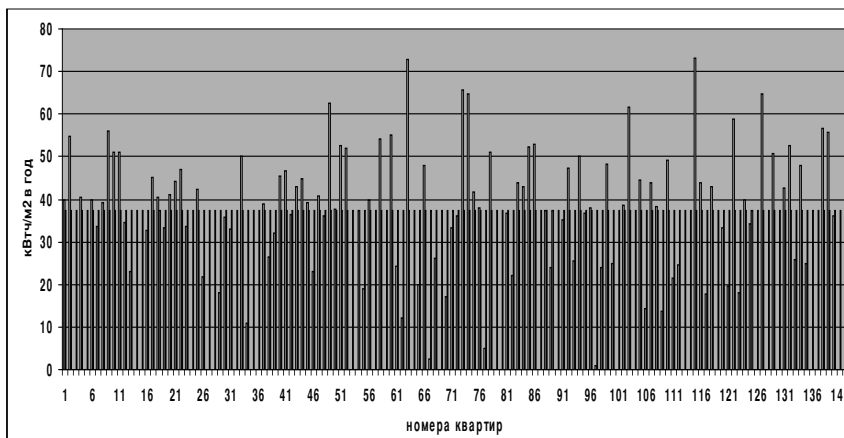


Рис. 6. Фактические удельные расходы тепла на отопление квартир энергоэффективного дома по результатам отопительного сезона 2009-2010 гг.

Для определения удовлетворенности жильцов условиями проживания в энергоэффективном здании было проведено анкетирование. Большинство потребителей (более 80%) удовлетворено качеством воздуха в квартирах и комфортом проживания. В отопительном сезоне 2009-2010 гг. по инициативе жильцов оплата за отопление выполняется

по показаниям квартирных счетчиков тепловой энергии.

В каждой квартире имеется автоматизированная система управления режимами воздухообмена и температуры. Система верхнего уровня обеспечивает получение информации о параметрах каждой системы управления. На рис. 7 приведены обобщенные данные автоматического

ФАКТИЧЕСКАЯ НАСТРОЙКА ПАРАМЕТРОВ КВАРТИРНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ РЕГУЛЯТОРОВ (УСТАНАВЛИВАЕТСЯ ЖИЛЬЦОМ)

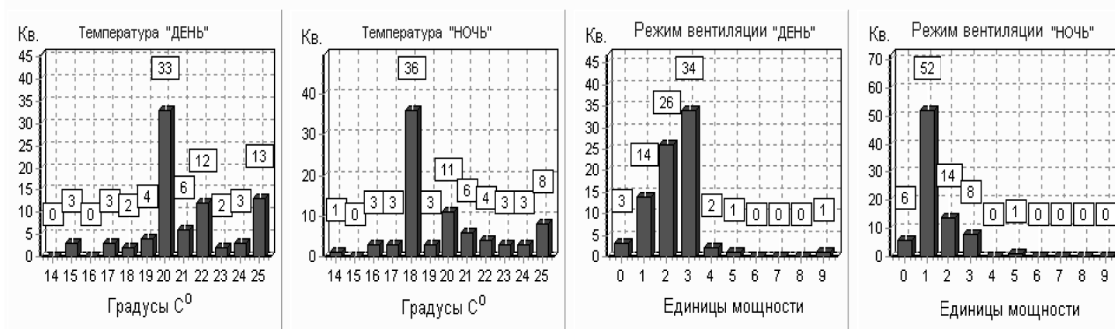


Рис. 7. Гистограмма параметров микроклимата, задаваемых жильцами дома

опроса работы квартирных систем в виде гистограммы параметров температуры в квартирах и уровня воздухообмена, задаваемых жильцами дома для ночного и дневного времени.

Вентиляторы имеют возможность 9-ти ступенчатого дискретного регулирования. Нор-

мативный воздухообмен обеспечивает 2-ю или 3-ю ступень в зависимости от площади квартиры. Из гистограмм видно, что жильцы здания активно используют возможность индивидуального управления параметрами микроклимата.

Выводы

Опыт эксплуатации первого в стране энергоэффективного жилого дома в г. Минске в течение трех отопительных сезонов подтвердил корректность проектных и технических решений, использованных при его строительстве. Качество изготовления наружных стеновых панелей и выполнения строительных работ можно считать высоким, что подтвердили результаты тепловизионной съемки дома.

Значение коэффициента полезного действия системы рекуперации тепла, полученное в процессе эксплуатации жилых помещений, равно 84-86%, уровни шума соответствуют нормативным значениям.

Анализ результатов эксплуатационных затрат тепла на отопление и температурных режимов воздушной среды в жилых помещениях, полученных в период отопительных сезонов 2007-2008 и 2008-2009 гг., показывает, что по мере заселения квартир уровень тепловых потерь в здании приближается к расчетному.

Анкетирование жильцов показало, что более 80% удовлетворены условиями жизни в доме.

С учетом опыта строительства и эксплуатации энергоэффективного здания Советом Министров Республики Беларусь принято решение о поэтапном расширении энергоэффективного строительства в стране с выходом на 60% строительства энергоэффективных зданий в 2015 г. Одновременно принято решение об организации в стране выпуска комплектующих изделий для обеспечения необходимых объемов строительства энергоэффективных зданий.

В 2009 г. в Беларуси было выполнено проектирование и строительство энергоэффективных зданий в областных центрах страны. Дома построены в различных конструктивных системах. В то же время их объединяет низкое, около 30 кВт·ч/(м²·год), удельное потребление тепла на отопление. Во всех построенных и строящихся зданиях предусмотрена децентрализованная приточно-вытяжная принудительная система вентиляции с системой рекуперации тепла вентиляционных выбросов. В домах установлены окна нового поколения с сопротивлением теплопередаче более 1 м²·°C/Вт, а также неоднородное утепление ограждающих конструкций здания.

Список использованных источников

1. W. Feist. *Das kostengünstige Passivhaus – Proektbeschreibung // Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser. Protokollband Nr 1 Darmstadt, 1996. – P. 9-21.*
2. W. Feist. *Gestaltungsgrundlagen Passivhäuser // Verlag das Beispiel, 2001. Passivhäuser.*
3. Данилевский Л.Н. *Основные требования к конструкции и инженерным системам энергоэффективных зданий // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI века. 2006. – № 7 (90). – С. 66-67.*
4. Данилевский Л.Н. *Особенности проектирования и длительность отопительного периода энергоэффективных зданий // Строительная наука и техника. 2008. – № 1. – С. 35-42.*
5. Данилевский Л.Н., Пилипенко В.М., Потерщук В.А. *Энергоэффективный панельный дом серии 111-90 МАГИД // Архитектура и строительство. Мн., 2007. – № 2. – С. 98-101.*
6. Данилевский Л.Н., Таурогинский Б.И. *Теплофизические характеристики окон из комбинированного материала дерево-пенополиуретан-дерево // Строительная наука и техника. 2006. – № 5 (8). – С. 8-15.*
7. Пилипенко В.М., Данилевский Л.Н., Таурогинский Б.И., Ксенофонтов М.А., Хатенко А.С. *Оконный блок / Патент РБ на карысную мадэль № 1323.*
8. Данилевский Л.Н., Таурогинский Б.И. *Исследование эффективности канальных теплообменников-рекуператоров воздух-воздух // Строительная наука и техника. 2006. – № 4 (7). – С. 36-41.*
9. СНБ 3.02.04-03 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ СЕМИНАРЫ «ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ» В УКРАИНЕ

Мартыненко В.А., канд. тех. наук, доцент, зав. лаборатории ячеистых бетонов, Приднепровская академия строительства и архитектуры, г. Днепропетровск, Украина

В 2003 г. при поддержке ректора Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры профессора Большакова В.И. лаборатория ячеистых бетонов провела первый Международный научно-практический семинар «Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве». В резолюции, принятой на семинаре, предлагалось организовывать такие мероприятия раз в два года. С тех пор эти семинары стали традиционными. В их работе принимают участие ученые, производственники, проектировщики, строители в количестве 125-215 человек (рис. 1).

УДК 666.973.3

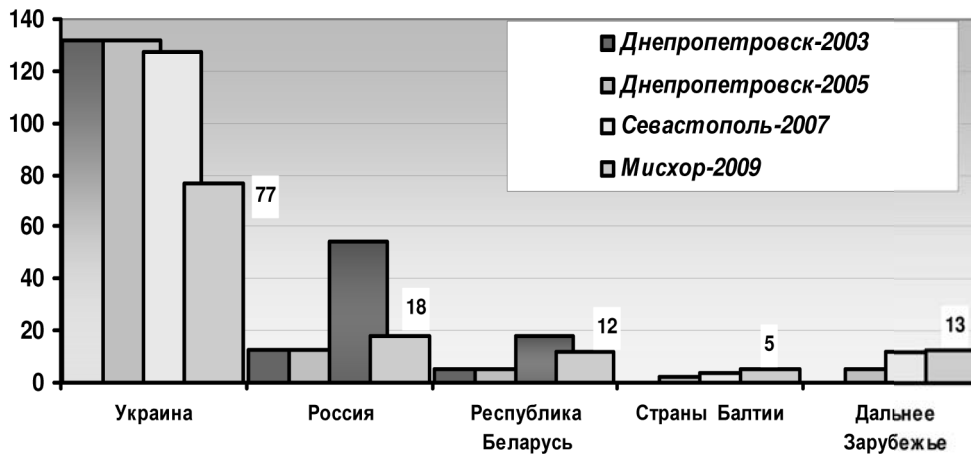


Рис. 1. Количество участников семинаров «Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве»

Большинство специалистов считает, что конструкции из ячеистого бетона являются наиболее эффективными в современном строительстве, а развитие их производства и совершенствование технологии стали первостепенными задачами строительной индустрии. Прочностные характеристики изделий из газобетона автоклавного твердения позволяют возводить здания высотой до пяти этажей. Из газобетона изготавливаются и армированные изделия: плиты перекрытия, покрытия, перемычки, лестничные ступени и арочные перемычки.

По своим экологическим свойствам газобетон стоит в одном ряду с деревом, а конструктивно-теплоизоляционные характеристики делают его универсальным материалом для использования во всех климатических зонах Украины. Газобетон не горит, не гниет, не ржавеет, а также имеет низкое содержание естественных радионуклидов. Он легко обрабатывается: пилится, режется, строгается и сверлится [1, 2, 3, 4].

К сожалению, Украина не сохранила свой предыдущий потенциал по производству газобетонных изделий. Чтобы дать возможность специалистам, ученым, проектировщикам, строителям обмениваться новой информацией и на основании этого определять пути решения тех или иных проблем, лаборатория ячеистых бетонов и стала проводить семинары, которые переросли в международные.

Первый семинар проводился в академии в 2003 г. и был посвящен общим проблемам развития отрасли и преимуществам применения ячеистого бетона в строительстве. На втором – проходившем в 2005 г., рассматривали проблемы, связанные с выбором технологии производства изделий из газобетона и выбором основного технологического оборудования (рис. 2).

На третьем семинаре (Севастополь-2007) поднимались и обсуждались вопросы выбора оборудования, принятия проектных и компоновочных решений современных линий, обсуждался опыт производства изделий по

Рис. 2.

Контингент семинара
Днепропетровск-2005

разным технологиям. Да и сам контингент присутствовавших на семинаре был представлен в большинстве производителями ячеистобетонных изделий (рис. 3). Нужно отметить, что программы семинаров определяются самими участниками в процессе подготовки к ним.

В 2009 г. в связи с экономическим кризисом возникла необходимость детального рассмотрения следующих вопросов:

- энергосбережение при производстве газобетонных изделий автоклавного твердения;
- энергосбережение при строительстве и эксплуатации зданий с использованием газобетонных изделий;
- теоретические и технологические вопросы производства изделий из автоклавного газобетона;
- сырьевые материалы для производства изделий из ячеистых бетонов и сухих строительных смесей;
- применение газобетонных изделий в современной строительной практике.

Четвертый Международный научно-практический семинар «Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве» проходил 15-19 сентября 2009 г. в п.г.т. Гаспра, АР Крым [4]. Его организатором наряду с академией выступало Министерство регионального развития и строительства Украины. Несмотря на экономический кризис, на семинаре присутствовало 125 человек (рис. 4). Приехали специали-

сты из Германии, Голландии, Дании, Польши, Турции, стран Прибалтики (представители Эстонии и Литвы). Следует отметить, что в работе последних трех семинаров всегда принимают участие немецкие и голландские специалисты, представители фирм «Маза-Хенке», «Верхан» и «Хесс», которые являются лидерами по разработке технологий и оборудования для производства газобетонных изделий.

По сравнению с предыдущим семинаром на мероприятии 2009 г. сократилось количество участников из России, что можно объяснить накладками по срокам проведения подобного семинара в г. Санкт-Петербурге.

Контингент семинара, как и раньше, условно подразделяется на две группы (рис. 5).

Научная группа – доктора и кандидаты технических наук, аспиранты и соискатели, студенты, работники проектных организаций, представители руководящих организаций. В нее входили 3 доктора тех. наук, 19 канд. тех. наук, 15 аспирантов и соискателей, 19 проектировщиков, работников Министерства и общественных организаций. В этой группе отдельно обозначены сотрудники Приднепровской академии строительства и архитектуры – 12 человек, в том числе трое студентов.

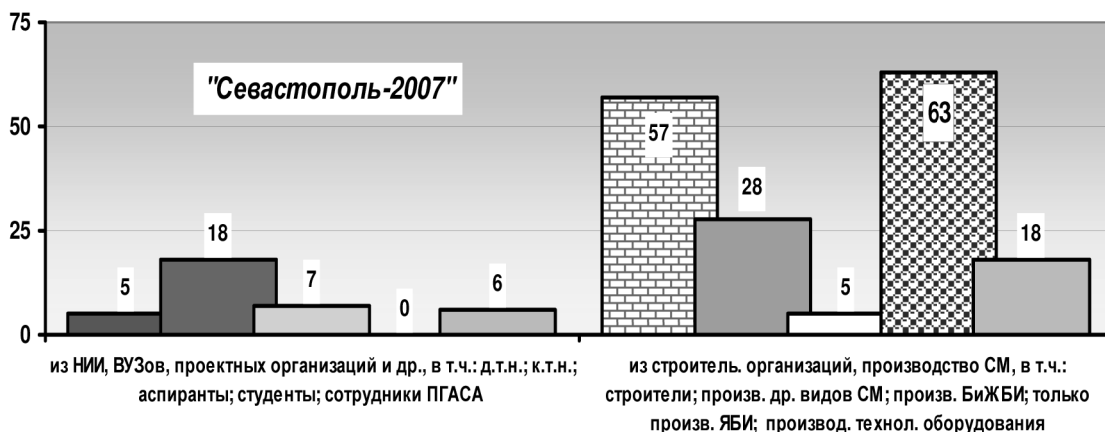


Рис. 3. Контингент семинара Севастополь-2007

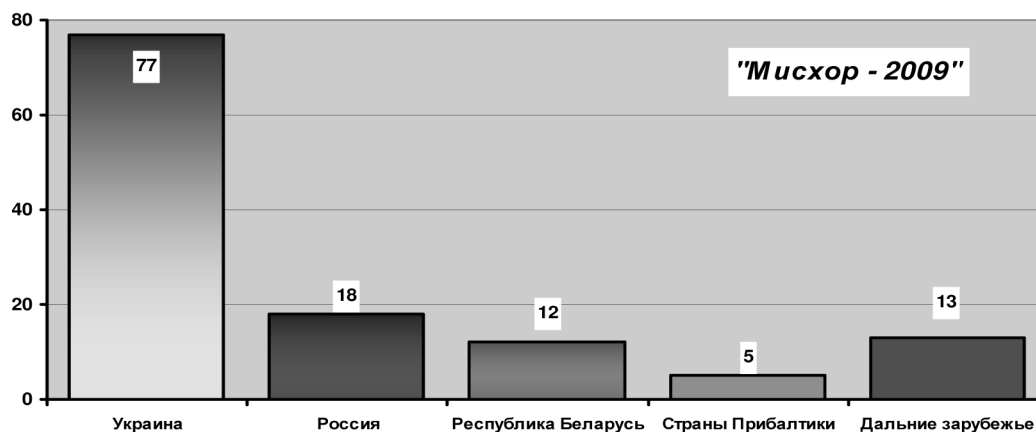


Рис. 4. Состав участников четвертого семинара Мисхор-2009 по странам

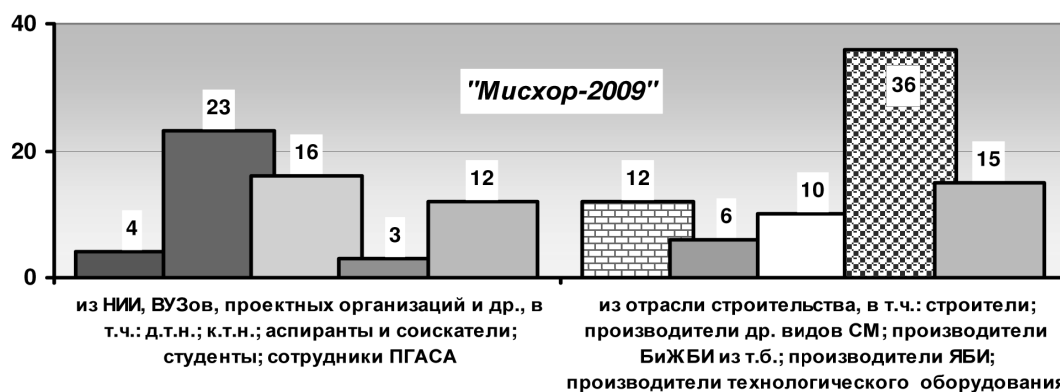


Рис. 5. Контингент четвертого семинара Мисхор-2009

Вторую группу участников семинара представляют производители. Прежде всего это представители строительных организаций и стройиндустрии, которые производят строительные материалы, бетонные и железобетонные изделия из тяжелого бетона. Данных специалистов на семинаре было 17 человек. Основная часть этой группы – представители заводов газобетонных изделий – 38 человек. В этой же категории есть представители фирм, разрабатывающих технологии и оборудование, предлагающие услуги по его изготовлению, поставке и монтажу. Это зарубежные фирмы и машиностроительные предприятия Украины и России.

К сожалению, украинские машиностроительные предприятия не могут предложить полный комплект технологического оборудования и в основном специализируются на предложениях вспомогательного оборудования. Такое положение дел сложилось из-за того, что так и не была выполнена государственная программа «Развитие производства ячеистобетонных изделий и их применение в массовом строительстве Украины на 2005-2011 гг.», которая наряду с развитием базы стройиндустрии предусматривала и развитие собственного машиностроения. Предприятия

Украины могут самостоятельно разрабатывать и производить основное отечественное технологическое оборудование для линий газобетонных изделий. Соответственно, машиностроительные заводы получили бы заказы на миллионы гривен, продолжали бы развиваться машиностроение и металлургия. Страна стала бы продавать не просто металл, а высокоэффективное оборудование. Но этого не случилось.

Таким образом, преобладающее количество участников семинара – производители, которые приезжают для взаимного обмена опытом и общения. Также их интересуют доклады и консультации ведущих специалистов отрасли, новые наработки и т.п. Поэтому производители – это основной контингент мероприятия (60-70%). Такие семинары – хороший плацдарм и для молодых ученых. Аспиранты, выступая, заявляют о своих научных направлениях, находят поддержку у представителей науки Украины, Польши, Литвы, а также у производителей Беларуси, которые имеют большой опыт производства газобетонных изделий.

Контингент участников семинара Севастополь-2007 (см. рис. 3) также отражает направленность семинаров. Преобладающий

количественный состав участников мероприятия – производители газобетонных изделий (33%). Предположительно, это связано как с рядом обсуждаемых вопросов на семинаре, так и с научной деятельностью организатора семинаров – лаборатории ячеистых бетонов ПГАСА.

Рассмотрим ключевые вопросы проведения четвертого семинара Мисхор-2009 более подробно.

В первый день для всех желающих был предложен курс обзорных лекций «О прогрессивных технологиях производства и рационального использования газобетонных изделий в современном строительстве», которые прочитал доцент кафедры ТСКИМ, зав. лаб. ячеистых бетонов, действительный член АБУ Мартыненко В.А. Был представлен аналитический обобщенный информационный материал об этапах развития отрасли газобетонных изделий в Украине и передовых странах Европы. Рассмотрены принципиальные вопросы рационального и эффективного использования газобетонных изделий в современных условиях строительства. Были также изложены вопросы нерационального использования некоторых стеновых материалов в ограждающих конструкциях отапливаемых зданий.

В вечернем заседании руководители двух отделов Министерства регионального строительства Украины провели дискуссионный круглый стол на тему «Развитие производства изделий из ячеистого бетона и их использование в современном строительстве». В его работе приняли участие представители ПГАСА, НИИСМИ, НИИСК, НИИСП, Ассоциации «Всеукраинский союз производителей строительных материалов и изделий», а также ведущие специалисты украинских отраслевых предприятий, проектных институтов, строительных организаций.

Основными вопросами, обсуждаемыми во время круглого стола, стали совершенствование механизмов разработки национальных нормативов по производству и, особенно, использованию выпускаемой продукции из ячеистого бетона, а также решение проблем, связанных с увеличением применения изделий из газобетона в промышленном и гражданском строительстве Украины. В этом вопросе Украина отстает от Беларуси и России, не говоря уже о западных странах. Среди приоритетных заданий Минрегионстроя является приведение украинских строительных норм и стандартов в соответствие европейским требованиям с целью повышения конкурентоспособности газобетонных изделий ав-

токлавного твердения, а также обеспечение реализации отраслевой программы повышения энергоэффективности в строительной отрасли на 2010-2014 гг.

Во второй и третий дни семинара проходили пленарные и секционные заседания. Первый доклад был посвящен производству изделий из автоклавного газобетона и развитию производственной базы в Украине (докладчик – доцент Мартыненко В.А.). Было отмечено снижение производства газобетонных изделий в Украине в 2008 г. на 3,2%, что связано с уменьшением объемов строительства. В целом доля газобетонных изделий в объеме стеновых материалов составляет около 1%, что несравнимо с Россией, Польшей, Беларусью.

При анализе развития производственной базы был сделан акцент на то, что впервые в Украине лабораторией ячеистых бетонов ПГАСА были выполнены проектные работы по разработке технологического оборудования для первой украинской линии (полный комплект технологического оборудования). В этом проекте реализованы энергосберегающие решения, которые по показателям лучше, чем в проектах зарубежных фирм. В частности, удельные энергетические затраты теплоты на проведение автоклавной обработки меньше по сравнению с известными подобными технологиями. Таким образом, в Украине есть технология и основное технологическое оборудование для строительства линий газобетонных изделий малой и средней производительности [4].

О развитии нормативной базы по проектированию зданий и сооружений как жилого, так и общественного значения, доложил Авдеенко А.П., начальник Управления архитектурно-конструктивных и инженерных систем зданий и сооружений Министерства регионального строительства Украины, архитектор, действительный член Академии строительства Украины [4].

Участники семинара с интересом прослушали сообщение ведущего научного специалиста из Польши, доктора тех. наук Г. Запоточной-Сытэк, которая рассказала об использовании европейских стандартов в производстве и применении изделий из автоклавного газобетона. Докладчик отметил, что Польша является самым крупным производителем таких изделий в Европе, поскольку эта отрасль промышленности постоянно развивается и модернизируется [4]. В 2011 г. в стране будет отмечаться 60-летие присутствия газобетонных изделий автоклавного твердения на польском рынке строительных материалов.

Г-жа Запоточна-Сытэк отметила, что, несмотря на кризис на рынке строительных материалов, в 2008 г. выпуск изделий из автоклавного газобетона в Польше остался на высоком уровне – 4,90 млн. м³. Осуществленные в последние годы в стране коренные изменения в производстве данных изделий касаются главным образом подготовки сырьевых материалов, дозировки компонентов, резки массивов, а также упаковки готовой продукции. Это позволило большинству производителей вступить в третье тысячелетие с линиями нового поколения и разнообразной новой номенклатурой изделий, обладающих высокими техническими эксплуатационными свойствами. Эта продукция характеризуется минимальными отклонениями по геометрическим размерам, высоким коэффициентом конструктивного качества, меньшим значением коэффициента теплопроводности.

Об особенностях производства газобетонных и силикатных изделий по технологии компании «Маза-Хенке» рассказал Иванов А.К., представитель этой фирмы в СНГ. «Маза-Хенке» предлагает две основные разновидности технологических линий для производства газобетонных неармированных и армированных изделий [4].

Концепцию производственной линии компании «Хесс» представил ведущий специалист г-н Андре Антонов. В разработанных компанией технических решениях обратного кантования газобетонного массива в линии имеется возможность удалять подрезной слой сразу после его резки. Производительность новой линии может составлять до 1500 м³/сутки. Данная технология уменьшает количество брака и оптимизирует дальнейший процесс гидротермального твердения газобетонных изделий в автоклавах [4].

Президент фирмы «Верхан», доктор Клаус Бонеманн отметил в своем докладе, что отличительными особенностями немецких технологических линий, являются использование полностью раскрывающихся форм, перестановка массива на специальный поддон для резки и автоклавной обработки изделий меньших размеров, который обеспечивает более плотную горизонтальную установку газобетонных массивов в автоклаве, а также система обратного кантования массива [4].

Генеральный директор ЗАО «Воронежский комбинат строительных материалов» Жаглин В.И. и главный специалист Арцыбашев Г.А. рассказали о многолетнем опыте производства газобетонных изделий на технологической линии ВКСМ-ТМП. Все технологическое оборудование было изготовлено в России, что,

естественно, снизило капитальные затраты при ее строительстве. Главной отличительной особенностью технологии является высокая оборачиваемость форм за счет минимального времени предварительной выдержки до начала резки массива [4].

Ведущий инженер ОАО «Пермский завод силикатных панелей» Щукин А.М. поделился опытом эксплуатации экспериментальной линии «Сотаблок» для производства газобетонных изделий автоклавного твердения первой категории, которая изготовлена и смонтирована техническим и производственным персоналом объединения. Линия рассчитана на изготовление 260 м³ блоков в сутки при двусменной работе формовочного оборудования и круглосуточном использовании четырех автоклавов для ТВО газобетонных изделий. Уникальность и особенность этой линии в том, что впервые решен вопрос удаления подрезного слоя на перестановщике газобетонных массивов. Таким образом, монополия в технологии удаления подрезного слоя, которой владела только фирма «Верхан», завершилась. Вторыми освоили этот прием специалисты фирмы «Хесс», а окончательно и более умело поставили точку пермяки [4].

В своем выступлении канд. тех. наук Язепс Паплавскис подчеркнул, что вопросы энергосбережения необходимо решать уже на стадии проектирования отапливаемых зданий и сооружений, так как исправление проекта на стадиях строительства и эксплуатации зданий связано с большими затратами. Также г-н Паплавскис отметил положительные стороны введенного в действие на территории Украины ДБН В.2.6-31:2006, а конкретнее то, что данными нормами устанавливаются требования не только к теплоизоляционным свойствам ограждающих конструкций отапливаемых зданий, но и к нормативным теплотерям зданий на 1 м² отапливаемой площади в год. При этом для ограждающих конструкций при определении теплотерей в расчет должны приниматься следующие моменты:

- характеристики теплопроводности стеновых материалов;
- влажностный режим ограждающих конструкций;
- воздухопроницаемость;
- тепловая инерция конструкций.

Наряду с этим в ДБН В.2.6.-31:2006 введена методика составления и форма энергетического паспорта дома. Таким образом, этот современный нормативный документ определяет правила тепловой защиты зданий. С помощью компьютерной программы просчитаны

общие теплотери дома с использованием газобетонных изделий. При расчете энергозатрат на 1 м² жилых помещений в расчет должны приниматься не только теплопроводность ограждающих конструкций, но и целый ряд других важных факторов [4].

Газобетон может быть не только стеновым материалом, но и эффективным жаростойким теплоизоляционным материалом [4]. О своих исследованиях в этой области рассказал доктор тех. наук Сеница М.С., ведущий специалист известного института «Термоизоляция» Вильнюсского технического университета им. Гедиминаса.

В институте на протяжении многих лет осуществлялись научно-исследовательские работы по изучению влияния различных армирующих добавок на свойства автоклавного ячеистого бетона. Установлено, что небольшое количество добавки волокна базальтовой ваты повышает морозо- и жаростойкость автоклавного газобетона. Этими разработками заинтересовался международный проект EUREKA (E! 4487 WASTHEATCONCRETE), целью которого является создание жаростойкого ячеистого бетона. В данном проекте предложено участвовать и Украине, в частности лаборатории ячеистого бетона ПГАСА. Однако, несмотря на то что эти работы коллективом лаборатории выполнены, финансирование Министерством науки и образования Украины не проводится. Таким образом, украинская сторона срывает международный проект EUREKA.

В целом же семинар проходил в теплой и дружественной обстановке. Проведение подобных мероприятий приносит определенные результаты. Во-первых, издаются сборники научных трудов, которые дают специалистам концентрированное представление о научно-техническом состоянии отрасли. В сборниках

печатаются и зарубежные специалисты, благодаря материалам которых можно сопоставить уровень мировой практики и реальные результаты состояния украинской науки и отрасли промышленности.

Во-вторых, на семинаре предоставляется уникальная возможность задать вопрос специалисту мирового уровня, обсудить заинтересовавший доклад с его автором, получить информационные материалы.

В-третьих, проведение семинаров – это попытка привлечь общественное мнение к решению такой наболевшей проблемы, как строительство доступного, экономного, дешевого и энергосберегающего жилья, а также популяризация применения газобетонных изделий в связи с растущими требованиями энергосбережения в строительстве. В целом, это шаг к развитию отрасли и увеличению производства газобетонных изделий в Украине.

Следующий, пятый семинар, планируется провести в 2011 г. не в сентябре, а в мае в западных областях Украины. Это будет способствовать строительству и расширению использования газобетонных изделий в этом регионе, где вопрос использования эффективных стеновых материалов решается на низком уровне и за счет многослойных конструкций стен с применением неэффективных полимерных теплоизоляционных материалов.

Изменение сроков проведения следующего семинара связано с 5-м Европейским конгрессом по ячеистым бетонам, который пройдет в Польше в сентябре 2011 г. В предыдущих конгрессах принимали участие ведущие специалисты не только из Европы, но также из Азии, Америки и Австралии. К его непосредственной подготовке и участию приглашены и сотрудники лаборатории ПГАСА.

Список использованных источников

1. Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве / Сб. науч. трудов. Вып. 1. – Днепропетровск: ПГАСА, 2005. – 306 с.
2. Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве / Сб. науч. трудов. Вып. 2. – Днепропетровск: ПГАСА, 2005. – 216 с.
3. Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве / Сб. науч. трудов. Вып. 3. – Днепропетровск: ПГАСА, 2007. – 287 с.
4. Строительство, материаловедение, машиностроение // Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве / Сб. науч. трудов. Вып. 4. – Днепропетровск: ПГАСА, 2009. – 397 с.

ЯЧЕИСТЫЕ БЕТОНЫ – ВЗГЛЯД НА СТРОИТЕЛЬНЫЙ РЫНОК

Лаповская С.Д., канд. тех. наук, ст.н.с., зав. лабораторией СМСН, ГП «НИИСМИ», г. Киев, Украина

Для украинской строительной индустрии, особенно в сфере производства и потребления стройматериалов, 2009 г. стал наиболее сложным. На фоне экономического кризиса объемы возведения жилья, коммерческих объектов и промышленных зданий снизились почти наполовину, производители и поставщики оказались в сложном положении. Сегодня перед одними предприятиями стоит стратегическая задача выживания, перед другими – сохранения своих позиций, а самые амбициозные планируют подняться за счет слабеющих или уходящих с рынка конкурентов.

Особенно четко эта тенденция прослеживается на рынке ограждающих конструкций, где ужесточилась конкуренция между производителями традиционных и передовых стеновых материалов. Заказчики не стоят в очереди ни к тем, ни к другим, поэтому компании, предлагающей на рынке материал для возведения стен, важно привести заказчику настолько весомые доводы, чтобы клиент остановил свой выбор именно на ее продукции.

Выбора у заказчика достаточно сложный, ведь именно стены задают тон всему сооружению. От материалов для стен напрямую зависит выбор фундаментного решения, ограничения по виду кровли и вариантов отделки, а также долговечность и комфортность построенного здания. Современные требований к этим материалам немало: экологичность, энергоэффективность, эргономичность и один из решающих факторов в кризисный период – приемлемая цена. **Кризис значительно повлиял на реализацию, а, следовательно, и на производство стеновых материалов.** Рынок стеновых материалов потерял около 40% от объема прошлых лет. Если еще в 2007 г. он составлял около 8200 тыс. м³, то в 2009 г., по оценкам НИИСМИ, он составил всего 4900 тыс. м³. Особенно остро снижение спроса почувствовали производители силикатного и керамического кирпича.

Объем выпуска автоклавного ячеистого бетона снизился значительно меньше. Это связано с двумя факторами. Во-первых, потребителей все больше интересует вопрос энергосбережения, поэтому потребление автоклавного ячеистого бетона увеличивается в сравнении с предыдущими годами и он заменяет другие стеновые материалы. Во-вторых, в прошлом году начался выпуск продукции на новых заводах по производству автоклавного ячеистого бетона в Киевской, Днепропетровской и Херсонской обл. Все эти заводы работают на современном технологическом оборудовании, в результате чего качество продукции заметно улучшилось. Количество игроков в сегменте рынка ячеистого бетона увеличилось, а в области

изготовления стеновых материалов – практически не изменилось. Многие из них просто временно остановили производство в ожидании роста рынка и темпов строительства.

В то же время изменилась структура рынка. В последние два года более высоким спросом начал пользоваться автоклавный ячеистый бетон. С одной стороны, это связано с повышением качества данного материала по сравнению с более ранними периодами, а с другой – с растущим значением энергосбережения.

Распределение долей стеновых материалов в 2009 г., по данным специалистов, выглядело следующим образом:

- керамический кирпич – 46%;
- силикатный кирпич – 22%;
- автоклавный ячеистый бетон – 18%;
- другие материалы – 14%.

Точно оценить объемы рынка автоклавного ячеистого бетона достаточно трудно, так как говорить о выходе из кризиса еще рано. В настоящее время лидерами в этом сегменте выступают компании «Аэрок», ООО «ЮДК» (г. Днепропетровск, Украина), Завод строительных материалов № 1 «ААС» и Броварской завод «СтоунЛайт».

Примечательно, что на данный момент в Украину практически не поставляется импортный газобетон.

Еще одна важная особенность украинского рынка стеновых материалов – **прогнозируемый переход строительных компаний с традиционных стеновых материалов (кирпич, шлакоблок и пенобетон) на автоклавный ячеистый бетон** полностью подтверждается.

В Одесской области, например, строительство практически всех многоэтажных и коттеджных зданий ведется из автоклавного ячеистого бетона. Подобные тенденции наблюдаются в Киевской области и в Крыму. Вызвано это тем, что все больше строителей и заказчиков начинают считать себестоимость готового квадратного метра стены, а не кубического метра материала. Всех также волнует экономия тепла в условиях постоянного роста цен на энергоносители. Не менее важно и то, что газобетон считается экологически чистым материалом. Более того, из-за обострившейся внутренней конкуренции производителей отечественного газобетона цены за последний квартал снизились примерно на 10-15%. Естественно, это еще больше привлекает потенциальных заказчиков к газобетону. Сегодня его цена почти в два раза отличается от стоимости поризованных керамических блоков. А если учесть, что стены из поризованной керамики необходимо утеплять и они нуждаются в отделке, то разница стоимости квадратного метра будет в разы. В принципе, **сегодня нет альтернативы автоклавному ячеистому бетону**. Самый ближайший его конкурент – поризованная керамика, которая обладает существенными недостатками: высокой ценой, тепло- и звукопроницаемостью, коэффициентом теплопроводности почти на порядок выше, чем у газобетона, и большим весом камня.

Современные стеновые материалы должны соответствовать таким требованиям, как высокое стабильное качество, размерная точность, легкая обработка, надежность и безопасность при использовании, энергоэффективность, возможность использования при разных (типичных) условиях строительства, наличие технических конструктивных решений для материала.

Однако на выбор потребителя влияют и другие факторы: стоимость материала, объем технической консультации и поддержки в процессе планировки и во время строительства, сервис производителя, наличие продукции на складе дилера или завода-изготовителя.

Предпочтения застройщиков относительно того или иного стенового материала значительно отличаются в разных регионах. Например, в некоторых восточных регионах Украины до сих пор из-за сложной системы взаиморасчетов строители не обращают внимания на аргументы поставщиков газобетона. Строительство в основном

ведется из шлакоблока с низким экологическим показателем. По словам строителей, для них сегодня важнее просто сдать «коробку», а утеплением пусть занимаются ее будущие владельцы. Совершенно другая ситуация в южной части страны, в Киеве, городах Крыма и западных областях, где практически все крупные строительные компании используют автоклавный газобетон.

Прогнозируя будущее украинского рынка стеновых материалов, можно заметить, что несмотря на внутреннюю конкуренцию, связанную с открытием новых заводов, **потребность в автоклавном газобетоне однозначно будет увеличиваться**. Это объясняется тем, что спрос на жилье растет, многие стройки уже начинают «размораживаться», банки, хотя и осторожно, начинают кредитовать как самих строителей «живых» строек, так и потенциальных владельцев. Тем не менее, тенденции роста во многом зависят от стабильности ситуации в стране.

Понимая необходимость срочных перемен и безотлагательных действий в украинском строительстве, на совещании в Минрегионстрое Украины были выработаны приоритетные направления. Среди них на первом месте – **индустриализация строительной отрасли, повышение энергоэффективности зданий и технологий, сохранение архитектурного наследия, повышение квалификации персонала и развитие нормативной базы**.

Какие же задачи стоят сегодня перед технологами ячеистого бетона?

Потребителям необходимо получить от производителя не только теплоэффективные стеновые элементы, но и несущие армированные изделия из ячеистого бетона.

В Украине в 80-90-е гг. минувшего века на Белгород-Днестровском ЭЗЯБиИ выпускали армированные панели перекрытий и покрытий. Дома с несущими и ограждающими ячеистобетонными конструкциями построены в г. Белгород-Днестровский Одесской области. Они без повреждений и трещин выдержали румынское 7-балльное землетрясение и неоднократное длительное отсутствие отопления в осенне-зимний период из-за прорывов теплотрассы в городе. Поэтому одним из направлений развития ячеистых бетонов в Украине представляется **возрождение на более высоком современном уровне производства армированных унифицированных изделий**, имеющих высокие характеристики материала не только на сжатие, но также на изгиб и растяжение.

СИЛИКАЛЬЦИТ – МИФ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ

Клаусон В.Р.; Сажнев Н.П.

Несмотря на то что прошло много лет, о силикальците и его «отце» Иоханнесе Александровиче Хинте появляется еще много различных публикаций, порой необоснованно искажающих факты.

УДК 666.973.6

В 70-е гг. прошлого столетия И.Хинт написал отличную монографию «Основы производства силикальцитных изделий», были опубликованы сотни различных статей и докладов. Лауреатом Ленинской премии Оскаром Кургановым написано два больших романа: «Тайна песчинки» и «Сердца и камни», в которых подробно рассказывается о тернистом пути, пройденном Хинтом и его командой в деле становления и развития силикальцита как в СССР, так и за рубежом.

Мы, одни из участников истории развития производства и применения силикальцита (Клаусон В.Р. – бывший директор институтов «ВНИПСиликальцита» и «НИПСиликатобетон», Сажнев Н.П. – бывший руководитель технологического отдела «НИПСиликатобетон»), хотели бы по прошествии более пятидесятилетнего незаслуженного забвения вспомнить и очень коротко рассказать, что же было с силикальцитом и его «отцом» И.Хинтом на самом деле. Однако вначале скажем все же несколько слов о том, что предшествовало «рождению» силикальцита.

Из истории развития производства и применения в строительстве автоклавных материалов

Основной причиной появления в строительстве и повсеместного развития производства новых, более эффективных изделий: силикатного кирпича, а позднее – крупных стеновых камней и блоков, перегородок, панелей наружных и внутренних стен, покрытий и перекрытий, теплоизоляционных плит явилось открытие немецкого профессора Михаэлиса, запатентованное в 1880 г. Суть его состояла в превращении при тепловлажной (автоклавной) обработке отформованных определенным способом (прессованием, вибрированием, трамбованием или заливкой специальных металлических форм подвижным раствором) смесей в искусственный камень различной плотности и прочности.

Компоненты смеси при этом – широко распространенные кварцевый природный песок, известь гашеная и негашеная, цемент, золы и шлаки топливные и металлургические, гипс, вода, порообразователи и др. При высокой температуре насыщенного пара (давление 8-15 атм, 170-200 °С) в специальных сосудах высокого давления – автоклавах в течение 8-12 часов происходит так называемый автоклавный синтез, то есть превращение смеси компонента в гидросиликаты кальция с общим названием «автоклавные бетоны» (или «материалы»).

В зависимости от плотности (пористости) их называют плотными (тяжелыми), легкими или пористыми (ячеистыми), а в последней группе – в зависимости от порообразователя – газобетонными или пенобетонными. Кроме того, употребляются термины, зависящие от комбинации компонентов и их взаимного содержания в смеси, например, пено-, газобетон, пено-, газозобетон, пено-, газошлакобетон, пеносиликат, пено-, газогипс.

В зависимости от назначения изделий их строительные-технические свойства (прочность, плотность или объемная масса, морозостойкость, влагопоглощение, звукопроницаемость, теплопроводность и др.) строго регламентируются и должны отвечать требованиям госстандартов, технических условий и других установленных норм и правил.

Следует отметить, что в условиях современного уровня развития технологии, технические показатели автоклавных материалов одинакового назначения, выпускаемых различными фирмами под разными названиями, практически близки, несмотря на определенные различия и нюансы в применяемых технологических приемах и оборудовании, являющихся «ноу-хау».

Развитие производства автоклавных материалов началось с конца XIX века со строительством заводов силикатного кирпича в Германии и других европейских странах. В царской России к 1899 г. действовало пять заводов, первым из которых был «Силикаат» (Эстония). Изделия из тяжелого и пеносиликатобетона в СССР начали выпускать в 50-е гг. XX века Краснопресненский комбинат и Калининский завод (Москва), Минский и Оршанский заводы в Беларуси. Наиболее бурное развитие получил ячеистый бетон после получения А.Эриксоном (Швеция-Финляндия) патента на его изготовление. Пионерами явились шведские фирмы «Сипорекс», «Итонг», «Дюрюкс», «Калсиллокс» (Голландия), «Хебель» (Германия), «Мерц» (Франция) и др.

Кстати, в Риге имеется несколько жилых домов из так называемого материала «Сипорекс», построенные в 40-х гг. XX века из мелких блоков, выпускаемых в Латвии. Дома прекрасно сохранились за более чем 60 лет эксплуатации в условиях

балтийского климата, жители дают положительную оценку этим «историческим объектам».

К сожалению, Вторая мировая война приостановила наращивание объемов строительства в ряде оккупированных Германией стран и развитие производства автоклавных материалов в них.

Война принесла огромные разрушения, поэтому вторая половина прошлого столетия характеризуется бурным ростом темпов восстановления народного хозяйства европейских стран в условиях острой нехватки стройматериалов, и в первую очередь – цемента. Перед коллективами научно-исследовательских институтов и лабораторий ставится задача максимального использования извести, гипса и других вяжущих материалов, способных сократить дефицит цемента или высвободить его из производства стеновых и других изделий и конструкций.

Выбор пал на ячеистый бетон как на универсальный и эффективный материал, для выпуска которого годились многие виды местного сырья – песка, извести, зол, шлаков. Однако существенным препятствием в то время было отсутствие необходимого и надежного технологического оборудования: помольного, смесительного, точных дозаторов, автоклавов, резательных машин и т.п.

В СССР уже в те годы действовал ряд научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций в системе республиканских Совнархозов (далее – Министерств промстройматериалов, строительства и машиностроения), лабораторий ряда ВУЗов и Госстроя СССР, основной тематикой которых была разработка технологий производства ячеистых бетонов автоклавного твердения. Главными организациями были РосНИИНСМ, ВНИИСТРОМ, (п. Красково, Московская обл.), ВНИИжелезобетон, НИИЖБ (г. Москва), ЛИСИ, ЛЕНЗНИИЭП (г. Санкт-Петербург), НИИСМ (г. Минск), Гипростроммаш (г. Гатчина, Россия), Гипростроммашина (г. Киев) и др.

Первыми попытками организации выпуска стеновых камней со щелевидными пустотами (блоки типа «крестьянин»), изготовляемых на станках методом вибропрессования из смесей песка (дробленого и молотого), топливного шлака и цемента. Блоки запаривались в автоклавах или пропаривались без добавления в пропарочных камерах при температуре около 100 °С. В качестве помольного агрегата для тонкого измельчения вяжущего (песок+шлак) была разработана вибромельница типа М-200. Крупным заполнителем служил дробленый шлак (или керамзит, аглопорит). Были изготовлены тысячи вибромельниц и прессов, построены сотни цехов и установок по всей стране, однако результат был отрицательным из-за недостатков в работе оборудования и недоработок в технологии. Тема была закрыта, специнститут НИИСМИ («мелкого измельчения»)

ликвидирован без особых последствий для авторов и разработчиков...

В период 1949-1950 гг. эстонский инженер-строитель И.Хинт (годы жизни – 1914-1985 гг.), заведующий лабораторией завода силикатного кирпича «Кварц», занимался поиском помольного агрегата для измельчения используемого крупного песка с целью повышения прочности и других свойств выпускаемого кирпича. Добавки молотого песка («кварцевой муки») в известково-песчаную изучались еще в начале XX века и обеспечивали увеличение прочности кирпича.

Профессор Некрасов В.П. в 1940 г. рекомендовал называть силикатные изделия из смесей с добавлением тонкомолотого песка **силикальцитными**.

И.Хинт, сравнив показатели полученного природного кирпича при помоле крупного и абразивного песка карьера «Кварц» в шаровой и вибрационной мельницах, а также в дисмембраторе (ударной высокоскоростной мельнице), установил преимущества последнего типа мельщика. Это открытие и послужило толчком к выбору способа обработки силикальцитных смесей, усовершенствования известного еще с 1880 г. ударного измельчителя-дезинтегратора.

Учитывая новые качественные отличия получаемой продукции, И.Хинт назвал материал (исходя из терминологии Некрасова В.П.) «**силикальцитом**», а технологию производства – «**дезинтеграторным способом изготовления**»... В дальнейшем этот способ нашел применение при измельчении различных минеральных материалов (угля, руды, известняковой муки, шлаков, удобрений, зерна, какао-бобов и т.п.). При этом за счет воздействия мощных ударов на частицы материала был установлен эффект активации полученных продуктов.

В начале 50-х гг. XX века в Таллинне начал действовать Опытный завод Управления промстройматериалов СНХ ЭССР, освоивший выпуск комплекта изделий для двухквартирных домов полностью из силикальцита, в том числе наружные стены (блоки толщиной 30 см), перегородочные плиты (толщиной 10 см) – из ячеистого пеносиликальцита, а панели перекрытий пролетом до 3,5 м., цокольные блоки, черепицу – из плотного силикальцита. Сборка домов занимала 3-5 суток, всего было построено более 300 таких зданий, которые успешно эксплуатируются по сей день.

50-е гг. XX века в СССР характеризуются ростом строительства жилья, в том числе «хозяйственным способом» за счет и силами предприятий, поэтому таллиннский опыт производства бесцементного материала из песка и извести для строительства мало- и многоэтажного жилья сразу привлек внимание руководителей крупных предприятий, стройтрестов, колхозов и совхозов.

Опытный завод и стройки Таллинна стали объектами технической учебы тысяч специалистов со всего Союза, которые получали чертежи, консультации и любую информацию по силикальциту. В 1961 г. был организован Научно-исследовательский и проектный институт силикальцита (НИПИсиликальцита), в состав которого входили научно-исследовательская и проектная части, а также опытный завод с технологической и машиностроительной базами. Такая комплексная фирма по выпуску стройматериалов, пожалуй, была единственной на тот момент в СССР.

Учитывая все увеличивающийся интерес к силикальциту, был организован выпуск инфобюллетеня-еженедельника, а затем – полноформатного ежемесячного журнала «Силикальцит», а также организованы курсы для ведущих специалистов-производственников.

В 1955-1960 гг. институт Эстпромпроект выпустил типовые проекты цехов силикальцита с годовой мощностью 8, 25 и 50 тыс. м³ изделий, началось их массовое строительство. Институтами Госстроя и Госгражданстроя (Эстонпроект, ЛенЗНИИЭП, Ленпроект, Моспроект, Гипросельстрой) началась разработка типовых проектов жилых и гражданских зданий.

Кроме того, были разработаны и утверждены нормативные документы (стандарты, ГОСТы, технические условия, СНИПы, типовые конструкции), регламентирующие производство и применение силикальцита.

Первым промышленным предприятием стал цех силикальцита Кировского (бывшего Путиловского) завода в Ленинграде, освоивший массовый выпуск изделий для 3-этажных жилых домов в микрорайоне Дачное. Следующим объектом был цех Калининского вагонзавода (1957 г.), полностью повторивший «кировский» проект. Далее был пущен Лодейнопольский завод Октябрьской железной дороги мощностью 56 тыс. м³, освоивший выпуск пустотных панелей перекрытий пролетом 6,0-6,5 м из плотного силикальцита, а также стеновых блоков из шлакосиликальцита, а затем – из пено- и газосиликальцита для 5-этажных домов железнодорожникам от Ленинграда до Мурманска.

В Эстонии в 1957 г. был пущен цех Мяннику (25 тыс. м³/год), освоивший производство крупных стеновых блоков и перемычек для 5-этажного жилья, а в 1965-1967 гг. в системе Эстмежколхозстроя для сельского строительства пущены еще два завода мощностью 40 тыс. м³/год.

В этот же период начали действовать цеха и заводы в Комсомольске на Амуре (8 тыс. м³), г. Барнауле (два цеха), Плавучий завод Моспароходства (6 тыс. м³), впервые начавший строительство 7-9-этажных домов из силикальцита в Москве (Нагатино) для речников.

В Подмоскowie начали выпуск силикальцита в г. Климовск (станкостроители), г. Электросталь (три цеха при металлургических комбинатах), г. Лосино-Петровск (пустотные перекрытия).

Выпуск силикальцита начали в Украине (г. Одесса, Трансстрой), г. Львов (два цеха), в г. Киеве был освоен выпуск крупных стеновых блоков в кассетных формах на заводе ЖБИ Киевского военного округа для массового строительства жилья и казарм для военнослужащих.

Началось применение силикальцита и для промышленного строительства: Кировский завод возвел несколько крупных сборочных корпусов из ячеистого силикальцита, а Воткинский завод – гигантский машинный зал Воткинской ГЭС.

В Таллинне было построено 11-этажное здание Центрального комитета КП Эстонии (сейчас – МИД Эстонии) с применением навесных ленточных панелей из газосиликальцита и два высотных здания в центре города: Дом профсоюзов и Дом быта.

Уникальный опыт был получен в Узбекистане, где впервые при изготовлении стеновых крупных блоков для жилищного строительства в сейсмоопасных районах в качестве кварцевого песка были использованы местные лессы – два завода Главголдностепстроя по 200 тыс. м³/год (г. Джизак, Узбекистан) и барханные пески (цех в г. Нукус, Каракалпакия). Жилье предназначалось хлопкоробам и рисоводам страны.

Всего по состоянию на 1963 г. в эксплуатации и на стадии строительства находилось более 40 заводов по выпуску силикальцита.

В 1963 г. НИПИсиликальцита распоряжением Госстроя СССР передается в подчинение Госкомитета промстройматериалов при Госстрое СССР (позднее – Минстройматериалов СССР) и переименовывается во всесоюзный институт (ВНИПИсиликальцита). Ему было поручено усилить оказание помощи строящимся и действующим силикальцитным предприятиям, организовать работы по проектированию заводов и цехов, конструированию дезинтеграторов и другого оборудования, а также изготовлению промышленных образцов оборудования и сдачи их в серийное производство.

Несмотря на положительные результаты деятельности силикальцитных предприятий, широкое применение материала практически во всех районах Союза и положительные оценки жителей домов, нашлись оппоненты (вернее, конкуренты) из московских институтов (ВНИИИСМ, позднее – ВНИИСтром) и «маститые» ученые, имеющие скромные результаты по практическому внедрению своих разработок в массовое строительство жилья, которые при поддержке Минстройматериалов СССР начали дискредитацию силикальцита.

Нападкам подверглись недостатки конструкций первых дезинтеграторов, в том числе частая замена мелящих органов, низкая тонкость помола песка и др. При этом полностью игнорировались преимущества дезинтеграторов (компактность, меньший вес и габариты, малая энергоемкость, большая производительность от 5 до 25 т/час, возможность одновременно обрабатывать все компоненты смеси: песок, известь, гипс, золу, шлаки, алюминиевую пудру или взбитую пену, воду – и направлять готовый раствор непосредственно в формы) перед шаровыми, вибрационными и другими мельницами.

Однако в феврале 1965 г. состоялся подготовленный «оппонентами» Технический совет Минстройматериалов СССР, на котором простым большинством голосов была принята резолюция о «неперспективности» силикальцита. При этом от ВНИИстром были приглашены три человека, а от силикальцитных предприятий – всего два, которым даже не дали выступить.

Это несправедливое решение прекратило работы по силикальциту и оставило действующие и строящиеся предприятия без помощи и перспектив дальнейшего развития, приостановило внешнеторговые связи ВО «Лицензинторг» с рядом стран и позволило инофирмам не платить лицензионные отчисления по заключенным договорам, не приглашать специалистов института на место для выяснения истинного состояния дел. Таким образом, произошло устранение конкурента путем лишения перспектив его развития.

Институт был репрофилирован и реорганизован в головную и базовую (по разработкам ГОСТов и других нормодokumentов) организацию по трем основным направлениям: ячеистый бетон, силикатный кирпич и мел. Он был переименован в НИПИсиликатобетон (товарный знак «Силбет»), а И.Хинт был вынужден покинуть свое детище и перешел в систему Эстколхозстроя – крупнейшую стройорганизацию республики. Здесь он организовал СКТБ «Дезинтегратор» – многопрофильное комплексное конструкторское бюро с направлениями использования дезинтегративного способа в различных областях промышленности и сельского хозяйства, в том числе развития силикальцита в строительстве.

Коллектив института стойко перенес трагические события, а благодаря квалификации и опыту специалистов производственной базы, особенно машиностроительного завода, приступил к решению очередных насущных задач отрасли – внедрению прогрессивной резательной и ударной технологии и оборудования для ячеистого бетона, совершенствованию технологии и оборудования заводов силикатного кирпича. Учитывая накопленный уникальный опыт использования дезинтеграторов, пытался применить его для производства

стратегического материала для выпуска резины и пластмасс – тонкомолотого мела.

В это время под руководством И.Хинта в Эстонии в системе Эстколхозстроя за два года были построены и введены в действие два силикальцитных завода общей мощностью 50 тыс. м³/год для строительства высококачественного жилья на селе, а также объекты для нефтедобытчиков в г. Гурьев (Казахстан) – силикальцитный завод и установки для дезинтегрированных тампонажных смесей для буровых скважин.

В 1979 г. австрийской фирмой «ЗГП» (под эгидой ВО «Лицензинторг») создано совместное советско-австрийское исследовательское бюро «Дессим» по разработке технологии и оборудования для дезинтегративной обработки различных материалов. Фирма закупила в СССР образцы исследовательских приборов и лицензию на производство ряда установок.

В 1981 г. деятельность СКТБ «Дезинтегратор» была рассмотрена на Коллегии Госплана СССР и одобрена Постановлением Госплана в виде «Комплексной программы развития дезинтегративной технологии в СССР до 1990 г.». Однако 13 ноября 1981 г. И.Хинт был арестован, а в 1983 г. осужден вместе с рядом других работников СКТБ «Дезинтегратор», якобы за нарушения финансовой дисциплины, злоупотребления должностным положением и т.п. На самом деле, главной причиной было написание И.Хинтом трактата «Трагедия некоторых честных людей XX века», где он смело выступил против существующего строя – тоталитарного коммунистического государства. Срок заключения был 10 лет.

В результате подорванного здоровья И.Хинт, доктор технических наук, орденносец, лауреат Ленинской премии за дезинтегративный способ и внедрение бесцементных бетонов в практику строительства скончался 5 сентября 1985 г. в тюремной больнице от сердечной недостаточности. Благодаря выступлениям прессы («Литературная газета», «Социндустрия», журнал «Огонек»), а также протестам простых граждан, Верховный суд СССР на своем пленуме 25 апреля 1989 г. полностью реабилитировал И.Хинта и указал на грубейшие нарушения законности в ведении следствия и судопроизводства.

Так закончилась трагическая история жизни политической жертвы эпохи застоя. Тем временем институт «НИПИсиликатобетон» работал и внедрил целый ряд оригинальных процессов и оборудования для ячеистого бетона. Успешно были внедрены новшества на заводах силикатного кирпича и меловых комбинатах.

Развитие производства и применения силикальцита – это реальность, которая оказала огромное влияние на дело становления ячеистых бетонов автоклавного твердения.



Проектирование и конструирование зданий и сооружений

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Кацынель Р.Б., заслуженный строитель Беларуси, главный инженер ОУПП
«Гродногражданпроект», Республика Беларусь

В 60-е годы прошлого столетия в Гродненской области появился абсолютно новый материал – силикатобетон – плотный и ячеистый. При этом производство начато под надзором ученых Ленинграда и Таллинна и поставщиков технологии из ГДР. С 1967 г. этот материал начал победное шествие по городам и весям. Однако его высокие физико-технические качества, а также достоинства в снижении трудоемкости строительства жилья были оценены только спустя многие годы.

Если гродненцы после такого опыта уже не мыслили строительства жилья и других объектов без этого материала, то еще 10-15 лет тому назад в центре республики нужно было убеждать представителей отрасли в исключительных качествах силикатобетона: высокоэффективного и экологически чистого, изготовленного, можно считать, из местных ресурсов – известняков и песка.

Начиналось все с типовой серии жилых домов и общежитий 1-434с. Первый дом, так называемый «с зубром», построен по ул. Горького в г. Гродно. Это была простейшая схема здания с поперечными несущими стенами из наборных панелей из плотного силикатобетона толщиной 20 см и объемной массой 1900 кг/м³. Наружные стены предусматривались из газосиликатных панелей двухрядной разрезки толщиной 24 см и объемной массой 700 кг/м³. Из-за неизученности газосиликата и его работы в атмосферных условиях Гродненщины с довольно влажным климатом наружная отделка панелей преду-

сматривалась присыпкой белой мраморной крошкой на латексе. Из-за этого дома были довольно однотипными. Некоторое разнообразие им придавали приставные лоджии-этажерки, опять же из панелей плотного силикатобетона, крепящиеся к каркасу дома тяжами из арматурной стали. Видимо, они были не совсем долговечными.

Затем отделку газосиликатных панелей начали делать в двух вариантах: кроме крошки применяли еще и мелкую керамическую плитку на клею – латексе.

Сегодня уже ясно, что и та, и другая отделка наружных поверхностей панелей была неправильной – паронепроницаемой. Данный недостаток погашался (это установлено жизнью) высоким уровнем гигроскопичности материала и его легкой проветриваемостью и высушиванием, то есть отдачей влаги в другие стороны. На основе изучения газосиликатных стен в условиях эксплуатации установлено, что из-за легкой паропроницаемости влага в кон-

струкции не держится, а газосиликат в любое время года (даже в самое ненастье) остается с влажностью не более 6%. После изучения этого факта по инициативе гродненцев снижен нормируемый коэффициент теплопроводности для газосиликата в условиях эксплуатации. Этот факт явился причиной еще одного интересного явления.

В отличие от постоянно протекающих швов в крупнопанельных домах с толщиной наружных стен 30 см и при наличии в горизонтальных стыках панелей гребня при их тщательной герметизации, у газосиликатных стен с толщиной 24 см и абсолютно плоских горизонтальных стыках (без гребня) за всю историю строительства домов в г. Гродно не было случая протекания швов. В то же время по панельным домам жалобы на протекание поступали не менее, чем в 50% случаев, что приводило к многочисленным последующим ремонтам швов.

При этом нужно учесть, что панельные дома монтируются опытными, постоянно работающими монтажниками-профессионалами, причем только в г. Гродно, г. Лиде, г. Волковыске, г. Слониме (Гродненская обл.), то есть в крупных городах. Газосиликатные же дома строятся по всей области и, прежде всего, по периферии, где монтажом занимаются случайные люди-каменщики, а герметизация швов чисто символическая. Тем не менее, швы в таких зданиях не промокали.

Напрашивается вывод, что швы в газосиликате (практически открытые) даже на цементном растворе работают лучше, чем герметизированные. К тому же не было жалоб на дискомфорт в проживании. Это при условии старой «столярки», которая при неплотностях обеспечивала нормальный приток воздуха и его обмен. Причем окна в этих домах устанавливались в проемах без четвертей.

В домах первой серии использовались перекрытия из железобетонных многопустотных плит, где при их предельно малом опирании требовалась большая точность по геометрии монтажа, соединению плит между собой и обеспечению создания неразрывного диска. Все это в нормальных условиях, как правило, обеспечивалось.

В этой же первой серии с теми же конструкциями были созданы три типа общежитий:

- 5-этажные на 245 мест;
- 5-этажные на 395 мест;
- 9-этажные на 745 мест.

Подобные здания успешно строились по городам и нормально обеспечивали комфорт проживания.

Кроме 5-этажных больших домов на 60 и 80 квартир в Гродногражданпроекте на их

базе вынуждены были спроектировать дома поменьше: на 40 квартир (5 этажей) и 16 квартир (4 этажа). Они нашли большее применение, чем исходные типовые.

Массово по деревням применялось строительство типового одноквартирного дома.

Вскоре (лет через десять) на смену домам 1-434с пришли здания, возводимые по конвейерной технологии, с изготовлением на новой линии из плотного силикатобетона внутренних стеновых панелей размером на комнату толщиной 18 см и плит перекрытий длиной до 6 м толщиной 16 см. Газосиликатные панели остались теми же, двойной разрезки, но толщиной 30 см. Это стало новым шагом на пути совершенствования жилищного домостроения. Наряду с 5-этажными домами появились и 9-этажные.

Фактически в симбиозе Гродненского КСМ и монтажных организаций гродненских трестов появился как бы новый ДСК, наряду с крупнопанельным.

Жилые дома с встроенными лоджиями вместо приставных балконов можно увидеть по городам более массово. Причем они, как и старые здания 1-434с, имели секции короткие по две квартиры на площадке (Р-2-3), что жильцами приветствовалось. Однако в 70-е и 80-е гг., когда крупнопанельное домостроение было довольно однообразным (серия Гр-116 имела только одну секцию), градостроителям очень требовались дома более богатой архитектуры и с большим разнообразием. Здесь архитекторов выручили конструкции силикатобетонных домов. Началось активное развитие этого типа строительства зданий, с применением и других конструкций. В то время это была единственная в республике «Гродненская школа» жилищного силикатобетонного строительства.

Первым опытом по инициативе главного архитектора института Мазнички И.Н. стали жилые 5-ти и 9-ти, а затем и 13-этажные дома с несущими стенами из кирпича и наружными газосиликатными панелями. Это позволило уйти от жесткой прямоугольной планировочной схемы и создать интересные по форме здания, которые стали лучшими конструкциями для застройки городских магистралей и создания городского силуэта. Особенно это характерно для ул. Горького в г. Гродно. Ее застройка в свое время стала одним из символов Беларуси на Союзном телевидении.

В микрорайонах в те времена оставались недостроенными места высотных точек. Нужно было найти для них что-то индустриальное. Решить этот вопрос помог силикатобетон, который при проверке на 5-ти и 9-этажном жилье не использовался на всю несущую способность. Проведя подсчеты, в институте решили

на базе изделий серии 88 создать Г-образный 12-этажный дом. Вскоре такие здания были запроектированы и построены в большинстве старых микрорайонов, что сразу придало им задуманный силуэт.

Для села был запроектирован двухквартирный дом с интересными квартирами в двух уровнях. Этот вариант нашел широкое применение в Гродненской обл. Характерным для данного типа здания явилось то, что впервые плиты покрытия дома были выполнены из газосиликата толщиной 40 см, которые совместили в себе две функции – конструктивную и теплозащитную. Плиты были изготовлены с уклоном верхней поверхности, по которой сразу наклеивался рулонный кровельный ковер. Получилось поистине идеальное покрытие: теплое, непромокаемое, сухое.

Очень интересным был опыт создания дома-гибрида (1976 г.), в котором использованы внутренние стеновые панели и панели перекрытия из железобетона домостроительного комбината, а наружные панели выполнены из газосиликата размером на одну и две комнаты. Эти панели типа «бублика» собирались на КСМ из более мелких штучных панелей на клею и тяжах, а затем в готовом виде поставлялись на стройку для монтажа. Опыт удался, дом прекрасно существует уже 30 лет.

Нужно сказать, что опыт этот достоин продолжения и распространения и сегодня, когда на стройке остро не хватает рабочей силы, и очень желательно иметь на площадке готовые элементы с готовой наружной отделкой. Их можно было бы собирать на комбинате из мелких блоков.

Нельзя было обойти вниманием и строительство каркасных зданий, где на смену неэффективным панелям из керамзитобетона и трехслойным из железобетона лучше было применять газосиликатные панели, которые эффективнее по теплозащите и лишены промокаемости. Выпуск таких панелей организовал Сморгонский КСМ. Данные конструкции стали широко применяться для строительства каркасных конструкций школ, административных и других зданий, а также для использования в качестве наружных стен детсадов с кирпичными несущими стенами.

Таким образом, представить Гродненщину без ячеистого бетона стало просто невозможно. Находили здесь воплощение и другие технические решения с использованием ячеистого бетона как очень прогрессивного и эффективного материала. Отработанные новшества совпали по времени с повышением нормативов по теплозащите зданий, где вместо $1 \text{ Вт}\cdot\text{м}^2/\text{°C}$ для стен установлено $R = 2$. Здесь уже не было необходи-

мости и целесообразности погони за изготовлением массовых форм для изделий стен большей толщины. Поэтому было решено перейти на применение стен толщиной 400 мм из мелких блоков с меньшей плотностью $\gamma=400 \text{ кг/м}^3$. Это позволило реально достичь $R>2$. Такие стены применяются везде: в каркасных зданиях и в домах с несущими стенами из кирпича.

Именно эта система сейчас массово используется трестами №30, акционерными обществами «Гроднопромстрой» и «Гродносельстрой».

Сейчас практически нет строек, где не применялись бы наружные стены из газосиликатных блоков. Трехслойные стены с эффективным утеплителем используются редко, они трудоемки и, как оказалось, имеют свои недостатки по гарантии удаления пара из стен.

Снижение темпов жилищного строительства в 90-е гг., повышение норм теплозащиты зданий и желание иметь более выразительную архитектуру фасадов послужило причиной полного прекращения выпуска панельных домов серии 88 из ячеистого бетона. Однако в нынешних условиях для успешного выполнения программы быстрорастущего жилищного строительства жизнь вынуждает искать пути резкого повышения производительности труда строителей, исходя из выхода 1 м^2 площади жилья на одного работающего.

Это тем более важно, что для энергоэффективных домов (они должны строиться повсеместно), фактически в два раза повышается теплозащита домов. Чтобы получить годовой расход тепловой энергии $60 \text{ кВт}\cdot\text{ч/м}^2$, нужно иметь наружную стену для 5-этажных и более низких домов уже не с $R = 3,2 \text{ (м}^2\cdot\text{°C)/Вт}$, а со всеми 4, а то и более.

При нехватке кадров строителей и в условиях жесткой экономии энергетических ресурсов нужно решить две задачи:

- резко снизить трудоемкость строительства жилья;
- увеличить вдвое теплозащиту наружной оболочки зданий.

При этом следует учесть, что мощность крупнопанельных заводов сегодня находится на пределе своих возможностей.

Для решения стоящих перед республикой задач требуется нарастить объемы строительства жилья из ячеистого бетона, мощности выпуска которого в стране превышают потребление. При этом возможны следующие пути:

- превращение наружных ячеистобетонных стен из газосиликатных мелких блоков в крупнопанельные одно- или двухрядной разрезки;
- широкое внедрение сборного железобетонного каркаса в строительство жилья;

- индустриализация строительства перегородок путем выпуска на заводах ячеистого бетона мелких панелей высотой на комнату;
- внедрение плит перекрытий из ячеистого бетона с омоноличенными ригелями;
- внедрение цокольных панелей из ячеистого бетона.

Однако в этом есть проблема совершенствования организации производства изделий на предприятиях и потребность активного участия науки. Это уже очевидно после первых попыток сделать новые шаги в производстве ячеистобетонных изделий нового поколения.

Рассмотрим все этапы этого пути.

Прежде всего, **следует создать соответствующие проекты домов**, на которых удобно ложатся сборный каркас и наружные ячеистобетонные панели. Планировки таких домов Гродногражданпроект уже подготовил.

Понятно, что излишняя «издерганность» фасадов неприемлема как для каркасов, так и для панелей, и от нее следует уходить еще и в целях снижения теплопотерь здания. Значит, нужно отказаться от лоджий, которые вообще-то являются изобретением, подходящим для южных широт. Путь замены лоджий балконами в этом смысле весьма приемлем, при этом даже фасад с балконами выглядит лучше по сравнению с «лоджиевым» решением, да и жильцы при застеклении лоджий превращают фасад в «доску».

Важно **решить также проблему комплекции газосиликатными и железобетонными изделиями** с одного предприятия по типу домостроительного комбината. Приветствуется активность руководства Сморгонского КСМ, которое уже активно прорабатывает как производство новых ячеистобетонных изделий, так и железобетонного каркаса. Причем каркас должен быть проще, без излишних нагромождений.

Есть надежда вскоре получить эти разные изделия от одного производителя, а «пустотка» для перекрытий есть практически везде.

Крепким орешком стало производство газосиликатных панелей для наружных стен. При нынешних требованиях по теплозащите зданий ($R = 3,2$ и более) выглядит абсурдным разрезание газосиликатного монолита на комбинате на блоки, а затем сборка стены из них на объектах. При этом возникают очередные проблемы: раствор или клей, легкие или тяжелые перемычки и т.д. Но если учесть, что для 3-5-этажных энергоэффективных домов требуется уже $R = 4$ и более, то зачем разрезать монолит толщиной 60 см на блоки? Ведь 60 см газосиликата – это и есть $R = 4$!

Таким образом, мы имеем практически готовую панель из цельного массива, и ника-

ких дополнительных затрат на стройке. Значит, нужно идти этим путем. Но здесь, как оказалось, подстерегают загадки технологического цикла. При затвердевании в автоклаве и охлаждении в цельном массиве появляются трещины. Нужно совместно с наукой отработать технологию производства.

Планировалось собирать на заводе крупные панели стен размером на одну-две комнаты из более мелких, по образу дома-гибрида, построенного в 1976 г. в г. Гродно. Но эта идея не имеет смысла при переходе на толщину стен в 60 см. Здесь вполне подойдет двухрядная разрезка. При этом нет нужды и в перемычках. Нужно путем испытаний решить и вопрос необходимости армирования блок-массивов. Можно было бы получить хорошую экономию.

В отношении газосиликатных панельных стен еще один очень важный опыт получен в г. Гродно. В морозные дни зимы 2009 г. была проведена тепловизионная съемка ряда панельных домов и домов из ячеистого бетона, где наружные стены выполнены из панелей и мелких блоков. Причем для эксперимента взяты как старые, так и новые здания.

Интересный результат был получен на 12-этажном доме, построенном 25 лет назад, с наружной стеной из газосиликатных панелей толщиной 30 см. При 12-градусном морозе на поверхности панелей температура была минус 10-10,5 °С. Это столько же, как в последних современных домах. Поэтому при стенах 60 см и окнах с $R = 1$ получается очень теплый дом.

Решен вопрос в Сморгони и с **производством из газосиликата панелей перегородок высотой на комнату**, что значительно снизит трудоемкость на стройке. Нужно только совместно с наукой решить вопросы защиты их от увлажнения в санитарных помещениях квартир.

Для первого шага **институтом разработана планировка прообраза каркасного дома с применением внутренних несущих кирпичных стен, но с наружными панельными стенами.** Этот тип дома похож на традиционные здания со стенами из газосиликатных блоков. Однако и здесь встал один теоретический вопрос. До сих пор по старой 40-летней традиции наружные стены (как панельные 24 и 30 см толщиной, так и из мелких блоков до 40 см толщиной) навешивали на перекрытия, не задумываясь, нужно ли это. Сегодня стены толщиной 60 см навесить уже не получится. Значит **нужно уходить на самонесущие стены с гибкими связями с остовом дома.**

Такое решение возможно! Простые расчеты показывают, что при модуле деформации у газосиликата в два раза меньшем, чем

у кирпичной кладки, напряжения в нем меньше в четыре раза. Тогда и деформация в газосиликатной стене меньше, чем в несущей кирпичной, в два раза. Зачем тогда навешивать, ведь альтернатива есть. Построен 12-этажный дом с самонесущими (без навески) наружными стенами из мелких газосиликатных блоков, по которому вот уже 20 лет нет никаких замечаний.

Навеска, на мой взгляд, появилась от испуга, как когда-то и латексный замок в наружной отделке газосиликатных панелей, препятствующий всякому паропрооницанию.

Вопрос перекрытий из ячеистого бетона тоже нужно решать, но при этом лучше иметь омоноличивание плит скрытыми ригелями по типу каркаса МВБ-1, изобретенного в БелНИИС. Нужен первый опыт с хорошими инициаторами. Тогда и дом облегчился бы, и комплектация была бы с одного завода, и звукоизоляция квартир лучше, да и цена, наверное, ниже.

Следует заняться экспериментом с цокольными панелями из ячеистого бетона. Ведь в данном случае когда-то также от испуга

записали не опускать газосиликат до отмостки ниже, чем 45 см. Однако опыт показывает, что на открытом воздухе лежащие на земле газосиликатные блоки не размораживаются десятилетиями. А как было бы здорово и на «нуле» снизить трудоемкость, уменьшить расход цемента, обеспечить требуемое сегодня по нормам утепление цоколей и снизить стоимость! Таким образом, поле деятельности для эксперимента с ячеистым бетоном и дальнейшим повышением эффективности строительства огромно. Нужны только смелые, деятельные грамотные люди.

Республика Беларусь еще 40 лет назад достигла на территории бывшего СССР приоритета в строительстве зданий из ячеистого бетона, прошла длительный путь его развития и, как показала V Международная конференция (май 2008 г., г. Гродно), белорусы по-прежнему лидируют. Есть надежды сделать следующий шаг, и не один, и получить новые решения, новые здания, в которых (в отличие от железобетонных коробок) будет приятнее жить и легче дышать.

КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ КРУПНОРАЗМЕРНЫХ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ В ЖИЛИЩНО-ГРАЖДАНСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Галкин С.Л., ООО «БЭСТ инжиниринг», г. Минск, Республика Беларусь

Современное строительство в рыночных условиях характеризуется возрастающими темпами возведения зданий. Сокращение трудозатрат в коммерческом строительстве является одним из основных критериев при оценке эффективности инвестиций и ожидаемой прибыли. Однако этот фактор не менее важен и для объектов, возводимых за счет бюджетных средств.

В бывшем СССР и за рубежом в развитых странах в середине прошлого века быстрыми темпами начало развиваться производство сборного железобетона, который и сегодня во всем мире находит достаточно широкое применение при строительстве зданий промышленного и гражданского назначения: жилых домов, административных зданий, гостиничных комплексов и др. Такая распространенность изделий заводского изготовления обусловлена прежде всего стабильностью деформационно-прочностных показателей, а также высокой технологичностью монтажа на строительной площадке. При этом следу-

ет отметить устойчивую тенденцию к укрупнению монтажных элементов, что позволяет увеличить производительность строительно-монтажных работ в удельных и абсолютных показателях.

Автоклавный ячеистый бетон в строительном комплексе Республики Беларусь прочно занял место одного из основных строительных материалов, что обусловлено как достаточной сырьевой и производственной базой, так и специфическими физико-механическими свойствами. Отечественный годовой объем производства ячеистого бетона автоклавного твердения достиг 3 млн. м³, или около 300 м³ на душу населения,

что соответствует уровню мировых лидеров по производству этого материала.

Несмотря на достигнутые валовые показатели, номенклатура выпускаемых в Беларуси изделий весьма ограничена, поскольку практически весь объем составляют мелкие блоки, выпускаемые по СТБ 1117 [3]. Укрупненные блоки типа Jumbo, широко используемые в странах Западной Европы и Северной Америки, у нас до сих пор не получили распространения. Доля армированных изделий крайне мала и составляет не более 2% от всего объема автоклавного ячеистого бетона, производимого отечественными предприятиями.

Сложившееся положение вещей в определенной степени обусловлено растущими год от года объемами строительства монолитных и сборно-монолитных каркасных зданий с поэтажно опертыми наружными стенами и перегородками. Сложная архитектура, большое наличие фасадных поверхностей с криволинейными в плане очертаниями, а также набирающие популярность перегородки со скругленными углами способствуют увеличению производства мелких блоков.

Тем не менее, как показывает зарубежная практика в первую очередь наших европейских соседей, крупные стеновые изделия в виде блоков и панелей горизонтальной и вертикальной разрезки, а также плит перекрытий, брускового перемычек, ступеней находят самое широкое применение не только при строительстве зданий малой и средней этажности с несущими стенами, а также на объектах повышенной этажности с несущим каркасом.

В связи с этим следует отметить, что комплексное применение ячеистого бетона в несущих и ограждающих конструкциях в малоэтажных зданиях обусловлено повышением их тепловой защиты и оптимизацией теплопотерь при минимальном расходе других теплоизоляционных материалов, таких, как минераловатные изделия или пенопласты. В качестве примера можно привести немецкий опыт предложения на рынке трех типов индивидуальных жилых домов, отличающихся удельным потреблением энергоресурсов на отопление в холодный период года и, соответственно, стоимостью.

Наиболее дешевый вариант имел самые высокие (из трех) показатели энергопотребления, которые в конечном итоге с учетом стоимости энергоносителей побуждали владельца к проведению тепловой модернизации в процессе эксплуатации дома. В свою очередь, наиболее дорогой (с позиций единовременных затрат) аналогичный по объемно-планировочному решению дом имел наилучшие из трех показатели удельного энергопотребления, которые обеспечивали наибольшую экономию энергоресурсов на ото-

пление. При этом во всех трех вариантах, отвечающих санитарно-гигиеническим требованиям и европейскому уровню комфортности, независимо от начальной степени тепловой защиты в качестве материала стен и перекрытий использовался автоклавный ячеистый бетон.

Прежде чем перейти к детальному рассмотрению преимуществ комплексного применения автоклавного ячеистого бетона в жилищно-гражданском строительстве, в том числе крупно-размерных изделий, необходимо заметить, что данный материал является универсальным не только по своим характеристикам, но и технологическим возможностям. С позиций сопротивления теплопередаче конкуренцию ячеистому бетону составляют крупнопористый керамзитобетон и поризованная керамика (последняя – в виде стеновых камней высокой пустотности). Однако технология получения изделий из указанных альтернативных стеновых материалов рассчитана на производство только мелкоштучной продукции, что ограничивает возможности применения самих камней, а также изготовления в едином технологическом цикле более крупных элементов, в том числе армированных изделий.

Здания с комплексным применением ячеистого бетона эффективны не только с позиций энергозатрат на отопление. Они имеют очевидные преимущества по многим показателям, включая процесс подготовки строительного производства, когда комплектация объекта полностью или с высокой относительной долей происходит на одном предприятии. На упомянутых преимуществах следует остановиться подробнее.

Физико-технические свойства автоклавного ячеистого бетона достаточно глубоко изучены, хорошо известны и могут при необходимости регулироваться для достижения заданных параметров конструкций. Рассматривая альтернативу в виде упомянутых выше стеновых материалов, обладающих достаточной механической прочностью, высокой огнестойкостью, низкой теплопроводностью при небольшом удельном весе, необходимо отметить, что по сравнению с ними автоклавный ячеистый бетон имеет гораздо более высокую морозостойкость. Об этом также свидетельствует и практическое отсутствие в технической литературе описаний признаков размораживания ячеистого бетона и вызвавших этот процесс причин.

Более того, известен опыт эксплуатации в течение нескольких десятилетий жилых домов, построенных в бывшем СССР на островах в Балтийском море, в настоящее время являющихся территорией Эстонской Республики. За прошедшие почти 40 лет наружные стены, выполненные изначально без наружного защитно-декоративного покрытия, не имеют признаков деградации материала, несмотря на периодическое

воздействие отрицательных температур в сочетании с высокой относительной влажностью наружного воздуха и наличия в нем агрессивных солевых компонентов морской воды.

Применение автоклавного ячеистого бетона в армированных перемышках [4] позволяет не только исключить концентрацию напряжений в местах опирания этих элементов на кладку стен, но и выровнять температурное поле в наружных стеновых конструкциях без применения дополнительной теплоизоляции. В сочетании с кладкой из ячеистобетонных блоков любой размерности это дает возможность получить однородное в физическом и химическом плане основание для нанесения защитно-декоративных тонкослойных покрытий (толщиной до 10 мм включительно). При этом особо следует отметить, что при современных технологиях получения стеновых изделий за счет высокоточной резки, фиксирующей положение блоков пазогребневой формы тычков, отделяемая поверхность требует минимальных затрат на подготовку к оштукатуриванию.

Говоря об отделке наружных стен из ячеистого бетона, нельзя не упомянуть и о возможности крепления к нему несущих систем навесных фасадов. Несмотря на относительно небольшую механическую прочность, ячеистый бетон стеновых изделий за счет их сплошной структуры обладает достаточной анкерующей способностью, позволяющей удерживать не только комплексные и химические, но и механические распорные анкеры, воспринимающие циклические знакопеременные сдвигающие и выдергивающие усилия. При этом благодаря теплотехническим характеристикам ячеистого бетона теплопроводные включения в виде анкеров создают незначительное влияние на теплотехническую однородность наружного ограждения.

Перекрытия из ячеистобетонных плит [5], как показали не только зарубежные, но и отечественные исследования, проведенные автором в БелНИИС в 1996-2006 гг. [8], обладают необходимыми деформационно-прочностными показателями, позволяющими воспринимать проектные нагрузки, характерные для большинства типов гражданских зданий. Причем несущая способность и жесткость конструкций перекрытий могут быть заметно повышены за счет включения в работу обвязочного контура [7, 9]. При этом в отличие от сборно-монолитных перекрытий с заполнением из блоков [10] конструкция на основе армированных плит обладает гораздо более высокими теплоизолирующими качествами, что важно не только с позиций опасности огневого воздействия при пожаре, но также и при устройстве поквартирного отопления с раздельной регулировкой расхода теплоносителя.

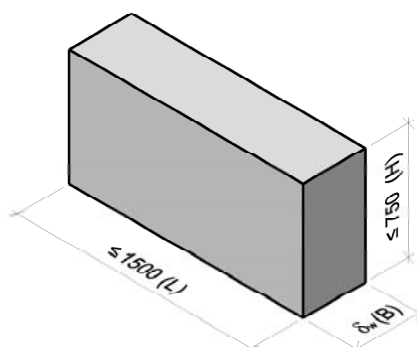
Аналогичные преимущества дает применение ячеистобетонных плит в качестве несущей конструкции покрытий. В этом случае техническое решение кровли максимально упрощается с одновременным уменьшением толщины дополнительной теплоизоляции, требуемой для обеспечения нормативных показателей по сопротивлению теплопередаче.

Как следует из вышесказанного, дома с несущими стенами и перекрытиями из ячеистого бетона обладают рядом очевидных преимуществ по сравнению с аналогами из других традиционных строительных материалов – тяжелого и легкого бетона, керамического и силикатного кирпича. При этом не только наружные, но и более нагруженные внутренние несущие стены в зданиях до пяти этажей включительно могут быть выполнены из ячеистобетонных блоков. Указанное ограничение этажности обусловлено главным образом деформационно-прочностными показателями кладки по отечественным [1] и введенным на территории Республики Беларусь европейским [2] нормам. Необходимо заметить, что применение мелких ячеистобетонных блоков в качестве стенового материала лимитирует не только этажность, но и вариативность объемно-планировочных решений по указанным выше причинам.

Сформировавшаяся область применения ячеистого бетона в гражданском строительстве может быть существенно расширена за счет применения крупно-размерных стеновых элементов в виде крупных блоков, а также армированных панелей вертикальной и горизонтальной разрезки.

Крупные стеновые блоки типа Jumbo изготавливают неармированными длиной до 1500 мм, высотой до 750 мм и толщиной, соответствующей поперечному размеру стены (рис. 1, а).

Монтаж таких элементов производят только с помощью средств малой механизации или



а) схематическое изображение блока



б) механизированный монтаж блоков на строительной площадке

Рис. 1. Крупные ячеистобетонные блоки типа Jumbo

обычных грузоподъемных машин и механизмов (рис. 1, б). Однако дополнительные затраты на монтаже компенсируются темпами работ по устройству стен, производительность которых в этом случае возрастает в несколько раз. Кроме того, одним из основных преимуществ применения блоков с указанными размерами для устройства несущих стен является повышение конструктивной и теплотехнической однородности за счет сокращения протяженности вертикальных и горизонтальных швов, что положительно отражается на деформационно-прочностных показателях кладки и ее теплоизолирующей способности. Повышение конструктивной однородности кладки приближает ее прочность при сжатии к прочности бетона, из которого изготовлены крупные блоки.

Прочность неармированной кладки, как следует из [1], по мере увеличения размера стеновых элементов приближается к прочности бетона, из которого эти элементы изготовлены. Поэтому дальнейшее увеличение несущей способности стен возможно уже только за счет применения качественно иных конструкций, а именно – армированных панелей, преимущественно вертикальной разрезки (рис. 2).

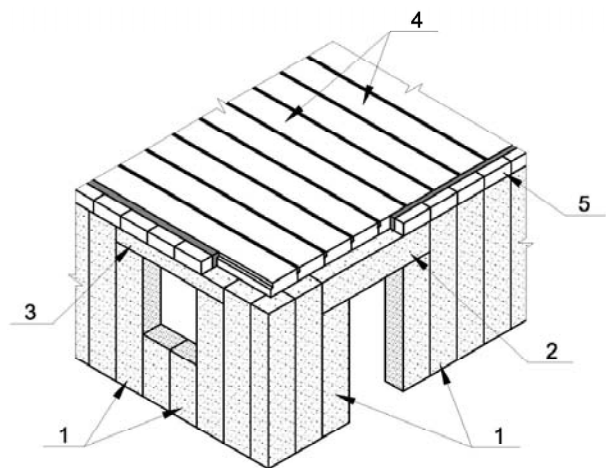


Рис. 2. Пример наружных стен из панелей вертикальной разрезки: 1 – вертикальные стеновые панели; 2 – несущая перемычка над дверным проемом; 3 – несущая перемычка над оконным проемом; 4 – сборно-монокричное перекрытие; 5 – кладка из ячеистобетонных блоков в уровне перекрытия

Резательная технология производства ячеистобетонных изделий позволяет изготавливать панели любых размеров по высоте с учетом габаритов проемов, в том числе высотой на этаж. Пазогребневая форма боковых граней обеспечивает взаимную фиксацию смежных элементов от смещения из плоскости стены и повышает сопротивление наружных стен воздухопроницанию и теплопередаче.

При необходимости сопротивление стен горизонтальным нагрузкам, действующим перпендикулярно плоскости конструкции с обеспечением совместной работы смежных элементов и перераспределения усилий между ними, может быть повышено путем замоноличивания межпанельных армированных швов по аналогии с конструкцией междуэтажных перекрытий. Такая конструкция одновременно повышает сопротивление и горизонтальным нагрузкам, действующим в плоскости стен.

Стеновые панели горизонтальной разрезки традиционно используют для устройства навесных несущих стен каркасных зданий. По сравнению с панелями трехслойной конструкции однослойные ячеистобетонные панели имеют ряд преимуществ, среди которых в первую очередь следует отметить меньший вес, простоту конструкции, долговечность (в том числе устойчивость к размораживанию), пожаробезопасность и огнестойкость. Навесные панели могут применяться в зданиях различного назначения. Особо следует подчеркнуть возможность достаточно простого устройства выходов на балконы и лоджии с минимальным использованием кладки из блоков. Этому в значительной мере способствует возможность изготовления изделий требуемой высоты (по фасаду) до 750 мм, а также легкая обрабатываемость материала с помощью ручного или механизированного режущего инструмента.

Необходимо заметить, что номинальная длина разрезаемого массива на современных заводах не превышает 6 м, что некоторым образом ограничивает возможности архитекторов при выборе объемно-планировочных решений зданий. Тем не менее, ячеистобетонные навесные панели получили широкое применение в зарубежной практике каркасного строительства.

Говоря о возможностях и перспективах применения крупноразмерных элементов из автоклавного ячеистого бетона, следует напомнить, что в связи с увеличением нормируемого показателя сопротивления теплопередаче наружных стен до $3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ этот материал остается по сути единственным, который позволяет устраивать однослойные конструкции технической целесообразной толщины – не более 500 мм без применения дополнительной теплоизоляции по полю стены.

На основании изложенного можно сделать **следующие выводы.**

1. С учетом возрастающих объемов производства автоклавного ячеистого бетона и его специфических свойств область применения этого материала может быть существенно расширена за счет увеличения разнообразия номенклатуры выпускаемых изделий, в том числе крупноразмерных и армированных.

2. Крупноразмерные ячеистобетонные изделия, прежде всего стеновые элементы для кладки, несмотря на дополнительные затраты на монтаж механизированным способом, позволяют в несколько раз повысить производительность труда и, соответственно – темпы строительно-монтажных работ за счет значительного сокращения трудозатрат по устройству стен. При этом уменьшение количества стыковых соединений и протяженности швов способствует повышению эксплуатационных качеств несущих и ограждающих конструкций.

3. По предварительной оценке крупноразмерные блоки и панели вертикальной разрезки, способствующие повышению несущей способности стен, позволяют возводить здания высотой до семи этажей включительно при соответствующем решении узлов сопряжений несущих конструктивных элементов. При этом применение армированных панелей вертикальной разрезки за счет более высокой несущей способности по сравнению с кладкой расширяет область применения ячеистого бетона с позиций объемно-планировочных решений зданий различного назначения.

4. Применение ячеистобетонных перемычек, как уже было отмечено, обеспечивает теплотехническую и конструктивную однородность стен и максимально уменьшает концентрацию напряжений в местах опирания перемычек на кладку при силовых и температурных воздействиях.

5. Использование ячеистобетонных плит перекрытий и покрытий позволяет применять

современные системы теплоснабжения зданий с поквартирным регулированием расхода теплоносителя без дополнительного использования теплоизоляционных материалов. При этом устройство напольного отопления также не требует специальных мероприятий за счет хороших теплоизолирующих качеств ячеистого бетона. Ячеистобетонные плиты могут применяться как в зданиях с несущими стенами, так и в каркасных домах с несущим остовом из различных материалов. Эффективность их использования в составе сборно-монолитных конструкций подтверждена не только лабораторными и натурными исследованиями [7, 9], но и опытом строительства [6].

6. Панели горизонтальной ленточной разрезки имеют самые широкие перспективы применения в современных каркасных зданиях, в том числе за счет увеличения полезной площади внутреннего пространства, неизбежно «съедаемой» поэтажно опертыми стенами.

В заключение необходимо также отметить, что для развития производства и применения крупноразмерных ячеистобетонных элементов, широко используемых в зарубежном строительстве, в Республике Беларусь имеется необходимая нормативная база, гармонизированная с европейскими нормами и учитывающая особенности современных технологий производства ячеистого бетона и его свойства. В республике также наработаны технические решения эффективных несущих и ограждающих конструкций, основанные на результатах отечественных исследований в конце прошлого и начале текущего столетий.

Список использованных источников

1. СНиП II-22-81. Каменные и армокаменные конструкции / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1983. – 40 с.

2. СТБ EN 1996-1-1:2008. Еврокод 6. Проектирование каменных конструкций: Часть 1-1. Общие правила для армированных и неармированных каменных конструкций. – EN 1996-1-1:2005(D), IDT. – Введ. 2009-07-01. – Мн.: Минстройархитектуры РБ, 2009. – 85 с.

3. СТБ 1117-98. Блоки из ячеистых бетонов стеновые. Технические условия. – Введ. 1999-04-01. – Мн.: Минстройархитектуры РБ, 1999. – 29 с.

4. СТБ 1332-2002. Блоки лотковые и перемычки из ячеистого бетона. Технические условия. – Введ. 2003-01-01. – Мн.: Минстройархитектуры РБ, 2002. – 7 с.

5. СТБ (проект). Плиты перекрытий и покрытий, панели для внутренних стен и перегородок из автоклавного ячеистого бетона. Технические условия. – Оконч. ред. – Мн.: РУП «Стройтехнорм», 2009. – 18 с.

6. Галкин С.Л. Автоклавный газобетон в строительстве Беларуси // Строительные материалы. – 2004. – № 4.

7. Галкин С.Л. Исследования работы плит из ячеистого бетона в составе сборно-монолитных дисков перекрытий // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке кадров Республики Беларусь: Сб. тр. VII междунар. научно-метод. семинара / Под ред. Блещика Н.П., Борисевича А.А., Пецольда Т.М. – Брест: БГТУ, 2001.

8. Галкин С.Л. Применение ячеистобетонных изделий. Теория и практика / Галкин С.Л. и др. – Мн.: Стринко, 2006. – 448 с.

9. Галкин С.Л. Экспериментальные исследования работы перекрытий с плитами из автоклавного ячеистого бетона при вертикальной нагрузке / Галкин С.Л., Мордич А.И. // Строительная наука и техника. – 2007. – № 5. – С. 99-107.

10. Интернет-ресурс: http://www.berezaksi.by/page_528.

ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА В САНКТ- ПЕТЕРБУРГЕ: ПРОБЛЕМЫ, ПУТИ РЕШЕНИЯ

Гринфельд Г.И., ООО «Аэрок СПб»

Однослойные газобетонные стены возводятся и эксплуатируются в Санкт-Петербурге с 1960 г. Сначала это были стены из крупных полупанелей (застройка районов Дачного и Автово) и панелей («корабли» – серия 1 ЛГ-600). Со второй половины 90-х гг. минувшего столетия, одновременно с развитием монолитного домостроения, в строительстве стали активно применяться мелкие газобетонные блоки.

Именно о кладке из газобетонных блоков, выполняемой с поэтажным опиранием, о конструктивных решениях, в которых используется такая кладка, и пойдет речь ниже.

К настоящему моменту опыт применения газобетонной кладки в каркасных зданиях может быть систематизирован. Ошибки, сопутствовавшие первым пробам (а иногда и повторяющиеся из-за недостаточной обратной связи в цепочке проектировщик – строитель – эксплуатационщик), могут быть исчерпывающим образом описаны, к подавляющему большинству из них могут быть рекомендованы корректирующие мероприятия.

Основные конструктивные решения наружных стен, в которых используется кладка из газобетонных блоков, могут быть систематизированы следующим образом (рис. 1).



Рис. 1. Основные варианты стеновых заполнений с применением кладки из автоклавных газобетонных блоков в монолитном строительстве Санкт-Петербурга

Однослойная газобетонная стена. Кладка выполняет конструктивную и теплоизоляционную функцию. Наружная отделка – грунтовка, тонкослойная штукатурка, окраска. Применяется в подавляющем большинстве случаев на остекляемых балконах и лоджиях. D350 300 мм или D400 375 мм.

Однослойная газобетонная стена с кирпичной облицовкой. Облицовочный слой – 120 мм, реже – 250 мм. Облицовочный

слой либо закрывает торцы перекрытий, либо выкладывается заподлицо с ними. Газобетон марок D400-D500 толщиной 300-400 мм.

Газобетонная кладка с наружным утеплением. По утеплителю либо теплоизоляционный фасад с тонким штукатурным слоем, либо навесная фасадная система с вентилируемой воздушной прослойкой. Газобетон в основном выполняет функцию несущей основы для утеплителя. Толщина – 200-250 мм. Марка по средней плотности в пределах D400-D600.

Выбор конструктивного решения определяет и набор проблем, которые могут возникнуть на стадиях строительства и эксплуатации объекта. Укажем некоторые из них.

Каменная кладка при заполнении ячеек несущего каркаса железобетонных зданий – общий случай для всех поэтажноопертых стен из штучных материалов

Возможные проблемы

Передача нагрузки на заполнение от вышерасположенного перекрытия. Возникает при отсутствии или недостаточной толщине деформационного шва между кладкой и перекрытием (ошибки проекта или организации работ) или при возникновении сверхнормативного прогиба перекрытия (несистемная ошибка).

Недостаточная устойчивость стенового заполнения под действием ветровых нагрузок. Может возникнуть при большой этажности здания и легких тонких ограждениях, особенно при вывешивании кладки за торец

перекрытия. Недостаточная устойчивость часто выявляется у однослойной кладки из газобетона.

Сверхнормативная воздухопроницаемость деформационных швов между элементами несущего каркаса и кладкой. Во всех случаях является следствием низкого качества исполнения или отсутствия деформационного шва между несущими стенами/колоннами и кладкой или между кладкой и перекрытием.

Сверхнормативная воздухопроницаемость самой кладки. Низкое качество кладочных работ и небрежность заполнения швов (особенно вертикальных) бывают актуальными для кладки толщиной в один камень. Причины – необеспеченность каменщиков инструментом для работы с клеевыми смесями, необученность работе со шпунтовыми торцевыми гранями, низкая культура кладочных работ в зимний период.

Пути решения

1. Проектное решение деформационного шва между несущими конструкциями и заполнением должно быть исполнимо в построечных условиях. Поэтому при назначении конструктивного решения следует учитывать высоту ряда кладки и расстояние в свету между перекрытиями – определять необходимость использования доборных блоков (в практике не встречается) или давать указание по подрезке последнего ряда по месту (наиболее исполнимый вариант). Внутренний слой деформационного шва должен включать материалы с высоким сопротивлением паропроницанию, например пенополиэтиленовые жгуты. Толщина деформационного шва между кладкой и перекрытием должна подбираться исходя из нормативного прогиба перекрытия ($1/300$ пролета) и расчетной сжимаемости материалов шва. Следует предусматривать и швы между кладкой и вертикальными несущими конструкциями. Толщина таких швов может определяться конструктивно по месту исходя из фактической толщины материала заполнения (например, пенополиэтиленовые полосы на ширину кладки) [1].

2. Для обеспечения устойчивости стеновых заполнений необходимо предусматривать исполнимое в условиях строительной площадки закрепление их от выпадения из плоскости. С этой точки зрения кладка из штучных материалов может рассматриваться как изгибаемый элемент по СНиП II-22, а кладка из блоков из автоклавных ячеистых бетонов на клею (при учете того факта, что сопротивление растяжению и изгибу по перевязанному и неперева-

занному сечению такой кладки равны аналогичным сопротивлениям самого бетона) – и по СНиП 52-01. Опорой изгибаемых конструкций в этом случае будут являться элементы, закрепляющие стеновые фрагменты в плоскости фасада. Задача закрепления фрагментов стеновых заполнений (в том числе из автоклавных ячеистобетонных блоков низких плотностей) в плоскости фасада имеет апробированные решения. Элементы закрепления таких фрагментов обладают нормативными расчетными сопротивлениями и могут назначаться в зависимости от расчетных нагрузок [2].

3. Воздухопроницаемость деформационных швов устраняется их качественным исполнением. Вопрос воздухопроницаемости стыков смежных элементов здания актуален для всех типов ограждающих конструкций. В наиболее проработанном виде он решен в отменном ГОСТ 30971-2002 «Швы монтажные узлов примыканий оконных блоков к стеновым проемам». Основными положениями, легшими в основу этого стандарта, следует руководствоваться при проектировании и устройстве примыкания стеновых заполнений к несущим конструкциям.

4. Воздухопроницаемость однорядной кладки из штучных материалов. В случае с кладкой из газобетонных блоков возможна только по швам. Сопротивление воздухопроницанию тела бетона достаточно высоко, чтобы не принимать его в рассмотрение. Снижение воздухопроницаемости кладки может обеспечиваться как повышением качества кладочных работ, так и применением для внутренней отделки материалов с достаточным сопротивлением воздухопроницанию.

Газобетонная кладка без дополнительной теплоизоляции

Возможные проблемы

Интенсивные теплотери в зоне опиранья кладки на монолитное перекрытие. Проектные решения этого узла разделяются на две основные группы: перфорация перекрытия по оси стен теплоизоляционными вкладышами (пенополистирольными или минераловатными) или устройство сплошного теплоизоляционного экрана на торце перекрытия (как правило, при кладке, выступающей за пределы перекрытия). Проблемы, не носящие, впрочем, системного характера, возникают только в первом случае – при ошибках в устройстве вкладышей в теле бетона. Вкладыши при недостаточном закреплении могут всплывать или просто смещать-

ся при заливке бетона; пенополистирольные вкладыши могут выгорать при производстве сварочных работ и т.д.

Увлажнение кладки выше расчетных значений. Увлажнение кладки к концу периода влагонакопления до значений, значительно превышающих расчетную равновесную влажность (5-6% по массе), следует рассматривать как следствие проектной ошибки или брака, допущенного при производстве работ. Возможные причины такого переувлажнения разнообразны, но в тезисной форме сводятся к следующим.

Высокая воздухопроницаемость деформационных швов между кладкой из газобетонных блоков и перекрытием в двухслойных стенах (газобетон + лицевой кирпич), приводящая к поступлению внутреннего воздуха из помещения в зазор между слоями кладки с конденсацией в нем водяного пара. Это приводит к сильному переувлажнению наружных слоев газобетона, сквозному увлажнению лицевого кирпича, образованию наледи на дне воздушной прослойки [3].

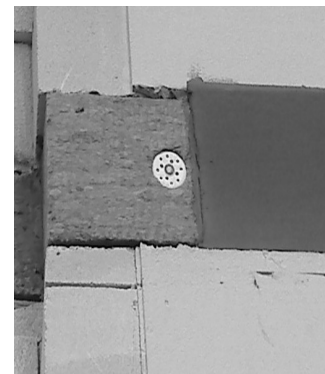
Высокая воздухопроницаемость кладки из газобетонных блоков при отсутствии внутренней отделки в сданных, но не заселенных квартирах. Пустошовка в сочетании с отсутствием сплошных отделочных слоев, обладающих достаточно высоким значением сопротивления паропрооницанию, приводит к тем же последствиям [4].

Высокое сопротивление паропрооницанию наружной отделки [5]. Негативное влияние наклеенной на кладку керамической плитки или нанесенной плотной штукатурки особенно заметно проявляется в тех случаях, когда наружная отделка проводилась осенью по свежей кладке с высоким содержанием технологической и построечной влаги. Такая отделка, препятствующая удалению влаги из толщи стены, в климатических условиях европейской части России утрачивает сцепление с кладкой в первые годы эксплуатации из-за морозного разрушения водонасыщенного когезионного слоя.

Пути решения

1. Торцы перекрытий в каркасных зданиях без систем наружного утепления – важный с точки зрения тепловой защиты конструктивный элемент. Торцы должны утапливаться в плоскость фасада и изолироваться по периметру (рис. 2). При отсутствии такой возможности следует уделять проектированию и расстановке теплоизоляционных вкладышей, перфорирующих край диска перекрытия, повышенное внимание.

Рис. 2. Пример тепловой изоляции торца межэтажного перекрытия



2. Для предотвращения переувлажнения кладки диффундирующим из помещения водяным паром необходимо придерживаться следующих правил.

Обеспечивать низкую воздухопроницаемость ограждающих конструкций с применением газобетонной кладки. Тщательно выполнять деформационные швы между кладкой и перекрытиями, при сомнении в качестве кладочных работ – обеспечивать наличие штукатурных или иных отделочных слоев с достаточным сопротивлением воздухопроницанию.

Избегать использования для наружной отделки материалов с низкой паропрооницаемостью – плотной цементно-песчаной штукатурки, наклеиваемой облицовочной плитки, тонких слоев полимерных теплоизоляционных материалов.

Крепление фасадных облицовок к газобетонной кладке

Возможные проблемы

Ненадежность связи между основным газобетонным и лицевым кирпичным слоями. Расчетная высота ряда газобетонной кладки – 250 мм, высота ряда кирпичной кладки – 77 мм (из одинарного) или 100 мм (из модульного кирпича). Перевязка таких кладок сварными сетками с шагом по высоте 750 или 500 мм на практике не осуществима без 20-30-миллиметровых расстворных швов в газобетоне, выполняемых с целью подгонки высоты ряда. Такие швы понижают коэффициент теплотехнической однородности по глади кладки до значений 0,8 и ниже, что не может считаться приемлемым. Расстановка одиночных анкеров – гибких связей – в швы кладок также требует подгонки высоты рядов.

Ненадежность выбранных крепежных элементов для устройства навесных фасадов по газобетонному основанию. Использование газобетонных стен в качестве основания для систем наружного утепления началось стихийно, без предшествовавшей

удовлетворительной проработки (как, впрочем, и вообще использование систем наружного утепления). В ряде случаев к выбору крепежа для кронштейнов навесных фасадов приступали (и приступают) лишь по окончании кладочных работ. В результате не единичны случаи использования для этих целей сквозных шпилек с тарельчатыми шайбами на наружной и внутренней сторонах кладки [6]. Определение несущей способности дюбелей, проводимое в построечных условиях, не учитывает текущей влажности кладки; методика определения несущей способности не дает представления о фактической однородности крепежа.

Пути решения

1. Крепление кирпичной облицовки к несущим конструкциям и с газобетонной кладкой имеет апробированные и исполнимые решения, которые, к сожалению, пока не распространены. Для скрепления слоев можно рекомендовать так называемую скользящую петлю – арматурные выпуски из швов обоих слоев кладок, петлей цепляющиеся за вертикальный стержень, расположенный в зазоре между слоями. Также можно советовать гибкие стальные перфорированные полосы, заводимые в швы кладок с перегибом для подгонки к уровням швов, – значимая площадь опирания таких анкеров позволяет считать их работающими на растяжение до распрямления, то есть до смятия материала кладок под опорой.

2. Подбор и устройство креплений в газобетонной кладке с расчетом на работу под действием пульсирующей нагрузки по оси, перпендикулярной плоскости кладки, – это серьезная, но решаемая задача [7].

Во-первых, забивные закладные детали, использующие в своей работе сопротивление бетона сжатию, имеют высокую несущую способность (навесные газобетонные панели крепятся к несущим конструкциям забивными нагелями – по сути, гвоздями), но требуют установки на стадии кладочных работ, то есть включения в состав основного проекта.

Во-вторых, основные производители крепежа имеют в своем ассортименте специально предназначенные для ячеистых, щелевых и высокопустотных материалов изделия с достаточной несущей способностью.

В-третьих, и это главное – в стеновое заполнение каркасных зданий устанавливаются только «вспомогательные» кронштейны, призванные компенсировать малую жесткость профилей подконструкции. Вертикальные нагрузки передаются на жесткую опору, монтируемую в торец железобетонного перекрытия. При этом фасадные системы, позволяющие не прибегать к вспомогательному крепежу, а крепиться только в торцы перекрытий, уже давно вышли из стадии экспериментальных разработок.

Таким образом, реально существующие проблемы, с которыми приходится сталкиваться на практике, имеют вполне реализуемые решения.

Список использованных источников

1. Галкин С.Л. и др. *Применение ячеистобетонных изделий. Теория и практика.* – Мн.: Стринко, 2006. – 448 с.
2. СТО 501-52-01 «Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации». Ч. II. – М., 2008.
3. Гроздов В.Т. Как обеспечить качество фасадов в условиях Северо-Запада // *Вестник строительного комплекса.* – 2007. – № 3 (43).
4. Пинскер В.А., Вылегжанин В.П., Гринфельд Г.И. Теплофизические испытания фрагмента кладки стены из газобетонных блоков «Аэрок СПб» марки по плотности D400 // V научно-практическая конференция «Ячеистые бетоны в современном строительстве», сб. докладов. – СПб., 2008. – С. 48-51.
5. Славчева Г.С., Чернышов Е.М., Коротких Д.Н., Кухтин Ю.А. Сравнительные эксплуатационные теплозащитные характеристики одно- и двухслойных стеновых газосиликатных конструкций // *Строительные материалы.* – 2007. – № 4. – С. 13-15.
6. Круглый стол «Ячеистобетонные и пустотные стеновые материалы в многоэтажном строительстве» // *Технология строительства.* – 2008. – № 7 (62). – С. 7-20.
7. *Технический отчет по теме «Прочностные испытания различных типов анкерных креплений в газобетонные блоки «Ytong», изготовленные ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр», с учетом их влажности» / ЦНИИСК им. Кучеренко.* – М., 2009.

ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА ПО СЕРИИ 1.020 И НАРУЖНЫМИ ОГРАЖДАЮЩИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ ИЗ МЕЛКОРАЗМЕРНЫХ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ БЛОКОВ

Силенков С.А., ОАО «Институт Минскгражданпроект», г. Минск, Республика Беларусь

Фото А. Дыдышко

На протяжении десятилетий традиционным для нашей страны было строительство кирпичных и панельных жилых зданий. Лишь в последние годы с развитием новых технологий строительства стали возводиться объекты по различным конструктивным схемам. Среди них следует выделить каркасные несущие системы, позволяющие значительно повысить потребительские качества зданий. Каркас снимает многие ограничения, позволяет архитектору создавать разнообразные объемно-планировочные решения, удовлетворять любое желание потребителя. Поэтому первые каркасные жилые здания, созданные в пост-перестроечный период, превосходили по многим параметрам дома в стеновых системах и сразу попали в разряд элитных.

Каркасные несущие системы могут реализовываться в трех вариантах: со сборным, монолитным или сборно-монолитным каркасом, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки.

С 1983 г. активно применяется для массового строительства сборный железобетонный связевой каркас межвидового применения по серии 1.020. Изначально он предназначался только для возведения зданий промышленного, административного, социального и культурного назначения и существовал запрет на его применение при строительстве жилья.

Среди преимуществ сборного железобетонного каркаса можно отметить следующие моменты:

- высокий уровень индустриального изготовления конструктивных элементов каркаса;
- полное заводское изготовление всех несущих конструкций каркаса: колонн, плит и ригелей обеспечивает их высокое качество и надежность;
- высокая скорость возведения зданий и гарантированная прочность конструкции сразу после монтажа и заделки стыков;
- меньшая материалоемкость по сравнению с монолитным каркасом;
- при отрицательных температурах использование железобетонного каркаса не требует прогрева рабочей зоны.

С целью практического использования этих преимуществ была поставлена задача

проектирования и строительства жилых домов в сборном железобетонном каркасе. Применяя существующую номенклатуру железобетонных изделий связевого каркаса 1.020, удалось добиться архитектурной выразительности при гибкой внутренней планировке.

Основной конструктивной особенностью каркаса серии 1.020, отражающейся как на характере действительной работы несущих конструкций здания, так и на выборе расчетных моделей и методов расчета, является малая несущая способность и жесткость узлов каркаса. Рамы каркаса практически не оказывают сопротивления горизонтальным перемещениям каркаса, поэтому его пространственная неизменяемость обеспечивается системой вертикальных элементов – диафрагмами жесткости.

При расчете каркаса используется расчетная схема с жесткими связями сдвига, а податливость соединений учитывается с помощью коэффициентов условий работы, принятых по серии 1.020-1/83.0-4.

Комплексным критерием, оценивающим правильность расстановки диафрагм жесткости и в целом учитывающим обеспеченность конструкций здания по второй группе предельных состояний, является перемещение вершины здания. Горизонтальные перемещения вершины здания от временных нормативных нагрузок, происходящие от изгиба конструкции и деформации основания, ограничиваемые исходя из конструктивных требований (обеспече-

ние целостности заполнения каркаса стенами, перегородками), не должны превышать одной тысячной высоты здания каждое.

Одна из серьезных задач, которую необходимо было решить при проектировании многоэтажных жилых домов, – недостаточная несущая способность типовых колонн сечением 40x40 см. Колонны каркаса 1.020 рассчитаны на нагрузки до 500 т при максимальном усилии в стыке колонн – 350 т, что обеспечивает восприятие усилий не более чем от 10 этажей.

Для 17-18-этажных жилых домов и шаге колонн 6 м нагрузки в уровне обреза фундамента достигают 900-1000 т. При этом изменение сечения колонны нежелательно в целях использования существующей опалубки колонн и сохранения номенклатуры примыкающих элементов.

Увеличение несущей способности колонн под тяжелые нагрузки многоэтажных жилых домов при сохранении поперечного сечения типовых колонн 40x40 см было достигнуто за счет увеличения класса бетона и процента армирования и введения косвенного армирования. Максимальный процент армирования колонны – 12%.

Разработан индивидуальный стыковой узел, рассчитанный на большие нагрузки. В стыках колонн применены стальные торцевые листы, к которым привариваются продольные стержни арматуры колонны.

Для создания жесткого диска перекрытия предусматривается установка в одном направлении ригелей, приваренных к колоннам, в другом – связевых или пристенных плит перекрытия по всем рядам колонн.

Особенностью данного каркаса является жестко фиксированная сетка колонн и наличие внутри помещений выступающих полок ригелей, на которые опираются перекрытия. Это обязательно должно учитываться архитекторами при разработке планировочных решений.

Развитие каркасных технологий в строительстве зданий неразрывно связано с прогрессом в развитии систем наружного стенового ограждения.

В Республике Беларусь доминирующее положение среди стеновых строительных материалов занял ячеистый бетон автоклавного твердения, обеспечивая высокое качество, отличную тепло- и шумозащиту.

Система наружного стенового ограждения каркасных зданий, как правило, решается с применением однослойной кладки из ячеистобетонных блоков, которыми заполняется пространство между перекрытиями и колоннами или поперечными железобетонными стенами. Данное решение позволяет обеспечить необ-

ходимую пластичность и разнообразие фасадов – организацию западов, сдвигов, поворотов, перепадов по высоте.

Наружные стены поэтажно опираются на плиты перекрытия или ригели каркаса. Этажность здания с такими стенами не ограничена. При расчете железобетонного каркаса кладка наружных стен принимается с нулевой жесткостью и рассматривается только как инерционная масса.

Наружные стены, выполненные из мелких блоков, по типу кладки могут быть однослойными – толщиной в один или в два блока, или многослойными (с облицовкой). Опираемые элементы каркаса, в том числе и плит перекрытий, на ячеистобетонную кладку не допускаются.

Выбор толщины стен определяется их теплоизоляционными характеристиками. В качестве ограждающих конструкций жилых домов приняты навесные стены из ячеистобетонных блоков с кладкой на клею толщиной 500 мм класса по прочности В2,5, объемным весом $\gamma = 500 \text{ кг/м}^3$, марки по морозостойкости не менее F25. Все наружные стены опираются на железобетонные ригели.

Ячеистобетонные блоки применяются и для возведения внутренних стен и перегородок между квартирами, комнатами, между квартирами и лестничными клетками, коридорами, вестибюлями. Перегородки в каркасных зданиях проектируются поэтажно самонесущими с опиранием на междуэтажные перекрытия. Выбор толщины стен и перегородок определяется их звукоизоляционными характеристиками, которые зависят от марки по плотности блоков и видов кладки на клею или на растворе. Для улучшения звукоизоляции стен кладку блоков рекомендуется выполнять на тяжелом растворе и использовать блоки, имеющие большую марку по плотности.

Нормируемыми параметрами звукоизоляции внутренних ограждающих конструкций (стен, межкомнатных и межквартирных перегородок) жилых зданий являются индекс изоляции воздушного шума R_w , дБ. Нормативные значения индексов изоляции воздушного шума внутренними ограждающими конструкциями R_w приведены в таблице 9.2, в ТКП 45-2.04-154-2009 «Защита от шума».

Перегородки устанавливаются на перекрытия по выравнивающему слою раствора. По окончании кладки под вышележащим перекрытием оставляется зазор 20-25 мм, который заполняется минеральной ватой или строительной пеной, в зависимости от требуемого предела огнестойкости.

Соединение перегородок с наружной стеной производится с помощью соединительных



Фото 1. Жилой дом
по пр.Победителей

элементов, устанавливаемых в трех-четырех местах на этаж по мере кладки стены, или пристреливаются к железобетонным элементам.

Перемычки над дверными проемами предусматриваются самонесущими, рассчитанными на вес нескольких рядов кладки до перекрытия. Перемычки могут быть ячеистобетонные или железобетонные. Глубина опирания перемычек на стены и перегородки составляет не менее 200 мм.

При устройстве перегородок между квартирами, между помещениями квартиры и лестничными клетками, коридорами, вестибюлями необходимо обеспечить их звукоизоляционные характеристики до нормативных значений, равных $R_w \geq 50$ дБ.

Для получения таких показателей рекомендуется применять трехслойные конструкции стен толщиной 280 мм, состоящие из двух наружных слоев толщиной 120 мм, выполненных из ячеистобетонных блоков $\gamma = 600$ кг/м³ (кладка на растворе), и внутреннего промежутка толщиной 40 мм, заполненного минплитой плотностью 80-100 кг/м³. Такая конструкция стен имеет индекс изоляции воздушного шума $R_w = 52$ дБ при толщине известково-цементной штукатурки 2х15 мм.

Межкомнатные перегородки без дверей должны обеспечивать звукоизоляционные ха-



Фото 2. Жилой дом
по пер. Калининградскому, 1



Фото 3. Жилой дом
по ул. Полевая

рактеристики $R_w \geq 43$ дБ. Рекомендуется применять перегородку толщиной 120 мм, выполненную из ячеистобетонных блоков $\gamma = 600$ кг/м³ (кладка на растворе), при толщине известково-цементной штукатурки 2х15 мм.

Для обеспечения нормируемого параметра индекса изоляции воздушного шума перегородки между комнатами и санитарным узлом одной квартиры $R_w \geq 47$ дБ толщина ячеистобетонной перегородки должна быть не менее 300 мм, что не всегда бывает приемлемо. Чаще применяют кирпичную перегородку $b=120$ мм.

Блоки из ячеистого бетона предназначены для кладки наружных и внутренних стен зданий с относительной влажностью

воздуха помещений не более 75% при неагрессивной среде. Применение блоков из ячеистых бетонов для кладки стен с мокрым режимом помещений, а также в местах, где возможно усиленное увлажнение бетона или наличие агрессивных сред, без специальной защиты не допускается.

В ванных комнатах на внутреннюю поверхность стен и перегородок необходимо нанести парогидроизоляционное покрытие типа Полимикс-ГС.

Ячеистые бетоны относятся к негорючим строительным материалам, то есть они не боятся огня.

По проектам института Минскграждан проект в данной конструктивной схеме построен и успешно эксплуатируется три многоэтажных жилых дома высотой 16-19 этажей, расположенных по пр-ту Победителей (фото 1), по Калининградскому пер. (фото 2), по ул. Полевая (фото 3). В настоящее время проектируется еще два многоэтажных жилых дома со сборным железобетонным каркасом по серии 1.020.

Опыт строительства каркасных зданий с поэтажно опертыми стенами показывает, что строители не всегда выполняют указание проекта о необходимости наличия деформационных швов при устройстве наружной штукатурки. Часто можно наблюдать заштукатуренные швы, впоследствии растрескавшиеся, что сни-

жает герметичность и долговечность стеновых конструкций.

Низкое качество сухих смесей для наружной отделки также приводит к образованию дефектов в защитно-декоративных покрытиях наружных стен.

При отпускной влажности блоков с завода более 35% приступать к отделочным работам необходимо только после естественной сушки изделия и достижения ячеистым бетоном влажности менее 25%. При нарушении этого требования после сдачи дома в первый год эксплуатации поступают многочисленные жалобы на повышенную влажность в жилых помещениях, грибок и отслоившуюся штукатурку.

Очень часто при строительстве не выполняются указания проекта о необходимости вести кладку перегородок на растворе, а не на клею, применяются ячеистобетонные блоки более низкой плотности, уменьшается проектная толщина штукатурки. Все это значительно уменьшает шумозащитные характеристики перегородок.

Широкий ассортимент и высокое качество изделий из автоклавного ячеистого бетона позволяют быстро и эффективно возводить стены многоэтажных зданий, заметно упрощают процесс проектирования и строительства, повышают потребительские качества готовых жилых зданий.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОАО «КЕРАМИН». КЕРАМИЧЕСКИЙ ГРАНИТ ДЛЯ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ

Крюк С.Н., главный инженер ОАО «Керамин»

Общие сведения о вентилируемых фасадах

В 1931 г. в Нью-Йорке возводили знаменитый Empire State Building, изюминкой которого был первый в мире навесной вентилируемый фасад (НВФ). Никто и не предполагал, что вскоре новая технология покорит мир, потеснив монополию мокрых фасадов.

Первоначально системы НВФ активно использовались в строительстве офисных и торговых центров. Но в последние несколько лет к ним обратились также инвесторы жилищного строительства.

Навесной вентилируемый фасад – это система, состоящая из материалов облицовки (наружного ограждения) и системы подконструкции, которая монтируется к стене таким образом, чтобы между защитно-декоративным покрытием и утеплителем оставался воздушный слой.

Преимущества вентфасада очевидны.

1. Главной причиной распространения навесного вентилируемого фасада стала его способность хранить тепло. Здание с НВФ на 30% выгоднее по энергосбережению, чем любая другая конструкция. Это стало возможным благодаря слою теплоизоляции и вентиляционному зазору между стеной и защитным декоративным экраном.

2. НВФ защищает стену от переменного промерзания и оттаивания. «Точка росы» сдвигается в наружный слой, и внутренняя часть стены не отсыревает. Благодаря этому увеличивается теплоаккумулирующая способность стены и улучшаются теплозащитные свойства конструкции. Летом облицовка работает как солнцезащитный экран, и восходящий поток воздуха в вентилируемом пространстве предохраняет ее от перегрева.

3. Экран защищает стены здания от атмосферных воздействий, а вентиляционный канал способствует выведению влаги и сохранению тепла. Он также практически полностью компенсирует скачки температур и другие резкие капризы природы.

4. «Скорлупа» вентфасада прекрасно поглощает звуки: общая звукоизоляция может быть улучшена до 15 Дб.

5. Использование наружного утеплителя позволяет снизить толщину несущих стен. Это не только уменьшает нагрузку на фундамент, но и позволяет получить дополнительную площадь помещений. В многоэтажном здании эта сэкономленная площадь может составлять несколько тысяч метров.

6. НВФ позволяет скрыть все строительные дефекты и неровности стен, что очень не просто, а, порой, просто невозможно сделать

с применением штукатурок. Это особенно важно при реконструкции и реставрации зданий. Он не требует специальной предварительной подготовки внешних стен к облицовке таким фасадом.

7. Вентфасад можно монтировать в любое время года, делается это, как правило, очень быстро (102 этажа Empire State Building возвели всего лишь за 15 месяцев). Конструкция навесного вентилируемого фасада позволяет быстро производить ремонт и замену отдельных частей.

8. Вентфасад всегда выглядит презентабельно, а огромное множество вариантов облицовок и их цветов дают простор фантазии архитектора. Срок службы вентфасада обозначают по-разному – от 30 до 50 лет. Но 75-летний «дедушка» Empire State Building готов заставить проектировщиков пересмотреть сроки эксплуатации НВФ. Следовательно, несмотря на свою высокую цену, он позволяет экономить на капитальном ремонте здания.

Надежность фасада зависит прежде всего от основы — под облицовочной конструкции: анкерных и облицовочных креплений, профилей и кронштейнов. Подконструкция должна надежно присоединить к стене плиты облицовки и теплоизоляции, при этом между слоем теплоизоляции и облицовкой должна остаться воздушная прослойка толщиной от 20 до 60 мм. Каркас должен обладать коррозионной устойчивостью, огнестойкостью, высокой степенью устойчивости к ветровым нагрузкам, определенной подвижностью узлов и возможностью компенсации неровностей поверхности несущих стен. Чтобы не возникло контактной коррозии и электрокоррозии, нельзя использовать в одной конструкции крепежи из разных металлических сплавов, несовместимые друг с другом. Элементы подконструкции изготавливают, как правило, из нержавеющей или оцинкованной стали с глубокой оцинковкой. В подконструкции НВФ весьма популярен алюминий. Это легкий, прочный материал, достаточно устойчивый к коррозии. Правда, алюминий все же должен быть защищен специальным антикоррозионным покрытием.

К утеплителям в системах навесных вентилируемых фасадов предъявляются очень высокие требования. Они должны обладать хорошими теплоизоляционными свойствами, быть долговечными, паропроницаемыми, устойчивыми к ветровым нагрузкам, не гореть и не поддерживать горение. Обычно в качестве теплоизоляционного материала для НВФ-систем используются минераловатные и стекловолоконные утеплители. Последние отличаются большей способностью к водопоглощению и их не рекомендуется применять в системах с алю-

миниевым каркасом и горючими облицовочными материалами. Минераловатные же утеплители применяются с любыми подконструкциями и облицовочными материалами.

Чтобы защитить утеплитель от неблагоприятного воздействия атмосферной влаги, попадающей в вентилируемый зазор через щели между элементами декоративного экрана, используется **влаговетробарьер**. Он должен быть сделан из материала, не препятствующего выведению водяных паров изнутри помещения наружу.

Основная задача вентиляционного канала – эффективное удаление влаги, а также компенсация совокупности геометрических отклонений и снижение уровня шума. При строительстве вентфасада очень важно минимизировать горизонтальный поток воздуха внутри конструкции, чтобы в щели не втягивались грязь и вода. Необходимо, чтобы внутреннее давление воздуха в воздушной прослойке сравнялось с внешним давлением на каждом участке фасада. Обеспечивается это за счет специальных зазоров между кассетами облицовки и устройств вертикальных перегородок, создающих внутри системы воздушно-независимые друг от друга зоны.

Внешняя облицовка выполняет не только декоративную функцию. Она, словно панцирь, защищает утеплитель, подконструкцию и несущие стены от негативных атмосферных и механических воздействий. В качестве защитно-декоративного экрана применяют следующие материалы:

- плиты из натурального и искусственно-го камня,
- керамогранит;
- композитные материалы;
- фиброцементные панели;
- профнастил;
- алюминиевый лист.

Преимущества использования керамического гранита в качестве наружного ограждения вентилируемых фасадов

Сегодня на территории Республики Беларусь имеется несколько отечественных производителей и поставщиков систем крепления вентфасада с опытом их проектирования и значительным количеством уже реализованных проектов. Все эти фирмы предлагают полный пакет услуг (от проектирования до монтажа навесных систем), ими подготовлены методики и рекомендации по проектированию предлагаемых систем.

В свою очередь, ОАО «Керамин» является единственным на данный момент белорусским производителем керамического гранита для наружного ограждения вентфасадов.

До недавних пор облицовка из керамического гранита имела в основном европейское происхождение. Особенно широко были представлены итальянские, испанские и немецкие компании (наиболее известные – итальянская Magazzi и немецкая Agrobauhtal). Впоследствии на рынке благодаря низкой цене достаточно прочно укрепилась турецкая и китайская продукция.

С запуском новой линии ОАО «Керамин» сейчас предлагает продукцию, не уступающую по своим характеристикам итальянским производителям, и вполне конкурентоспособную по ценам с продукцией России, Польши и даже Китая.

Особенности процесса производства керамического гранита ОАО «Керамин»

Мелкоизмельченные до размера в 100-500 микрон природные материалы (глина, песок, полевой шпат и др.), называемые пресспорошком, прессуют в отдельные плиты под очень высоким давлением, затем подсушивают и обжигают при высоких температурах. Сырье при этом спекается, образуя монолит. В результате получается чрезвычайно прочный, хотя и сравнительно тяжелый непористый материал. Рисунок создается еще на этапе прессования за счет использования окрашенных пресспорошков. Эта технология требует применения более сложного, чем при производстве напольной или облицовочной плитки, оборудования. В процессе изготовления пигментированию подвергается вся масса плитки, из-за чего рисунок остается неизменным и на поверхности, и в глубине. Благодаря этому керамогранит можно считать практически вечным: ведь истирание верхнего слоя не приведет к нарушению рисунка.

Керамический гранит **не просто имитирует природный камень**, но благодаря использованию природного сырья и современной технологии, **точно его воспроизводит**. На то, что природа создает тысячи лет, в современном производстве требуется несколько часов, и если в естественных условиях процесс его образования непредсказуем, то здесь все под контролем. Как следствие, материал получается более качественным и по своим эксплуатационным и потребительским характеристикам превосходит натуральный камень: водопоглощение керамогранита в десять раз меньше, чем у натурального камня, и он во столько же раз прочнее. При этом керамический гранит абсолютно не боится воздействия агрессивных сред.

Еще одно очень важное свойство керамогранита – **большая морозоустойчивость**. Керамограниту свойственны также высокие прочностные свойства. Так, средневзвешенные значения предела прочности при изгибе составляют более 35 МПа. По этому показателю керамогранит в 3 раза прочнее натурального камня, в 2 раза – настенной керамической плитки и в 1,5 – напольной. Для выполнения защитно-декоративной облицовки фасадов чаще всего используют плиты 600х600 мм, также применяют форматы 600х900 мм и 1200х600 мм.

Технические характеристики фасадных керамических плит производства

ОАО «Керамин»

Основные технические характеристики керамического гранита производства ОАО «Керамин» следующие:

- высокая износостойчивость;
- чрезвычайно низкое водопоглощение (не более 0,2%);
- морозоустойчивость (не менее 100 циклов);
- отсутствие радиационного фона;
- предел прочности при изгибе (свыше 45 МПа).

Соответствие этим и другим требованиям, предъявляемым к керамическому граниту, подтверждают сертификаты Керамического Центра (г. Болонья) – официального контрольного органа Италии. На базе этого документа в апреле 2009 г. ОАО «Керамин» разработало и ввело в действие ТУ ВУ 100297103.624-2009.

Система качества производства керамического гранита в ОАО «Керамин» соответствует требованиям СТБ ИСО 9001-2001. При изготовлении керамогранита организация осуществляет жесткую систему контроля качества продукции, что позволяет покупателю быть абсолютно уверенным в соответствии изделий всем заявленным характеристикам.

Особенности производства керамического гранита и презентация коллекций керамической фасадной плитки

ОАО «Керамин»

Летом 2009 г. на ОАО «Керамин» внедрена технологическая линия FMP-2950. Линия укомплектована прессом усилием 6200 т. Это первый подобный пресс, установленный на территории стран СНГ и восточной Европы. Линия позволяет производство керамогранита форматов: 300х600, 600х600, 600х900 и 600х1200 мм.

Инвестиции в данный проект составили со стороны ОАО «Керамин» более 6 000 000 €. Для комплектации линии использовалось оборудование итальянских фирм SACMI, LB, SYSTEM. Это же оборудование и технологии установлены на ведущих итальянских заводах по производству керамической плитки.

Данное вложение финансовых средств стало результатом стратегии ОАО «Керамин», направленной на внедрение на рынок вентилируемых фасадов. С июля 2009 г. начал выпуск керамического гранита формата 600х600 мм.

При реализации проекта использован целый ряд высоких технологий, производство укомплектовано новейшим оборудованием, разработанным и внедренным в мировой практике в течение последних двух-четырех лет.

Использование технологий сухого декорирования с применением установок **CROMA** и **COLOR VERTICAL DRY** позволяет создавать продукцию с улучшенными эстетическими и эксплуатационными свойствами, повышенной прочностью и стойкостью к истиранию.

Установка сухого декорирования CROMA («КРОМА») позволяет создавать дизайн продукции по всей толщине плитки с использованием четырех базовых цветных пресспорошков (стандартных или микронизированных) и дополнительно четырех компонентов (специальных гранул, включений и сухих посыпок). Установка CROMA дает возможность производить полированный и неполированный керамический гранит.

С применением этой технологии ОАО «Керамин» начало выпуск трех коллекций керамического гранита формата 600х600 и 600х300 мм:

- Атлантик – светло-серый, темно-серый, бежевый, коричневый, голубой, зеленый;
- Севилья – светло-бежевый, темно-бежевый;
- Моноколор – серый, синий, бежевый, зеленый, розовый, белый.

Установка COLOR VERTICAL DRY – это система создания рисунка с помощью порошковой глазури, которая позволяет наносить на основу плитки в синхронизированном режиме одновременно четыре цвета сухих посыпок, создавая требуемые рисунки высокого разрешения. Особая поверхность сухой глазури повышает прочность и стойкость к истиранию керамического гранита.

С применением установки COLOR VERTICAL DRY ОАО «Керамин» освоило выпуск коллекции керамического гранита формата 600х600 мм Кварцит, Эльбрус, Эверест. Данные коллекции состоят из наиболее популярных цветовых решений, используемых при отделке фасадов зданий.

В процессе производства такой плитки технология прессования установки CROMA может дополняться системой COLOR VERTICAL DRY для создания керамического гранита, передающего все многообразие оттенков и фактур натуральных материалов.

С учетом тенденций развития данного рынка и требований заказчиков ОАО «Керамин» продолжает расширение коллекционного ряда и цветовой палитры керамогранита для вентифасадов. Так, с осени 2009 г. на предприятии освоено производство крупноразмерного глазурованного керамогранита (формат 600х600 мм). Особенность глазурованного керамогранита заключается в возможности создания продукции с еще более реалистичной расцветкой и фактурой, а также использования ярких, насыщенных оттенков цветовой палитры. Данный вид продукции представлен в товарной программе 2010 г. коллекцией Мультиколор.

На данный момент освоенные ОАО «Керамин» технологии позволяют оперативно выполнять специальные заказы архитекторов, так как обеспечивают возможность разработки и выпуска в течение одного-двух месяцев производственных партий в размере 3000-5000 м² продукции нестандартного дизайна и цвета.

Самый последний пример – разработка и создание производственного образца плитки 600х600 мм в очень сжатые сроки (в течение двух недель). Данный заказ выполнялся по поручению Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь в рамках межгосударственного соглашения с Туркменистаном, где уже давно ведется строительство зданий с вентфасадом. При этом в качестве облицовочного материала традиционно использовался мрамор. С целью снижения затрат сегодня рассматривается вопрос о переходе на облицовку керамическим гранитом. При этом одной из основных задач становится создание материалов, полностью соответствующих по внешнему виду и свойствам аутентичным, ранее использовавшимся при формировании облика города.

Примеры объектов с использованием керамического гранита производства ОАО «Керамин»

С использованием крупноразмерного керамогранита производства ОАО «Керамин» в качестве материала для устройства навесных вентилируемых фасадов в 2009 г. в Беларуси были построены и реконструированы следующие объекты:

- аквапарк в г. Кобрин (Брестская обл.);
- санаторий-профилакторий «Свитанак»;

- санаторий Министерства труда и соцзащиты в Пинском районе.
- На 2010 г. уже получены заказы на керамический гранит для облицовки вентфасадов на следующих объектах:
 - зал гимнастики по ул. Крупской в г. Могилеве;
 - городской дом культуры в г. Новополоцке, Витебская обл. (реконструкция);
 - здание суда Минского р-на и г. Заславля, Минская обл. (реконструкция);
 - учебный корпус Нацбанка на 1200 мест с культурным центром и общежитием на 316 мест в г. Пинске, Брестская обл.;
 - здание ГАИ и РОВД Первомайского р-на г. Минска.

Новые разработки

С начала этого года предприятием проработан еще ряд вопросов, которые могут заинтересовать архитекторов и заказчиков. Один из них – производство плитки с пазами в торцах, рассчитанной на использование в системах со скрытым креплением (рис. 1).

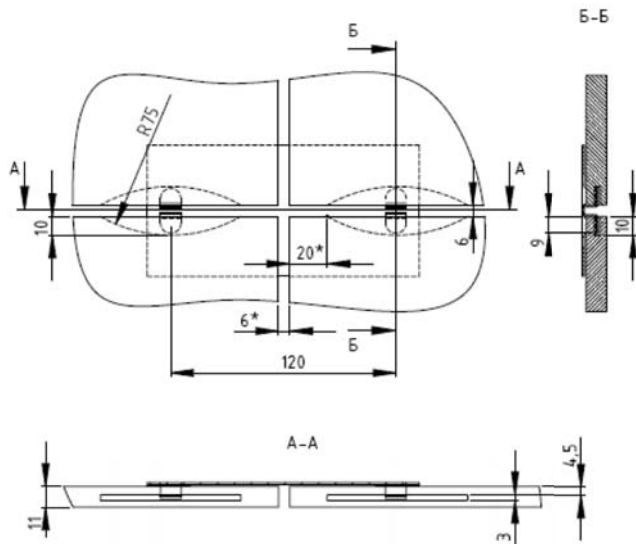


Рис. 1. Схематическое изображение плитки с пазами в торцах

Кроме того, технологическая линия ОАО «Керамин» обеспечивает возможность производства продукции формата 1200x600 мм.

Оба этих продукта предприятие готово освоить в производстве в течение двух месяцев при наличии достаточно крупных заказов.

ЛЕГКИЕ ШТУКАТУРНЫЕ СОСТАВЫ ДЛЯ ОТДЕЛКИ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА ПЛОТНОСТЬЮ 350-400 кг/м³

Урецкая Е.А., канд. хим. наук, зав. отделом РУП «Институт БелНИИС»; **Сажнева Н.Н.**, инженер-технолог РУП «Институт БелНИИС», г. Минск, Республика Беларусь

В настоящее время наблюдается устойчивая тенденция перехода к использованию в наружных ограждающих конструкциях ячеистого бетона пониженной плотности (400 кг/м³ и ниже). Применение указанных изделий позволяет уменьшить толщину стеновой конструкции при неизменной величине теплового сопротивления и, как следствие, снизить нагрузку на фундамент и несущие элементы каркаса здания.

Высокая пористость ячеистого бетона, дающая ему ряд преимуществ перед другими материалами, обуславливает одновременно его повышенную деформативность при эксплуатационных воздействиях, высокую влагоемкость, паро- и газопроницаемость, а также низкую морозостойкость в насыщенном водой состоянии. Поэтому отделка ячеистобетонных изделий необходима не только для получения декоративной поверхности, но и для его защиты от воздействий окружающей среды.

Традиционно считается, что одной из главных причин растрескивания и отслаивания отделочных слоев являются значительные линейные деформации в результате влажностной и карбонизационной усадки ячеистобетонного основания.

Опыт применения отделки стеновых конструкций из ячеистого бетона показывает недостаточную долговечность традиционных цементно-песчаных штукатурок. После нескольких лет эксплуатации штукатурный слой покрывается трещинами и даже отслаивается

от основания, что объясняется повышенными усадочными деформациями ячеистых бетонов при высыхании и различием коэффициентов температурных деформаций плотной штукатурки и основания. Неравноценные деформации из-за суточных, сезонных, годовых колебаний температуры являются одним из факторов потери сцепления штукатурного слоя с ячеистобетонным основанием. Кроме того, применение плотных наружных отделочных слоев способствует накоплению влаги в стенах в процессе эксплуатации и, как следствие, приводим к их преждевременному разрушению, а также появлению грибков и плесени на внутренних поверхностях.

В связи с этим к отделке ячеистобетонных изделий предъявляются повышенные требования по паропроницаемости, прочности сцепления с бетоном, водо- и морозостойкости и долговечности. Кроме того, теплопроводность штукатурного состава должна быть не выше теплопроводности самого стенового материала, а средняя плотность и прочность на сжатие должны быть сопоставимы с вышеуказанными показателями материала основания. Максимально приблизив штукатурный раствор по структуре и средней плотности к основанию из ячеистого бетона, можно прогнозировать и его долговечность.

Для повышения технологических качеств штукатурных смесей, а также для уменьшения расхода вяжущего вещества и, следовательно, для снижения стоимостных показателей в их состав вводились тонкодисперсные минеральные наполнители.

Введение таких наполнителей приводит к стабилизации цементного теста – заполнению пространства между зернами цемента, увеличению числа контактов между ними. При этом возрастают силы сцепления между частицами, что значительно уменьшает возможность расслоения растворной смеси. Кроме того, увеличение интенсивности сил взаимодействия между частицами и повышение плотности упаковки приводит к увеличению способности удерживать воду в цементном тесте.

В качестве тонкодисперсных наполнителей использовались следующие вещества:

- доломитовая мука фракций 0-200 мкм и насыпной плотностью 1200 кг/м³ (ГОСТ 14050-93);
- маршалит – молотый пылевидный кварц фракций 80-100 мкм и насыпной плотностью 1050 кг/м³ (ГОСТ 9077-82);
- карбонат кальция (мел) фракций до 100 мкм и насыпной плотностью 690 кг/м³ (ГОСТ 12085).

Все вышеуказанные материалы не требуют дополнительного измельчения.

В работе использовались образцы ячеистого бетона класса В1,5 плотностью 400 кг/м³ со следующими показателями: коэффициент теплопроводности – 0,13 Вт/м · °С, коэффициент паропроницаемости – 0,23 мг/м·ч·Па. В качестве основного вяжущего использовали портландцемент М500 Д20, $K_{н.г.} = 26,25$. Активность цемента определялась экспериментальным путем и равнялась 45,0 МПа.

Содержание наполнителей в смеси, обеспечивающее получение смешанного вяжущего требуемой активности, ориентировочно определяли из расчетной формулы:

$$D = (1 - R_{нц} / R_{ц}) \times 100,$$

где: D – количество тонкомолотого минерального наполнителя, %;

$R_{нц}$ – активность смешанного вяжущего, МПа;

$R_{ц}$ – активность цемента, МПа.

В настоящей работе изучалось влияние тонкодисперсных наполнителей на водоудерживающую способность смешанного вяжущего, водопотребность и его прочностные характеристики.

Консистенция смеси контролировалась по диаметру расплыва конуса на встряхивающем столике – 160-180 мм.

Установлено, что введение маршалита и доломитовой муки практически не приводит к изменению водопотребности смешанного вяжущего. Для получения такой же консистенции составов с добавками карбоната кальция расход воды повышался, особенно при его максимальном наполнении, при этом наблюдался хороший пластифицирующий эффект.

Увеличение водоудерживающей способности до 92,2% наблюдалось при использовании маршалита и карбоната кальция, а введение доломитовой муки привело к снижению водоудерживающей способности вяжущего.

Исследования прочностных характеристик смешанного вяжущего с различным содержанием тонкодисперсных наполнителей показали, что увеличение их количества выше оптимального приводит к разбавлению цементного камня наполнителем, нарушению непосредственных контактов между гранулами клинкера и уменьшению прочности.

Как видно из рис. 1, при содержании карбонатных наполнителей до 20 масс.% прочность на сжатие практически не изменяется. Увеличение содержания карбоната

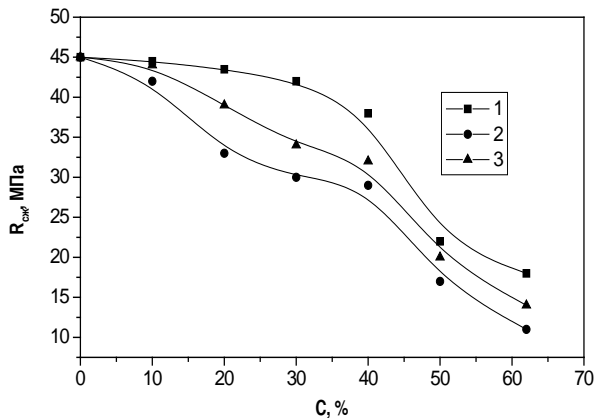


Рис. 1. Зависимость прочности на сжатие смешанного вяжущего от содержания тонкодисперсного наполнителя: 1 – карбонат кальция (мел); 2 – маршаллит; 3 – доломитовая мука

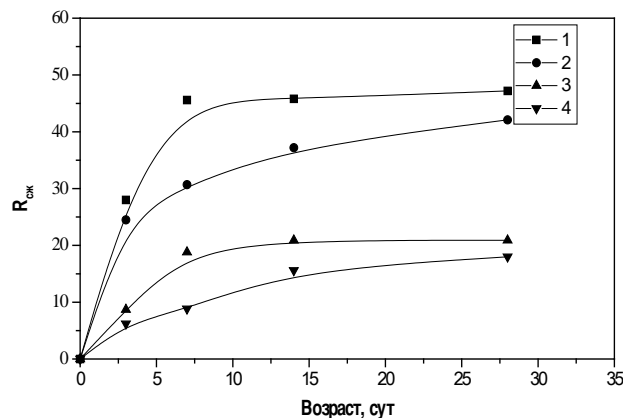


Рис. 2. Зависимость прочности на сжатие $R_{сж}$ смешанного вяжущего от его возраста: 1 – портландцемент марки М500 Д20; 2 – 80% ПЦ, 20% $CaCO_3$; 3 – 50% ПЦ, 50% $CaCO_3$; 4 – 40% ПЦ, 60% $CaCO_3$

кальция в смесях от 20 до 40 масс.% ведет к незначительному уменьшению прочности на сжатие. При повышении содержания в смесях доломитовой муки и маршаллита прочностные характеристики смешанного вяжущего снижаются.

Таким образом, наиболее целесообразно в качестве тонкодисперсного наполнителя использовать карбонат кальция. При этом рост прочностных характеристик смешанного вяжущего с карбонатом кальция стабилизируется в возрасте 14 суток (рис. 2).

Для дальнейших исследований был выбран тонкодисперсный наполнитель – карбонат кальция в количестве 50% от массы цемента, при этом активность смешанного вяжущего составляет порядка 22 МПа.

Для получения растворов, характеризующихся невысокой плотностью и повышенными теплоизолирующими свойствами, использовались следующие пористые заполнители:

- вспученный перлит непрерывного гранулометрического состава марки 100 (ГОСТ 10832-83);
- вспученный вермикулит непрерывного гранулометрического состава марки 150 (ГОСТ 12865-67);
- дробленый газосиликат насыпной плотностью 400-600 кг/м³ (СТБ 1724-2007);
- гранулы вспененного полистирола насыпной плотностью 20-35 кг/м³ (ГОСТ 301-05-202-92Е).

Основные характеристики штукатурных смесей на смешанном вяжущем и легких заполнителях изучались на модельных составах. В частности, рассматривались зависимости плотности, прочности и теплопроводности модульных штукатурных составов от

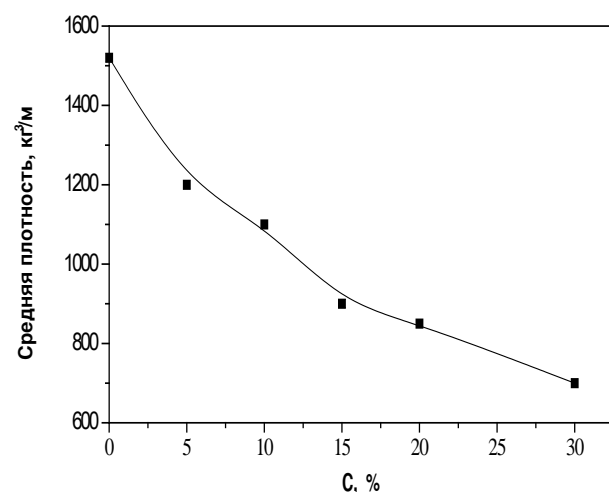


Рис. 3. Зависимость средней плотности модельного штукатурного состава от содержания легкого заполнителя (перлитовый песок)

содержания вышеуказанных заполнителей. Однако в связи с ограниченным объемом статьи графические изображения полученных зависимостей представлены только для составов на вспученном перлите и гранулах вспененного полистирола.

Содержание перлитового песка в разрабатываемых составах варьировалось от 5 до 30%. Как показали исследования, оптимальным является содержание вспученного перлита в количестве 15%. При этом плотность модельного штукатурного состава находится в пределах 920-950 кг/м³ (рис. 3).

Следует отметить, что вспученный перлитовый песок позволяет практически в три раза снизить плотность и теплопроводность штукатурного раствора, то есть значительно улучшить теплозащитные свойства штукатурного состава. Как видно из рис. 4,

Рис. 4. Зависимость теплопроводности штукатурного состава от его средней плотности (легкий заполнитель – перлитовый песок)

коэффициент теплопроводности при оптимальном содержании перлита составляет 0,15 Вт/м °С.

При оптимальном содержании перлитового песка прочность на сжатие составляет 5,5-6,0 МПа, а прочность на растяжение при изгибе – 1,8-2,1 МПа (рис. 5). Коэффициент паропроницаемости при этом составил 0,085 мг/м·ч·Па, а морозостойкость – 35 циклов.

К легким высокоэффективным заполнителям относится вспененный полистирол. Штукатурные растворы на нем отличаются хорошей технологичностью и легкостью нанесения. Установлено, что оптимальным является содержание гранул пенополистирола в количестве 3-4%, при этом плотность имеет значение от 680 до 890 кг/м³ (рис. 6).

Как видно из рис. 7, теплопроводность при указанном содержании пенополистирола равняется 0,12-0,18 Вт/м °С.

Прочностные характеристики модельного штукатурного раствора уменьшаются с увеличением содержания гранул вспененного полистирола (рис. 8). При оптимальном содержании пенополистирола прочность состава при сжатии равняется 4,0-5,0 МПа, а прочность при растяжении при изгибе – 1,0-1,5 МПа. Коэффициент паропроницаемости состава при этом равен 0,056 мг/м·ч·Па, а морозостойкость – 50 циклов.

Содержание отходов ячеистого бетона варьировалось от 25 до 75%. Установлено, что для штукатурных растворов оптимальным содержанием является 35% фракции 0,6-0,8, при этом плотность имеет значение порядка 1300-1350 кг/м³. При оптимальном содержании дробленного газосиликата коэффициент теплопроводности составляет 0,25 Вт/м °С. По этому показателю дробленный газосиликат можно отнести к малоэффективным легким заполнителям.

При содержании дробленного газосиликата 35% прочность на сжатие равняется 2,0-4,0 МПа, а прочность на растяжение при изгибе – 1,0-1,2 МПа. Коэффициент паропроницаемости при этом равен 0,098 мг/м·ч·Па, а морозостойкость покрытия – 35 циклов.

В разрабатываемых модельных штукатурных растворах содержание вспученно-

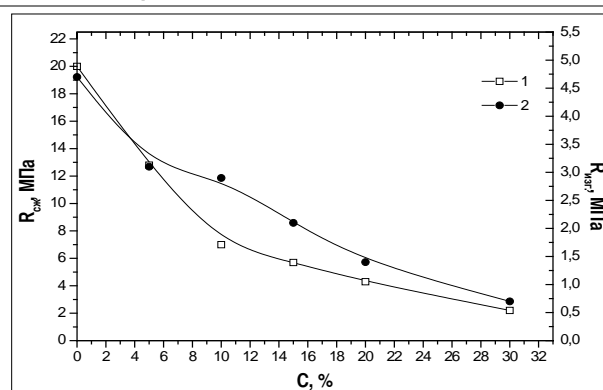
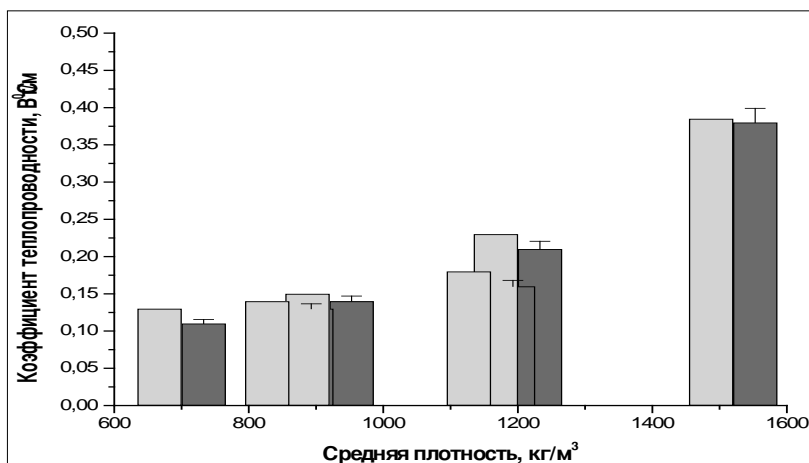


Рис. 5. Зависимость прочности на сжатие (1) и прочности на растяжение при изгибе (2) штукатурного состава от содержания перлитового песка

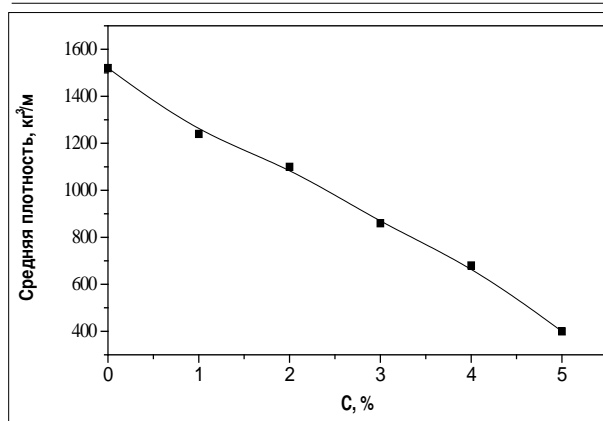
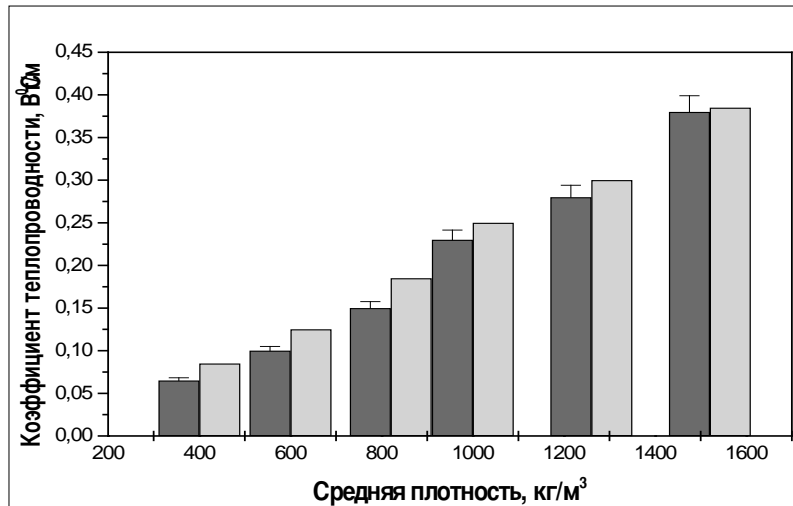


Рис. 6. Зависимость средней плотности модельных штукатурных составов от содержания гранул вспененного полистирола

го вермикулита варьировалось от 1 до 15%. Установлено, что оптимальным является содержание его в количестве 15%, при этом плотность имеет значение порядка 800-820 кг/м³. Коэффициент теплопроводности состава при таком содержании заполнителя составил 0,14 Вт/м °С, прочность на сжатие – 2,0-3,0 МПа, а прочность на растяжение при изгибе – 0,8-1,2 МПа. Коэффициент паропроницаемости составил 0,064 мг/м·ч·Па, а морозостойкость покрытия – 50 циклов.

Рис. 7. Зависимость теплопроводности модельного штукатурного состава от его средней плотности (легкий наполнитель – вспененный полистирол)



Полученные физико-механические и эксплуатационные характеристики разработанных штукатурных составов на легких наполнителях позволяют использовать указанные составы в качестве теплоизоляционного материала отделки ячеистого бетона.

Применение этих материалов позволит достичь следующего:

- снизить расход цемента по сравнению с существующими рецептурами – существенно снизить вес конструкции, а, следовательно – нагрузку на фундамент и несущие элементы каркаса здания, что даст возможность использования облегченного фундамента;
- улучшить теплофизические характеристики ограждающей конструкции, что становится особенно актуальным ввиду постоянно возрастающих цен на энергоносители и в свете реализуемой государственной программы по энергосбережению.

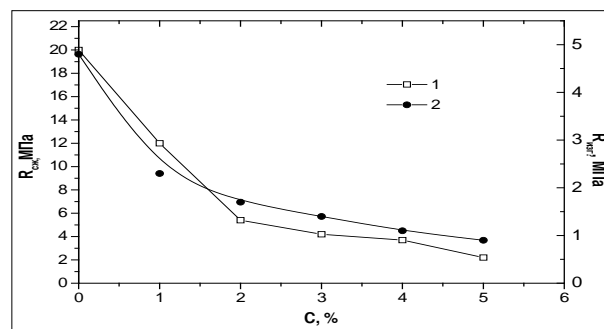


Рис. 8. Зависимость прочности на сжатие (1) и прочности на растяжение при изгибе (2) модельных штукатурных составов от содержания гранул вспененного полистирола

ВЫСЫХАНИЕ НАРУЖНЫХ СТЕН ИЗ АВТОКЛАВНОГО ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА С СИСТЕМОЙ СКРЕПЛЕННОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ

Сеземан Г.В., канд. тех. наук; **Синица М.С.**, доктор тех. наук; ст. н. с. Вильнюсского технического университета им. Гедиминаса, Литва; **Захарченко П.В.**, канд. тех. наук, зав. кафедрой; **Щербина Н.А.**, аспирант; **Пивень Н.Н.**, аспирант, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Украина

В дополнении 2007 г. к Литовскому строительному регламенту утвержденный коэффициент сопротивления теплопередаче наружных стен (не менее 5 м²•К/Вт) является самым высоким показателем среди стран Балтии [2].

Для достижения такого значения при кладке стен из блоков автоклавного ячеистого бетона (AAC) – от англ. Autoclave Cellular Concrete) необходимо дополнительное утепление стен снаружи минераловатными или пенополистирольными плитами [3].

Наиболее часто для этой цели используют пенополистирольный утеплитель EPS-70 [4-5] толщиной 15 см, который в свою очередь снаружи покрывается тонкослойным штукатурным слоем (так называемая система скрепленной теплоизоляции (ССТ) [6].

Несмотря на то что минераловатные плиты имеют по сравнению с пенополистирольным утеплителем ряд преимуществ (негорючесть, повышенные звукоизоляционные свойства и лучшая паропроницаемость), их применение ограничено из-за более высокой стоимости [7].

Согласно современным технологиям производства AAC-блоков изделия с после-автоклавной влажностью 30-35% затариваются влагонепроницаемой термоусадочной пленкой. Поэтому, несмотря на некоторую подсушку изделий на строительных объектах при неблагоприятных погодных условиях, недостаточном принудительном проветривании и быстром монтаже стен с последующим наружным утеплением пенополистирольными плитами, в ячеистобетонных блоках может сохраниться достаточно высокая (до 20-25%) остаточная влажность.

Следует отметить, что в Литве, как и в других странах ЕС, отпускная влажность AAC-изделий не нормируется.

Проведенные ранее многочисленные исследования [3, 8-10] показали, что повышенная влажность AAC-изделий значительно ухудшает их физико-механические и теплотехнические свойства.

В рамках литовско-украинского проекта в области научных исследований и экспериментального развития «Исследование эксплуатационных свойств многослойных ограждающих конструкций из ячеистобетонных блоков с различной влажностью» при финансовой поддержке Research Council of Lithuania также проводились исследования. Их целью стало изучение кинетики высыхания стен, выполненных из влажного AAC-материала, облицованного с наружной стороны пароизоляционным веществом в зависимости от толщины AAC и его плотности.

Образцы ячеистого бетона выбирались из продукции ЗАО «Matuizų dujų silikatas», работающего по технологии «Masa Henke». Размеры образцов: 10×10×10 см, 10×10×15 см и 10×10×20 см; плотность 400, 500 и 600 кг/м³; послеавтоклавная влажность от 33 до 39%.

Образцы вырезались из ячеистобетонных блоков сразу же после их автоклавной обработки и герметически упаковывались. В лабораторных условиях образцы взвешивались, наносился тонкий (~ 5 мм) слой штукатурного раствора для внутренних работ, после чего образцы повторно взвешивались и упаковывались в паронепроницаемую полиэтиленовую пленку толщиной 0,2 мм таким образом, что свободной от пленки оставалась лишь торцевая оштукатуренная поверхность площадью 10×10 см² (рис. 1).



Рис. 1. Образцы AAC, подготовленные для изучения кинетики высыхания



Рис. 2. Климатическая камера с образцами

Образцы устанавливались в климатической камере оштукатуренной поверхностью вверх (рис. 2).

Режим высыхания образцов в камере поддерживался постоянством температуры ($t = 20 \pm 2$) °C и относительной влажности воздуха ($\phi = 45 \pm 5$)%, которую обеспечивал насыщенный раствор карбоната калия, помещенный под образцами в открытом плоском сосуде с площадью испарения 1600 см².

Таким образом, процесс сушки образцов осуществлялся лишь с торцевой открытой поверхности через тонкий слой штукатурки. Изменение массы образцов фиксировалось с периодичностью раз в месяц.

Исследуя процесс высыхания автоклавного ячеистого бетона, нельзя не упомянуть о его сорбционной влажности и паропроницаемости. Многократными исследованиями установлено, что сорбционная (равновесная) влажность ячеистого бетона колеблется от 1% до 6% в зависимости от плотности материала, температуры и относительной влажности воздуха.

Именно в процессе изменения сорбционной влажности и происходит так называемое дыхание ячеистобетонной стены. Это свойство тесно связано

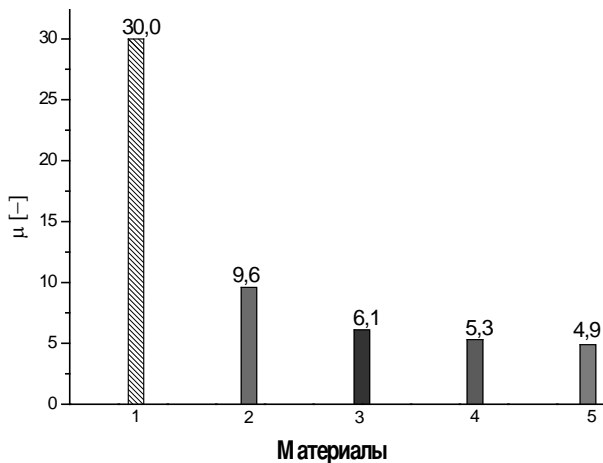


Рис. 3. Факторы паропротivлений материалов, применяемых в многослойной конструкции стены: 1 – пенополистирол EPS70 [4]; 2 – внутренняя штукатурка; 3, 4, 5 – AAC при его плотности кг/м³: 3 – 600, 4 – 500, 5 – 400

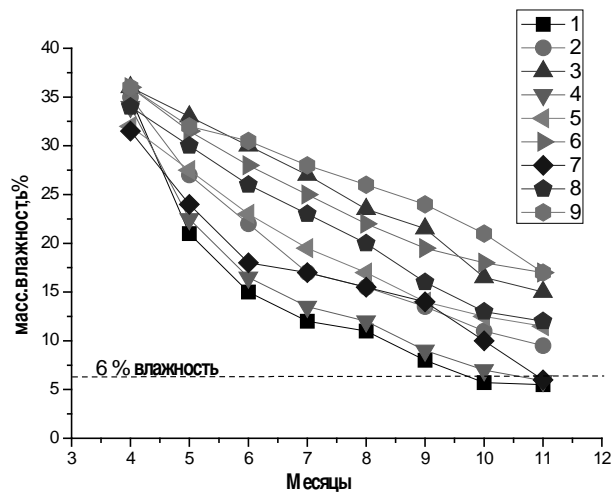


Рис. 4. Кинетика высыхания AAC-образцов ($t = 20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$; $\varphi = 45 \pm 5\%$) при плотности (кг/м³): 1, 2, 3 – 400; 4, 5, 6 – 500; 7, 8, 9 – 600; толщине (см): 1, 4, 7 – 10; 2, 5, 8 – 15; 3, 6, 9 – 20.

с гигроскопичностью материала и его паропроницаемостью. Материалы, входящие в ССТ (AAC, штукатурный слой и пенополистирол), обладают различной паропроницаемостью. Величины их факторов паропротivления (μ) представлены на рис. 3.

Данные рис. 3 свидетельствуют, что паропроницаемость пенополистирола марки EPS70 в среднем в 5,5 раза меньше, чем у ячеистого бетона.

Поскольку в стеновой конструкции толщина внутреннего штукатурного слоя всего лишь 5 мм, а толщина пенополистирола – 150 мм, естественно, что испарение влаги главным образом будет проходить внутрь помещения. Исходя из этих различий и было принято решение упаковать образцы AAC в полиэтиленовую пленку, оставляя открытой лишь одну оштукатуренную торцевую поверх-

ность. Эксперименты подтвердили длительность процесса высыхания образцов [8, 9]. На рис. 4 показана кинетика высыхания образцов в зависимости от их плотности и высоты (толщины стены).

Из данных рис. 4 видно, что за семь месяцев испытаний в климатической камере величины 6% сорбционной влажности достигли лишь образцы толщиной 10 см, в то время как у образцов большей толщины остаточная влажность составляла от 12% до 18%. Также можно заметить, что образцы с меньшей плотностью высыхают несколько быстрее. Это можно объяснить тем, что в менее плотных образцах межпоровые стенки тоньше, и диффузионный процесс миграции влаги через них осуществляется более энергично. Экспериментальный процесс высыхания образцов продолжается и в этом году.

Выводы

Установлено, что ввиду высокого фактора паропротivления (μ) пенополистирольного утеплителя в ССТ стены, основной поток миграции влаги направлен из AAC-блоков внутрь помещения.

Экспериментальные исследования высыхания AAC-образцов в климатической камере ($t = 20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$; $\varphi = 45 \pm 5\%$) показали, что за семь месяцев влажность образцов достигла сорбционной величины только у образцов толщиной 10 см.

Список использованных источников

1. STR 2.05.01:2005 *Pastatų atitvarų žiluminė technika (теплотехника ограждающих конструкций зданий, на лит. яз.)*. – Вильнюс, 2005. – 105 с.

2. Паплавскис Я., Фрош А. *Энергосбережение при проектировании и строительстве малоэтажных домов. Строительство, материаловедение, машиностроение // Теория*

и практика применения ячеистого бетона в строительстве. Сб. научн. тр. Вып. 4. – Днепропетровск, 2009. – С. 81-88.

3. Захарченко П., Щербина Н., Синица М., Сеземан Г., Чеснаускас В. *Изменение влажности стеновых конструкций из ячеистобетонных блоков с системой скрепленной теплоизоляции // Научно-технический сборник «Будівельни*

матеріали, виробу та санітарна техніка». Вып. 32 – 2009. – С. 50-53.

4. EN 13163:2008 Thermal insulation products for buildings – Factory made products of expanded polystyrene (EPS) – Specification, 48 p.

5. ST 12455 5857.01:2005 Atitvarų šiltinimas polistireninių putplasčiu (утепление ограждающих конструкций полистирольным пенопластом, на литов. яз.). – Вильнюс, 2005. – 144 с.

6. STR2.01.10:2007. Išorinių tinkuojamų sudėtinų termoizoliacinių sistemų konstrukciniai sprendimai (конструкционные решения оштукатуриваемых систем скрепленной теплоизоляции, на лит. яз.). – Вильнюс, 2007. – 67 с.

7. Интернет-сайт: <http://www.ceresit-pro.com.ua/technologies/heat-insulation/20080918/>.

8. Шох Т., Рымар З. Исследование эксплуатационной влажности ячеистого бетона // Строительные материалы. – 2006. – Ноябрь. – С. 22-23.

9. Паплавскис Я. Энергосберегающие свойства ячеистого бетона // Науково-технічний збірник «Будівельні матеріали, виробу та санітарна техніка». Вып. 32. – 2009. – С. 88-93.

10. Галкин С.Л. и др. Применение ячеистобетонных изделий. Теория и практика. – Мн.: Стринко, 2006. – 446 с.

СОСТОЯНИЕ БЕЛОРУССКОЙ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ СБЛИЖЕНИЯ С ОБЩЕЕВРОПЕЙСКОЙ

Рыхленок Ю.А., зав. лабораторией ограждающих конструкций «Институт БелНИИС», г. Минск, Республика Беларусь

Ячеистобетонные изделия – наиболее востребованный материал для устройства ограждающих конструкций жилых и общественных зданий в Беларуси. Предприятия республики ежегодно наращивают свои мощности по изготовлению стеновых блоков, которые по-прежнему составляют наибольшую долю в объеме выпуска ячеистобетонных изделий (порядка 99%), а последние годы ознаменовались переходом к выпуску все большего количества армированных изделий. Причиной такого роста производительности явились не только принятые правительством «Основные направления развития материально-технической базы строительства Республики Беларусь на период 1998-2015 гг.», в которых блоки из ячеистого бетона определены основным стеновым материалом, но и законы рынка, по которым на возрастающий спрос производители отвечают предложением.

Немаловажную роль в таком широком распространении ячеистобетонных изделий сыграло наличие и постоянное совершенствование нормативно-технической базы, регламентирующей правила их изготовления и применения.

Основным документом Республики Беларусь в области производства ячеистого бетона является разработанный в 2005 г. СТБ 1570, при разработке которого учтен не только предшествовавший отечественный опыт изготовления

Табл. 1. Нормативные документы, регламентирующие производство ячеистобетонных изделий в Республике Беларусь

СТБ 1570-2005 «Бетоны ячеистые. Технические условия»					
ТКП-5.03-137-2009 «Изделия из ячеистого бетона. Правила изготовления»					
Армированные изделия			Неармированные изделия		
ГОСТ 19570 «Панели из автоклавных ячеистых бетонов для внутренних несущих стен, перегородок и перекрытий жилых и общественных зданий»	СТБ 1185 «Панели стеновые наружные бетонные и железобетонные для зданий и сооружений»	СТБ 1332 «Блоки лотковые и перемычки из ячеистого бетона»	СТБ 1330 «Ступени лестничные из ячеистого бетона»	СТБ 1034 «Плиты теплоизоляционные из ячеистых бетонов»	СТБ 1117 «Блоки из ячеистых бетонов»

Табл. 2. Типовые выпуски документации, регламентирующей производство ячеистобетонных изделий

Обозначение серии	Наименование
Серия Б1.055.1-2.01	«Ступени из ячеистого бетона автоклавного твердения». Выпуск 1. Рабочие чертежи
Серия Б1.038.1-2.02	«Перемычки арочные из ячеистого бетона автоклавного твердения». Выпуск 1. Рабочие чертежи
Серия Б1.043.1-2.08	«Панели перекрытий и покрытий из ячеистого бетона». Выпуск 1. Рабочие чертежи
Серия Б1.038.1-5.08	«Перемычки брусковые из ячеистого бетона автоклавного твердения». Выпуск 1. Материалы для проектирования. Рабочие чертежи
Серия Б1.038.1-6.08	«Блоки лотковые из ячеистого бетона». Выпуск 1. Рабочие чертежи
Серия Б1.038.1-7.09	«Перемычки брусковые из ячеистого бетона автоклавного твердения». Выпуск 1. Материалы для проектирования. Рабочие чертежи

и применения этого материала, но и опыт ведущих европейских стран. Последний из указанных нормативов, введенный в марте текущего года, – ТКП-5.03-137-2009, который устанавливает правила изготовления изделий из ячеистого бетона, заменивший СН 277-80 [3].

РУП «Институт БелНИИС» в тесном сотрудничестве с производителями ячеистобетонных изделий разработал ряд типовых серий рабочих чертежей, по которым заводы выпускают полную номенклатуру изделий из ячеистого бетона, позволяющую использовать их комплексно для возведения жилых и общественных зданий различной этажности, а также для модернизации и реабилитации существующего фонда сооружений. Комплекс типовой документации на текущий период включает следующие выпуски, приведенные в табл. 1 и табл. 2.

Отрадно, что за последние годы путем переоснащения и модернизации производств практически все крупные предприятия республи-

ки постепенно перешли к выпуску ячеистобетонных блоков с повышенной геометрической точностью (I-II категории), позволяющих выполнять кладку на тонкослойных (клеевых) растворах, теплозащитные свойства которой до 15-20% выше, чем у выполняемой на обычных кладочных растворах толщиной 10-12 мм.

Многочисленные экспериментально-теоретические исследования физико-технических характеристик изделий из автоклавного ячеистого бетона и конструкций на их основе, проведенные в РУП «Институт БелНИИС» в период с 1995 г. до настоящего времени, позволили определить основные области их применения в жилищном и гражданском строительстве (рис. 1).

Например, выявлено, что выполнение надстроек с комплексным использованием ячеистобетонных изделий, благодаря их небольшой собственной массе, позволяет увеличить высоту надстройки в 1,5-2 раза по сравнению

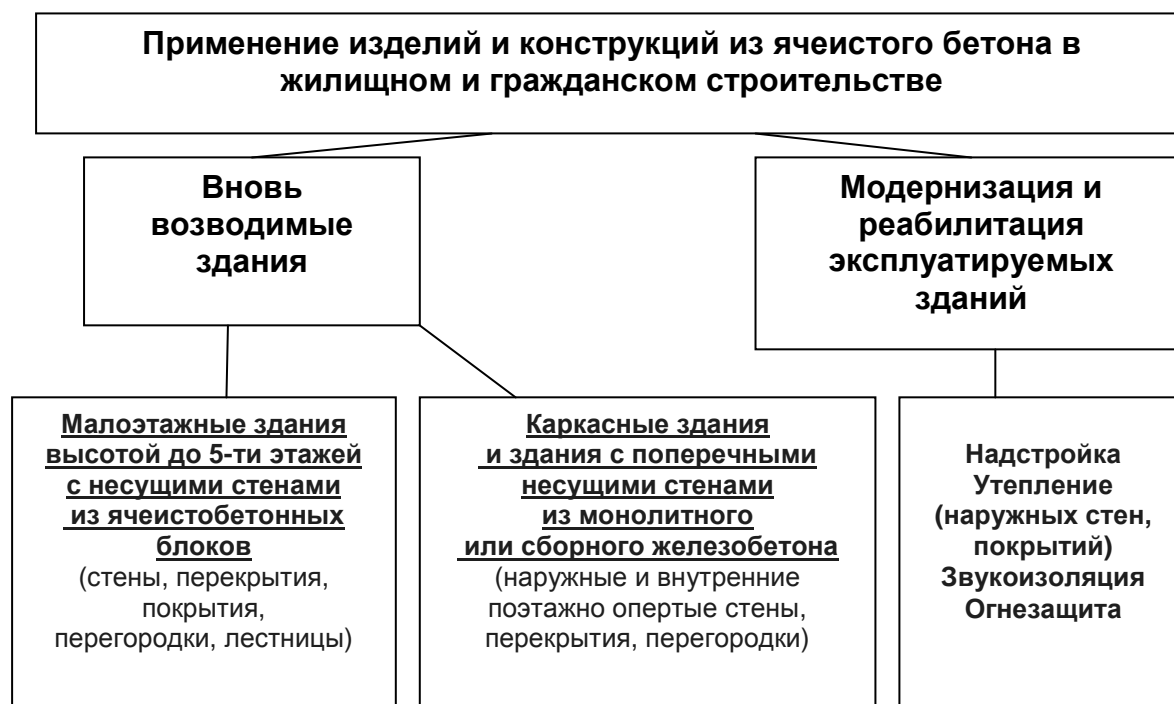


Рис. 1. Области применения изделий из ячеистого бетона

с надстройками, в которых применяют традиционные материалы – кирпич и железобетон, либо позволяет повысить этажность в зданиях, где с использованием традиционных материалов это невозможно.

По поводу утепления существующих зданий ячеистобетонными блоками или плитами можно констатировать, что это достаточно эффективный и недорогой способ тепловой реабилитации зданий не более пяти этажей (высота до 15 м) с наружными стенами из мелкоштучных материалов (кирпич, камни, мелкие блоки), крупных блоков, крупноразмерных панелей, объемных блоков или монолитного бетона. В БелНИИС разработано Пособие П8-04 к СНиП 3.03.01-87 [1], которое определяет нормативные требования к выполнению такого утепления. Наиболее целесообразно для создания подобной тепловой «рубашки» использовать специально выпускаемые для этой цели теплоизоляционные плиты по СТБ 1034, имеющие плотность от 250 кг/м³ и коэффициент теплопроводности в сухом состоянии от $\lambda = 0,09$ Вт/мК.

Здания с несущими стенами из ячеистобетонных блоков, как показали проведенные институтом исследования, целесообразно возводить высотой до пяти этажей, при большей этажности – выполнять с поэтажно опертыми стенами в каркасной системе либо с поперечными несущими стенами из монолитного или сборного железобетона.

Для строительства малоэтажных зданий конструкции из ячеистого бетона являются наиболее удобными и оптимальными с точки зрения экономичности, особенно когда для строительства дома применяют ячеистобетонные изделия в комплексе – не только стеновые и перегородочные материалы, но и перемычки, плиты междуэтажных перекрытий и покрытия, лестницы, то есть весь комплекс выпускаемых изделий для надземной части здания [2].

Современные гидроизоляционные материалы позволяют выполнять из ячеистобетонных блоков даже стены подвала и цокольную часть зданий. В целом удельный расход изделий из автоклавного ячеистого бетона может составить до 95% в конструкции надземной части малоэтажного дома.

При проектировании армированных конструкций и зданий с использованием ячеистобетонных изделий до 2010 г. руководствовались СНиП 2.03.01-84 «Бетонные и железобетонные конструкции». С начала текущего года введен в действие ТКП EN 1992-1-1-2009 (02250). Еврокод 2. «Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий». Сопутствующим

документом является введенный СТБ EN 845-2-2007 «Изделия для каменной кладки. Часть 2. Перемычки».

В помощь проектировщикам, разрабатывающим документацию на строительство малоэтажных зданий с использованием ячеистобетонных изделий, БелНИИС разработал типовую серию рабочих чертежей Б2.000-3.07 «Узлы и детали сопряжений конструктивных элементов зданий с комплексным применением ячеистого бетона». Выпуск 0. Материалы для проектирования.

С развитием каркасного метода строительства гражданских, прежде всего жилых зданий, ячеистый бетон в конструкциях наружных стен явился тем материалом, который позволяет создавать их архитектурную выразительность, высокие потребительские качества помещений и конкурентоспособность домов по сравнению с традиционными решениями. Применение ячеистого бетона при строительстве таких зданий позволяет успешно решать проблему сокращения энергопотребления на отопление, снижает нагрузки на фундаменты и основания, тем самым способствуя сокращению стоимости строительства.

Опыт возведения многоэтажных каркасных зданий с поэтажно опертыми наружными стенами и внутренними перегородками, выполняемых кладкой из ячеистобетонных блоков, использован в БелНИИС при разработке альбомов рабочих чертежей узлов и деталей стен жилых и общественных зданий из ячеистобетонных блоков с каркасной и стеновой конструктивной системой (шифр 208/1п-09, 28/3.1п-07), разработанных по заказам ОАО «Красносельскстройматериалы» и института Гродногражданпроект.

В текущем году планируется введение типовой серии рабочих чертежей узлов и деталей поэтажно опертых энергоэффективных стен из современных стеновых мелкоштучных материалов, в состав которой будут включены конструкции из ячеистого бетона.

По аналогии с нормами, действующими в странах Евросоюза для автоклавного ячеистого бетона, в ближайшем будущем должны быть установлены свои нормативные требования для защитно-отделочных покрытий. Эту работу планируется выполнить в рамках разработки «Рекомендаций по устройству поэтажно опертых стен и перегородок из мелкоштучных стеновых материалов» в развитие СТБ 1307-2002 «Смеси растворные и растворы строительные. Технические условия» и П1-03 к СНиП 3.04.01-87 «Смеси растворные и растворы строительные. Приготовление и применение». Срок окончания работы – середина 2010 г.

Как свидетельствует многолетний опыт, использование ячеистобетонных изделий позволяет быстро и эффективно решать проблемы жилищного строительства, особенно в условиях дефицита финансовых и энергетических ресурсов. Именно вышеуказанное обстоятельство способствует массовому использованию ячеистобетонных конструкций в малоэтажном

жилищном строительстве и все более широкому применению при строительстве многоэтажных зданий и объектов гражданского назначения. Однако, как и при применении других материалов, использование ячеистобетонных изделий требует соблюдения ряда правил и профессионального подхода. Только при таких условиях можно добиться оптимального результата.

Список использованных источников

1. П8-04 к СНиП 3.03.01-87. «Проектирование и устройство тепловой изоляции наружных стен зданий и сооружений с применением изделий из ячеистого бетона». – Мн.: МАиС., 2005. – 50 с.
2. Галкин С.Л., Сажнев Н.П., Сажнев Н.Н., Соколовский Л.В. Применение ячеистобетонных изделий. Теория и практика. – Мн.: НП ООО «Стринко», 2004. – 448 с.
3. СН 277-80 «Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона (Госстрой СССР)». – М.: Стройиздат, 1981. – 47 с.

НАВЕСНЫЕ (ВЕНТИЛИРУЕМЫЕ) ФАСАДЫ В КАРКАСНЫХ СИСТЕМАХ С НАРУЖНЫМИ ПОЭТАЖНО ОПЕРТЫМИ СТЕНАМИ ИЗ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

Протасевич А.М., канд. тех. наук, доцент БНТУ; **Крутилин А.Б.**, н. с. РУП «Институт БелНИИС», г. Минск, Республика Беларусь

Введение

Для повышения теплозащитных качеств наружных стен эксплуатируемых и вновь строящихся зданий в Республике Беларусь широко применяется их наружная теплоизоляция с использованием как мокрых, так и сухих технологий.

Преобладающей технологией ведения работ на настоящий момент являются мокрые способы теплоизоляции с легкими штукатурными системами как наиболее дешевые. Основным недостатком указанных систем – недостаточная долговечность наружного укрывного штукатурного слоя [1-3].

Более долговечна в эксплуатации теплоизоляция стен зданий, выполненная по сухой технологии, и в частности с вентилируемыми воздушными прослойками – вентилируемый фасад. Особенность данных способов утепления состоит в укрытии слоя теплоизоляции облицовочными экранами, защищающими ее от внешних атмосферных воздействий. Панели экрана размещаются на некотором расстоянии от теплоизоляции и образуют вентилируемую воздушную прослойку (далее ВВП).

Актуальной задачей является использование защитных экранов с ВВП в наружных стенах, материалы которых имеют повышенную (выше показателя максимального сорбционного увлажнения) влажность. К таким стенам относятся поэтажно опертые стены, выполненные кладкой из ячеистобетонных блоков. Как правило, в процессе возведения кладка из ячеистого бетона имеет повышенную влажность. Устройство наружной штукатурки не позволяет обеспечить быструю сушку таких стен, более того, в ряде случаев за счет движения жидкой влаги из толщи кладки к наружной штукатурке происходит ее разрушение.

Исследованиям теплотехнических особенностей ВВП и их влиянию на тепловлажностный режим наружных стен посвящен ряд работ [4-8]. В указанных статьях решались частные вопросы, связанные с нормализацией тепловлажностного режима ограждающих конструкций, защиты их от перегрева и т.д. Результаты исследований позволили решить ряд проблем проектирования теплоизоляции с ВВП, но они не дали ответа на вопрос о влиянии взаимосвязанных процессов переноса теплоты, влаги и воздуха на тепловлажностный режим системы «наружная стена + вентилируемый фасад». Решение указанной задачи принято выполнять с использованием математического моделирования.

Методика тепловлажностного расчета

Схема переноса теплоты и влаги, положенная в основу решения задачи, представлена на рис. 1. Принято считать, что поступление влаги в ВВП происходит в парообразной фазе за счет разности парциальных давлений водяного пара. Водяной пар, поступивший в ВВП, ассимилируется потоком воздуха, движущимся в прослойке. При влажности в толще стен выше максимальной сорбционной предполагается дополнительное движение влаги за счет механизмов влагопроводности и термовлагопроводности.

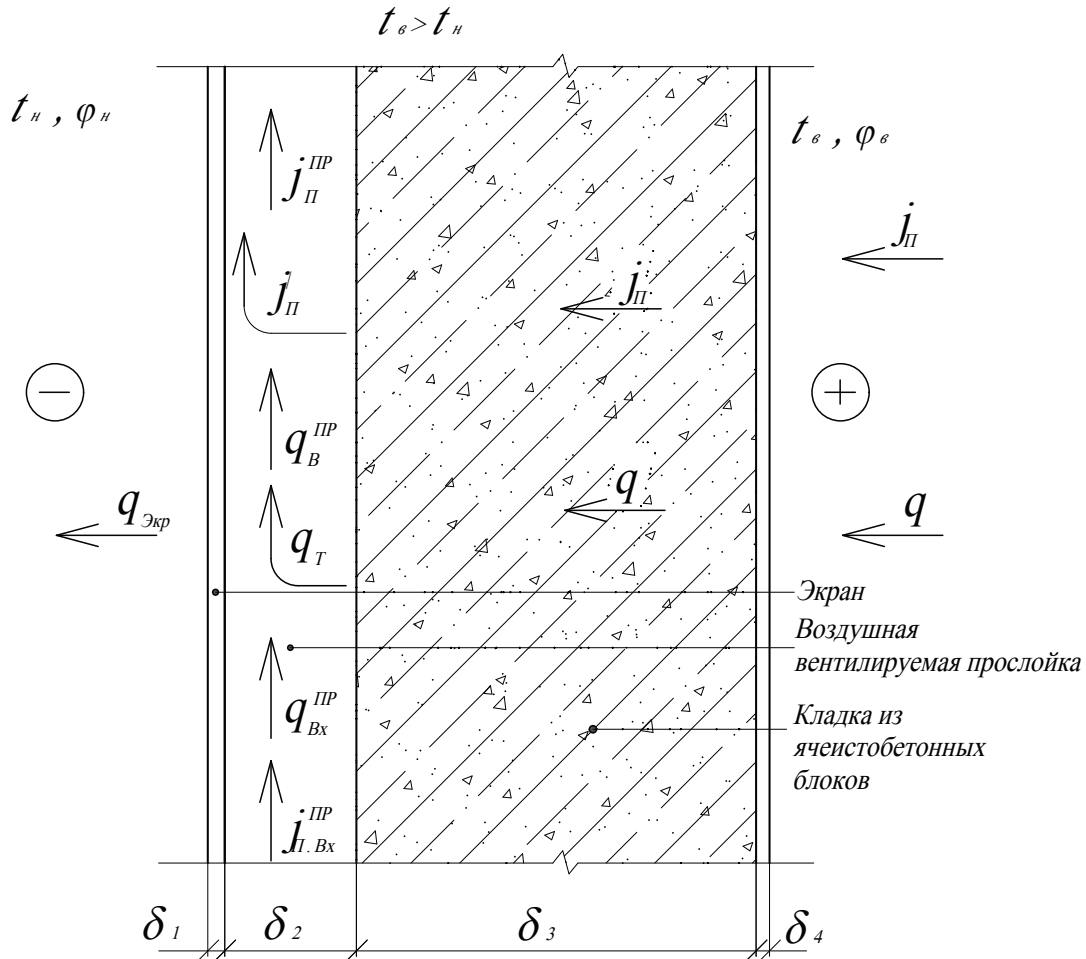


Рис. 1. Схема переноса теплоты и массы через наружную стену с ВВП:
 q – удельный тепловой поток, j_P – удельный поток пара

$$j_P^{PP} = j_{P.Bx}^{PP} + j_P^i; \quad q_B^{PP} = q_T + q_{Bx}^{PP}$$

Представленная одномерная задача переноса при граничных условиях III-рода описывается системой уравнений:

$$c_M \cdot \rho \frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda(x, \tau) \frac{\partial t}{\partial x} \right), \quad (1)$$

$$\frac{\xi \cdot \rho}{E} \cdot \frac{\partial e}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu(x, \tau) \frac{\partial e}{\partial x} \right), \quad (2)$$

с граничными условиями:

$$\alpha_e (t_e(\tau) - t_{B_Пов}(\tau)) = \lambda \frac{\partial t}{\partial x}_{x=0}, \quad (3)$$

$$\beta_e (e_e(\tau) - e_{B_Пов}(\tau)) = \mu \frac{\partial e}{\partial x}_{x=0}, \quad (5)$$

$$\alpha_{e.n.} (t_n(\tau) - t_{H_Пов}(\tau)) = \lambda \frac{\partial t}{\partial x}_{x=n}, \quad (4)$$

$$\beta_{e.n.} (e_n(\tau) - e_{H_Пов}(\tau)) = \mu \frac{\partial e}{\partial x}_{x=n}. \quad (6)$$

Система уравнений «1-6» дополнена уравнением баланса переноса теплоты и массы в ВВП:

$$0,28 \cdot c_B \cdot \overline{\rho_{в.н.}} \cdot L dt = \overline{\alpha_{Т.П.}} (\overline{\tau_T} - t_{в.н.}^h) dh - \overline{\alpha_{Х.П.}} (t_{в.н.}^h - \overline{\tau_X}) dh, \quad (7)$$

$$\overline{\rho_{в.н.}} \cdot L \cdot 1,5526 de = \beta_{В.П.} (\overline{e_T} - e_{в.н.}^h) dh, \quad (8)$$

где: c_M – теплоемкость единицы массы материала, Дж/(кг·°С);

$c_в$ – теплоемкость воздуха, Дж/(кг·°С);

ρ – плотность материала, кг/м³;

λ – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м·°С);

ξ – относительная пароемкость материала, мг/кг;

ρ – плотность материала, кг/м³;

μ – коэффициент паропроницаемости материала, мг/(м·ч·Па);

E – максимальное парциальное давление водяного пара при данной температуре воздуха, Па;

e – парциальное давление водяного пара, Па;

$\alpha_{В.П.}, \alpha_{Х.П.}$ – средние на участке dh прослойки коэффициенты тепловосприятости и теплоотдачи поверхностей, Вт/(м²·°С);

$\overline{\tau_T}, \overline{\tau_X}$ – средние, за выбранный по высоте прослойки отрезок dh , температуры на теплой и холодной поверхностях в ВВП, °С;

$\overline{e_D}$ – среднее, за выбранный по высоте прослойки отрезок dh , парциальное давление на теплой поверхности в ВВП, °С;

$\beta_{в}, \beta_{в.н.}$ – коэффициенты массообмена внутренней поверхности и поверхности стены с воздухом ВВП соответственно, мг/(м²·ч·Па);

$\alpha_{в.н.}$ – коэффициент теплообмена внутренней поверхности стены, Вт/(м²·°С);

$t_{в.н.}^h$ – температура воздуха в ВВП на высоте h , от входного отверстия, °С;

$e_{в.н.}^h$ – парциальное давление воздуха в ВВП на высоте h , от входного отверстия, °С;

L – объем воздуха, проходящего через ВВП, м³/ч.

Начальное распределение температуры и парциального давления принимаются в виде известных функций [7, 8].

Интегрирование уравнения (7) и решение его относительно $t_{в.н.}^h$ дает зависимость:

$$t_{в.н.}^{вых} = t_h - (t_h - t_n) \cdot \exp\left(-\frac{h \cdot b \cdot (\overline{\alpha_{Т.П.}^K} + \overline{\alpha_{Х.П.}^K})}{0,28 \cdot c_B \cdot \overline{\rho_{в.н.}} \cdot L}\right), \quad (9)$$

где: $t_h = \frac{t_в \cdot R_{нар} + t_n \cdot R_{вн}}{R_{нар} + R_{вн}}, \text{ } ^\circ\text{C};$

$t_{вх}, t_n, t_в$ – температуры воздуха, соответственно, входящего в прослойку, наружного и внутреннего, °С;
 $R_{нар}, R_{вн}$ – сопротивление теплопередачи наружной и внутренней частей вентилируемого фасада, м²·°С/Вт.

Интегрирование уравнения (8) и решение его относительно $t_{в.н.}^h$ получено в виде:

$$e_{в.н.}^{вых} = \overline{e_T} - (\overline{e_T} - e_n) \cdot \exp\left(-\frac{h \cdot \beta_{В.П.}}{\overline{\rho_{в.н.}} \cdot L \cdot 1,5526}\right). \quad (10)$$

Для расчета конвективной составляющей коэффициентов тепловосприятости и теплоотдачи с холодной и теплой поверхностей ВВП используется критериальное уравнение свободной конвекции для турбулентного движения воздуха вдоль вертикальной стенки [11]:

$$Nu_{лжс} = 0,15 (Gr_{лжс} \cdot Pr_{жс})^{0,33}, \quad (11)$$

где $Nu_{лжс}, Gr_{лжс}$ и $Pr_{лжс}$ – критерии, соответственно, Нуссельта, Гразгофа и Прандтля.

Средняя температура воздуха по высоте ВВП определяется интегрированием уравнения (9):

$$t_{в.н.}^{cp} = t_h - \frac{(t_h - t_n) \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{h \cdot b \cdot (\alpha_{Т.П.}^K + \alpha_{Х.П.}^K)}{0,28 \cdot c_B \cdot \rho_{в.н.} \cdot L}\right) \right]}{h \cdot \frac{b \cdot (\alpha_{Т.П.}^K + \alpha_{Х.П.}^K)}{0,28 \cdot c_B \cdot \rho_{в.н.} \cdot L}}. \quad (12)$$

Среднее парциальное давление воздуха по высоте ВВП определяется интегрированием уравнения (10):

$$e_{в.н.}^{cp} = \bar{e}_T - \frac{(\bar{e}_T - e_H) \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{h \cdot \beta_{В.П.}}{\rho_{в.н.} \cdot L \cdot 1,5526}\right) \right)}{\frac{h \cdot \beta_{В.П.}}{\rho_{в.н.} \cdot L \cdot 1,5526}}. \quad (13)$$

Нахождение скорости воздуха выполняется для условий движения его в ВВП за счет гравитационного давления:

$$\Delta P_{ГП} = 9,81 \cdot h \cdot (\rho_{вх} - \bar{\rho}_{в.н.}). \quad (14)$$

Потери давления при движении воздуха в прослойке определяются как:

$$\sum \Delta P_{mp} = R_h + \sum_{i=1}^n \xi_i \cdot \frac{\rho \cdot v_{np}^2}{2}, \quad (15)$$

где: v_{np} – скорость движения воздуха в прослойке, м/с;

R_h – потери давления на трение по высоте прослойки, $R_h = R_l \cdot h$, Па;

R_l – удельные потери на трение, Па;

$\sum \xi_i$ – сумма местных сопротивлений.

Расход воздуха через ВВП определяется по формуле:

$$L = 3600 \cdot v \cdot F_{сеч}. \quad (16)$$

Количество водяного пара, ассимилируемого движущимся воздухом через воздушную вентилируемую прослойку, рассчитывается по формуле:

$$J_{П_уд} = L \cdot (d_{вых} - d_{вх}) \cdot \rho_{cp} \cdot 1000 \cdot \Delta Z, \quad (17)$$

где: $d_{вых}$ – влагосодержание воздуха на выходе из прослойки, г/кг с.в.;

$d_{вх}$ – влагосодержание воздуха на входе в прослойку, г/кг с.в.

Поток водяного пара, диффундирующего в вентилируемую прослойку, определяется как:

$$J_{П_np} = \beta_{в.н.} \cdot (e_n^{Z+1} - \bar{e}_{в.н.}^{Z+1}) \cdot h \cdot b \cdot \Delta Z, \quad (18)$$

где: $\beta_{в.н.}$ – коэффициент массообмена поверхности стены с воздухом ВВП, мг/(м²·ч·Па);

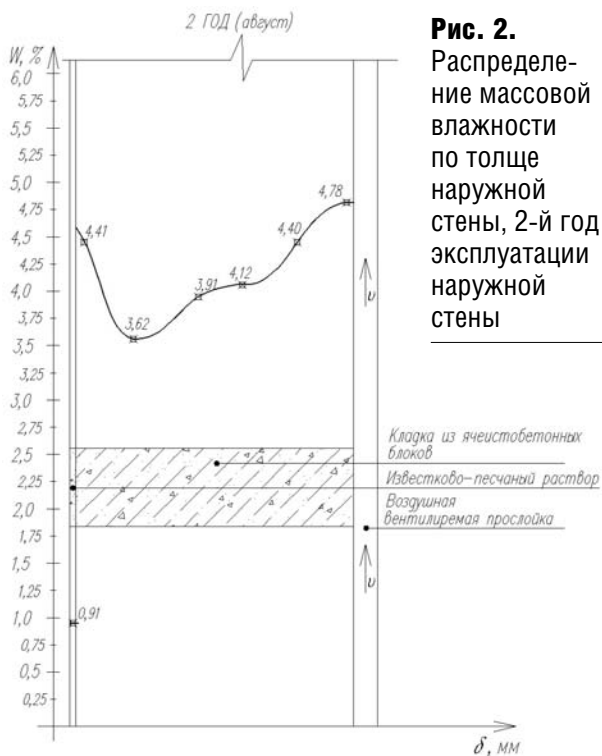
h – высота вентилируемой прослойки от входного отверстия до выходного, м;

b – ширина участка прослойки, м.

Для исследований тепловлажностного режима «вентилируемых фасадов» по вышеизложенной методике составлена программа на языке программирования Object Pascal. Программа позволяет производить расчеты для различных конструкций наружных стен с ВВП и климатических данных, в том числе в многолетнем режиме эксплуатации.

Пример расчета

Пример расчета влажностного режима наружной стены здания, выполненного кладкой из ячеистобетонных блоков на клеевом растворе с внутренней известково-песчаной штукатуркой и наружной фасадной системой, в четырехгодичном цикле эксплуатации представлен на рис. 2.



Начальное распределение влаги по толщине конструкции принято на основании тепло-влажностного расчета в соответствии с [12] для климатических параметров июля (1-й год эксплуатации). Слой ячеистого бетона ($\rho = 500 \text{ кг/м}^3$) толщиной $\delta = 500 \text{ мм}$ имеет начальную массовую влажность $W_1 = 20\%$ по массе, слой известково-песчаного раствора ($\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$) толщиной $\delta_2 = 10 \text{ мм}$ – $W_2 = 4\%$.

Климатические параметры наружного воздуха в многолетнем цикле эксплуатации принимались помесечно, как средние величины, по [13].

Результаты расчета указывают на изменение характера распределения влаги по сечению стены в зависимости от поры года и продолжительности эксплуатации. При этом наблюдается определенная цикличность, связанная с наружными климатическими условиями «зима – лето». Массовая влажность материалов изменяется как по величине, так и по характеру распределения по сечению отдельных слоев, что вызвано их физическими особенностями и условиями подвода и отвода теплоты и массы на внутренней поверхности стены и поверхности вентилируемой прослойки.

В начальный период сушки массовая влажность ячеистого бетона резко снижается и за лето первого года эксплуатации достигает $\approx 14\%$ по массе. В зимний период года снижение массовой влажности не так существенно. Квазистационарный режим наружной стены наступает на 3-й год эксплуатации (рис. 3).



Массовые влажности материалов слоев находятся в зоне сорбционного увлажнения материалов.

Распределение влажности материалов по толщине стены после отопительного периода (4-й год эксплуатации) показано на рис. 4. Влажность ячеистого бетона увеличивается к наружной поверхности и не превышает $W = 6\%$ по массе.

Заключение

1. Предложена математическая модель переноса теплоты и влаги для стен с наружной теплоизоляцией вентилируемый фасад. Составлена компьютерная программа, позволяющая производить расчеты тепловлажностного режима теплоизолированных стен вентилируемый фасад.

2. На примере расчета ячеистобетонной наружной стены с фасадной системой установлено, что наружная стена по распределению массовой влажности на 3-й год эксплуатации

выходит на квазистационарный режим с сохранением поля влажности для каждого расчетного периода. Массовые влажности материалов слоев в процессе эксплуатации ограждения снижаются вследствие отсутствия накопления влаги в конструкции.

3. Устройство системы утепления вентилируемый фасад улучшает влажностный режим конструкций, снижает массовые влажности материалов слоев и обеспечивает их эксплуатацию в зоне сорбционного увлажнения, что позволяет обеспечивать высокие теплотехнические характеристики наружных стен в целом.

Список использованных источников

1. Лобов О.И., Ананьев А.И. Физические основы проектирования фасадных систем зданий // *Материалы научно-технической конференции «Современные фасадные системы: эффективность и долговечность»*. М.: МГСУ, 2008. – С. 66-80.

2. Гагарин В.Г. Теплоизоляционные фасады с тонким штукатурным слоем. Температурно-влажностные воздействия и долговечность систем теплоизоляционных фасадов с тонким штукатурным слоем. АВОК, 2007. – № 6. – С. 82-90.

3. Гагарин В.Г. Теплоизоляционные фасады с тонким штукатурным слоем. АВОК, 2007. – № 7. – С. 66-74.

4. Хомутов А.Ф. Теплоизоляционные свойства наружных ограждений комплексного типа с применением монопанелей // *Диссертация на соискание степени канд. техн. наук*. – М., 1981.

5. Козлов В.А. Наружные ограждающие конструкции зданий с повышенной влажностью воздуха внутри помещений // *Автореферат диссертации*. – М., 1997. – С. 34.

6. Лукьянов В.И. Метод расчета влажностного состояния наружных ограждений с вентилируемой воздушной прослойкой для производственных зда-

ний // *Сборник «Теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий»*. – М., 1980. – С. 84-93.

7. Богословский В.Н. Строительная теплотехника. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 415.

8. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. – М., Стройиздат, 1973. – С. 287.

9. Протасевич А.М., Крутилин А.Б. Тепловой режим вентилируемых воздушных прослоек фасадных систем // *Жилищное строительство*. – 2007. – № 6. – С. 13-15.

10. Протасевич А.М., Крутилин А.Б. *Натурные исследования наружных стен зданий, теплоизолированных по системе «вентилируемый фасад» // *Материалы научно-технической конференции «Современные фасадные системы: эффективность и долговечность»*. – М.: МГСУ, 2008. – С. 212-217.*

11. Михеев М.А., Михеева И.М. *Основы теплопередачи*. – М.: Энергия, 1977. – С. 344.

12. ТКП 45-2.04-43-2006 «*Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования*». – Мн., 2007.

13. СНБ 2.04.02-2000 «*Строительная климатология*». – Мн., 2001.

ИСПЫТАНИЯ В КЛИМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРЕ И НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ ОГРАЖДАЮЩЕЙ СТЕНОВОЙ КОНСТРУКЦИИ С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ ЕЕ СРОКА СЛУЖБЫ ДО КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА

Горшков А.С., канд. тех. наук, докторант Санкт-Петербургского государственного политехнического университета

В данной работе представлены результаты многолетних лабораторных испытаний в климатической камере, а также натуральных исследований в реальных условиях эксплуатации варианта ограждающей стеновой конструкции, состоящей из газобетона с облицовочным слоем из лицевого кирпича.

Объектом исследования является стеновая конструкция, состоящая из внутреннего слоя, сложенного из газобетонных блоков автоклавного твердения марки по плотности D500 (толщиной 400 мм), облицованных снаружи силикатным одинарным пустотелым лицевым кирпичом марки M150 (в полкирпича). Слои скреплены между собой посредством гибких металлических связей (в соответствии

с требованиями [1]). Суммарная толщина конструкции с учетом внутреннего штукатурного покрытия составляет 560 мм. Схематичное изображение разреза испытываемой конструкции стены показано на рис. 1.

Фрагменты стеновых конструкций изготавливаются в виде прямоугольных параллелепипедов, при этом их размеры (длина и ширина) в соответствии с требованиями ГОСТ 26254 [2] не менее чем в четыре раза превышают их толщину, составляя не менее 1500-1000 мм.

Испытания проводятся в климатической камере (фото 1, рис. 2), состоящей из двух отсеков – теплого и холодного, в которых имитируются, соответственно, температурно-влажностные условия помещений квартиры и улицы в наиболее неблагоприятный (с точки зрения эксплуатационных воздействий) период года.

Испытания проводятся по методике выполнения измерений МВИ 23-5117-2005 «Ограждающие стеновые конструкции. Метод определения сопротивления климатическим воздействиям и оценка долговечности при ускоренных испытаниях», аттестованной во ФГУП «ВНИИФТРИ».

Предлагаемая методика проведения испытаний на долговечность [3] базируется на интегральном механизме накопления повреждений. В основе методики лежит модель, согласно которой эксплуатационный срок службы (долговечность) испытываемой стеновой конструкции зависит от интенсивности, амплитуды и времени воздействия на конструкцию знакопеременных температурных колебаний наружного воздуха. Однако в отличие от распространенных методик оценки морозостойкости различных строительных материалов (ГОСТ 10060.0-4, ГОСТ 31359 и др.) данная методика учитывает кон-



Фото 1. Климатическая камера

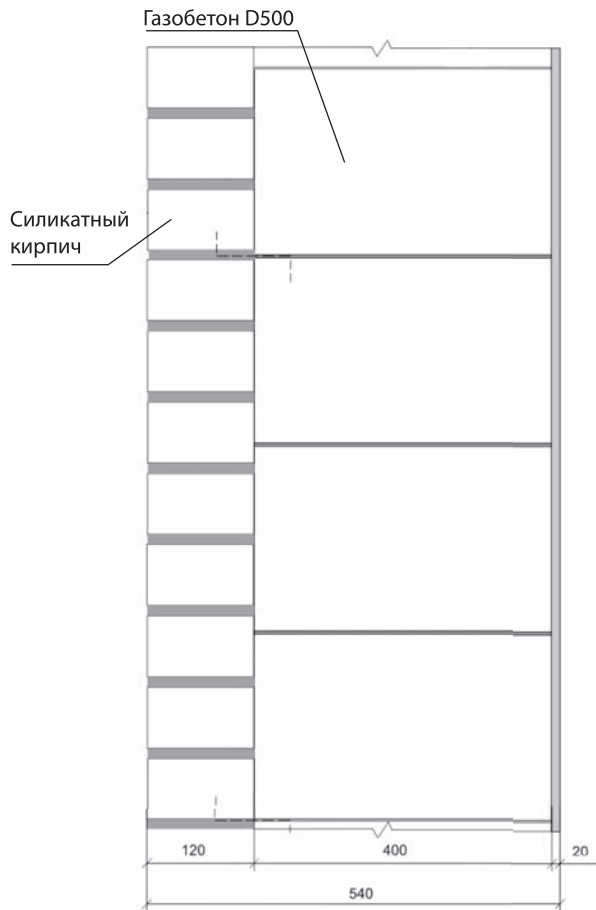


Рис. 1. Схематичное изображение испытываемой стеновой конструкции

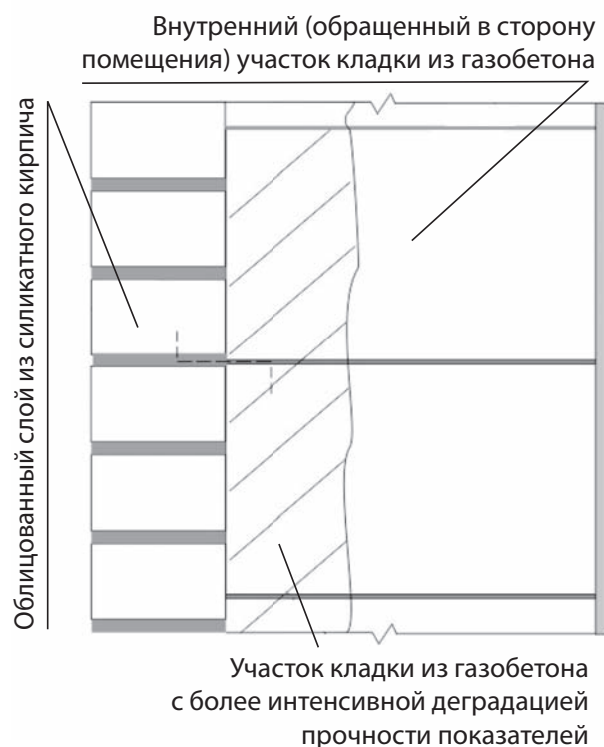


Рис. 2. Схема разрушения испытываемой стеновой конструкции

кретные параметры климатической активности выбранного региона, а также более точно моделирует процессы воздействия внешних и внутренних параметров окружающей среды на материал стены. При испытании на морозостойкость материал обычно подвергается объемному замораживанию, а в процессе испытания в климатической камере – одностороннему, то есть так же, как и в реальных условиях эксплуатации, что более объективно отражает процессы разрушения материалов в результате изменения фазового состояния накопленной в них влаги.

Для повышения достоверности результатов испытаний одновременно испытываются два фрагмента стеновой конструкции: один –



Фото 2. Фрагмент стеновой конструкции для испытаний в натуральных условиях

в лабораторных условиях, другой – в натуральных. С этой целью фрагмент стеновой конструкции, аналогичный испытываемому в лабораторных условиях, размещается в проеме существующего здания (фото 2).

В течение всего периода испытаний на натурном фрагменте в различные сезоны года исследуются процессы распределения влажности и температуры по его толщине. Полученные на основании натурных исследований данные используются в том числе для корректировки лабораторных испытаний.

Климатические и техногенные воздействия моделируются в лабораторных условиях путем проведения следующих видов испытаний:

- попеременное дождевание-высушивание, в том числе в агрессивной среде, характерной для воздушной среды Санкт-Петербурга;
- попеременное охлаждение-нагревание, моделирующее влияние на строительные конструкции суточных и сезонных колебаний температуры воздуха в кратковременные периоды времени года – заморозков в осенний период и оттепелей в весенне-зимний период;

- глубокое замораживание-оттаивание, моделирующее влияние на строительные конструкции самых низких отрицательных температур окружающего воздуха, характерных для выбранного региона строительства (в данном случае, для климатических условий Северо-Запада).

Для составления программы испытаний стеновой конструкции на долговечность были использованы результаты обработки метеорологических данных климатической активности в Санкт-Петербурге за последние 15 лет, собранные в Главной Геофизической Обсерватории им. Воейкова А.И.

Эксплуатационными (контролируемыми в процессе проведения испытаний) параметрами испытываемой стеновой конструкции являются основные факторы, обеспечивающие безопасность и следующие комфортные условия проживания.

Прочность

В процессе проведения циклических испытаний прочность определяется отдельно для каждого слоя стеновой конструкции с использованием неразрушающих методов контроля. Метод ударного импульса (фото 3) – для облицовочного слоя из силикатного кирпича. Метод вырывания анкерного устройства – для газобетонной части стеновой конструкции. Кроме того, малоформатные фрагменты стеновой конструкции испытываются на прессе до разрушения.



Фото 3. Испытания на прочность методом ударного импульса

Табл. 1. Результаты испытаний

№ п/п	Испытываемая конструкция (или ее часть, фрагмент)	Параметр, по которому производилась оценка долговечности	Приближенная оценка эксплуатационного срока службы (до первого капремонта) стеновой конструкции в условных годах эксплуатации (УГЭ)
1.	Стеновая конструкция (в целом)	Сопротивление теплопередаче, R	> 100 лет
2.	Наружный облицовочный слой из силикатного кирпича	Прочность (методом ударного импульса)	87 лет
3.	Кладка из газобетона (часть кладки, обращенной в сторону внутреннего помещения) $\approx 2/3$ толщины	Прочность (методом вырывания анкерного устройства)	> 100 лет
4.	Кладка из газобетона (часть кладки в месте примыкания ее к наружному облицовочному слою) $\approx 1/3$ толщины	Прочность (методом вырывания анкерного устройства)	60 лет
5.	Стеновая конструкция (в целом)	Прочность (при испытаниях на прессе)	Достоверность результатов недостаточна для оценки долговечности с требуемой надежностью

Сопротивление теплопередаче

Сопротивление теплопередаче определяется после каждого цикла испытаний, соответствующего определенному периоду эксплуатации испытываемой конструкции.

Численные значения эксплуатационных параметров (прочности, сопротивления теплопередаче) определяются до начала проведения испытаний, а также после заданного количества циклических климатических воздействий, соответствующих определенному количеству лет эксплуатации испытываемой стеновой конструкции. Параметры соответствия моделируемых климатических воздействий и заданного срока эксплуатации испытываемой конструкции (например, соответствующего одному году эксплуатации) приведены в МВИ 23-5117-2005 [3].

Испытания проводятся до тех пор, пока достоверность изменения контролируемого параметра во времени не достигнет заданного уровня, достаточного для объективной оценки эксплуатационного срока службы конструкции. После обработки результатов испытаний строится регрессионная зависимость, характеризующая степень снижения контролируемого параметра в зависимости от заданного количества циклов испытаний, то есть от времени эксплуатации.

При построении регрессии были использованы следующие виды функциональных зависимостей:

- линейная;
- степенная;
- экспоненциальная;
- полиномиальная 3-й степени;
- логарифмическая.

В качестве критерия при окончательном выборе регрессионной зависимости с целью

последующей оценки на ее основе долговечности испытываемой стеновой конструкции был принят минимум среднеквадратического отклонения функции регрессии от фактических (измеренных в процессе проведения испытаний) эксплуатационных параметров.

При достижении численного значения эксплуатационного параметра заданного критического уровня производится оценка долговечности (эксплуатационного срока службы, например, до первого капремонта) в условных годах эксплуатации. В качестве критического уровня может быть выбрана та или иная степень снижения несущей способности стеновой конструкции или уменьшения сопротивления теплопередаче до допустимого нормами уровня (санитарно-гигиенического – 1,32 м²·°С/Вт; минимально-допустимого для заданного климатического района – 1,94 м²·°С/Вт применительно к условиям Санкт-Петербурга).

Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Испытания показали, что кладка из газобетонных блоков разрушается неравномерно: внутренняя ее часть ($\approx 2/3$ толщины) подвергается разрушению менее интенсивно по сравнению с ее наружной частью ($\approx 1/3$ толщины), которая примыкает непосредственно к наружному облицовочному слою. Более интенсивное разрушение наружной части кладки из газобетона происходит вследствие накопления повышенного содержания влаги на этом участке стеновой конструкции в зимний период эксплуатации (до 16% по массе). В результате совместного воздействия влаги и знакопеременных температур наружная часть стеновой конструкции разрушается интенсивнее.

Накопление влаги связано с различием коэффициентов паропроницаемости газобе-

тона и силикатного кирпича. Примыкание силикатного кирпича к кладке из газобетона создает дополнительный барьер на пути движения водяного пара в результате его диффузии из помещений наружу. При этом влажность внутренних слоев газобетона не превышает 4%. Средняя, равновесная по толщине газобетонной части стеновой конструкции, весовая влажность по окончании первого отопительного периода составила 12,2%, по окончании второго – 7,1%, то есть с течением времени происходит уменьшение равновесного содержания влаги в поровом пространстве материала. Однако тенденция к более интенсивному накоплению влаги на границе раздела сред с различными коэффициентами паропроницаемости сохраняется.

На основании полученных результатов прогнозируемый срок службы испытанной стеновой конструкции до первого капремонта составит 60 лет (в УГЭ). Данное положение основано на следующем предполагаемом механизме разрушения стеновой конструкции, аналогичной испытываемой:

- в результате снижения прочности части кладки из газобетона, которая примыкает к наружному облицовочному слою, еще до исчерпания окончательного ресурса наружной облицовкой из силикатного кирпича (≈ 87 лет в соответствии с результатами испытаний) может произойти отделение некоторых фрагментов облицовки от газобетонной части стены;

- в результате частичного обрушения наружного облицовочного слоя могут возникнуть

благоприятные условия для дальнейшего обрушения облицовки; кроме того, на отдельных участках стеновой конструкции уменьшится ее толщина, что приведет к снижению теплозащитных свойств данной ограждающей конструкции.

Таким образом, основным разрушающим критерием испытываемой стеновой конструкции, по которому в данном случае следует производить оценку ее эксплуатационного срока службы до первого капремонта применительно для выбранной модели разрушения, необходимо принять долговечность кладки из газобетона, а конкретнее – той ее части, которая примыкает к наружному облицовочному слою.

При этом следует отметить, что при правильной эксплуатации, то есть при условии ненакопления влаги в наружной части газобетонной кладки, ресурс стены из газобетонных блоков составит 100 и более лет эксплуатации.

Для увеличения срока службы стеновой конструкции из газобетонных блоков с кирпичной облицовкой необходимо создавать условия для эффективного удаления влаги, особенно с той части, которая примыкает к облицовочному слою. Для этого в процессе проектирования и возведения кладки необходимо предусматривать воздушный вентилируемый зазор между слоями кладки (30-40 мм). Кроме того, для крепления облицовочного слоя к кладке из газобетонных блоков необходимо использовать гибкие металлические связи со сроком эксплуатации не менее 50 лет.

Список использованных источников

1. СТО 501-52-01-2007 «Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации».
2. ГОСТ 26254-84 «Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций». – М.: Изд-во стандартов, 1984.
3. МВИ 23-5117-2005 «Ограждающие стеновые конструкции. Метод определения сопротивления климатическим воздействиям и оценка долговечности при ускоренных испытаниях». – СПб.: СПбЗНИИПИ, 2006. – 29 с.

Опыт проектирования и строительства энергоэффективных жилых домов с комплексным применением ячеистого бетона

Белявский Л.И., гл. конструктор ОУПП «Гродногражданпроект», Республика Беларусь

Ячеистобетонные панели начали применяться в Гродненской области с 1967 г., когда был построен первый 40-квартирный жилой дом по ул. Горького. Изделия для жилых домов массово производил Гродненский КСМ. Параллельно панели из ячеистого бетона для каркасных общественных и промышленных зданий начал выпускать Сморгонский КСМ.

С тех времен ячеистый бетон (газосиликат) начал победное шествие по всей Гродненщине: от Гродно до домов в деревнях. На первом этапе наружные стены были приняты из панелей толщиной 24 см из газосиликата объемной массой 700 кг/м^3 , что давало сопротивление теплопередаче уже 1,16 вместо 0,71 у кирпичных домов. Увеличение эффекта теплосбережения почти вдвое было достигнуто за счет применения нового для того времени стенового материала. Для внутренних стен применялись панели шириной от 1,2 до 3,1 м из плотного силикатобетона толщиной 20 см.

Через некоторое время конструктивная схема зданий изменилась и дома получили шифр «Серия 88». В них панели внутренних стен из тяжелого силикатобетона толщиной 18 см изготавливались по конвейерной технологии. Наружные же стены устраивались толщиной 30 см. Благодаря этому сопротивление теплопередаче наружных стен увеличилось до 1,4, что в 2 раза превышало это значение для стен из кирпича. В торцах зданий за счет спаренных стен сопротивление теплопередаче достигло уже 1,45.

В 70-х гг. были разработаны проекты 2-этажных детсадов, жилых домов для села, в которых все стены, в том числе несущие, устраивались из газосиликата. Снизилась трудоемкость строительства и масса зданий. В целях энергоэффективности и снижения многодельности на доме были применены ячеистобетонные плиты покрытия средней толщиной 45 см без дополнительных стяжек и утепления, по которым сразу наклеивался кровельный ковер. Эти плиты показали высокую технологичность, хорошую теплозащиту ($R_{\geq} = 2$) и прекрасное сухое состояние в процессе эксплуатации.

После повышения коэффициента термического сопротивления, равного 2, в серии 88 почти повсеместно перешли на проектирование жилых домов с поперечными несущими стенами из кирпича и наружными из мелких газосиликатных блоков. Это позволило снизить объемную массу ячеистого бетона до $400\text{-}500 \text{ кг/м}^3$. При этом толщина наружных стен принята 400 мм. В итоге сопротивление теплопередаче увеличилось до 2,6, что существенно превышало норму.

Такая же конструктивная система принята и для первого энергоэффективного дома в Гродно. Она позволила получить оригинальную архитектуру и лоджии, где встроены рекуператоры-теплообменники и вентиляционные шахты.

Продольные рядовые стены выполнены поэтажно опертыми из газосиликатных блоков D 400 толщиной 40 см на цементно-известковом растворе. Данная конструкция стены имеет сопротивление теплопередаче $R = 2,6$ ($\text{м}^2\text{°C}/\text{Вт}$).

Первоначально предполагалось выполнять кладку стен на клеевом растворе, что позволило бы получить сопротивление теплопередаче стены $R = 3,28$, однако неполная готовность Гродненского КСМ к обеспечению точных размеров блоков и треста №30 к их укладке вынудила оставить в качестве связующего раствор.

Для обеспечения социального равенства владельцев жилья было решено выровнять теплопотери квартир на нижнем и верхнем этажах, в рядовых и торцевых секциях, особенно по углам дома. Это было необходимо потому, что в здании предусматривался поквартирный учет расхода тепла.

Но при минимальном сопротивлении теплопередаче стены в рядовых секциях $R = 3,28$ требуемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций угловых квартир достигало $R = 10$, что оказалось экономически нецелесообразным на тот момент. В результате (и по этой причине) была принята конструкция стены из газосиликатных блоков на цементно-известковом растворе с минимальным $R = 2,6$.

Поперечные несущие стены здания на изломах фасада выполнены из силикатного кирпича с утеплением снаружи газосиликатными блоками D = 400 толщиной 200 и 300 мм. Между этими слоями расположен эффективный утеплитель из плит пенополистирольных различной толщины. Различная толщина утеплителя-вкладыша в несущих стенах позволила добиться поставленной цели – выравнивания теплопотерь. В результате сопротивление теплопередаче несущих стен варьируется в пределах от $R = 3,4$ до $R = 7,22$ – в зависимости от этажа и месторасположения.

Перегородки в жилом доме, кроме помещений с влажным режимом, выполнены из газосиликатных плит толщиной 10 см. Плиты из ячеистого бетона и дробленый газосиликат применены и для утепления покрытия.

Такой дифференцированный подход к утеплению ограждающих конструкций и применение окон с $R = 1$ привело к достижению удельного расхода тепловой энергии на 1 м^2 площади дома $69 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ в год. Это всего на $9 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ больше показателя, установленного для энергоэффективных домов комплексной программой, утвержденной Постановлением СМ РБ от 01.06.2009 г № 706. А с рекуперацией этот показатель равен $39 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$, т.е. соответствует требованиям Постановления Совмина РБ, установленным на 2020 г.

Согласно правительственному заданию показателя энергопотребления в $60 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ необходимо достичь уже в этом году. Тем не менее, сейчас самые лучшие показатели теплозащиты в обычном доме – это минимальные затраты в $78 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$, а в массовом строительстве – около $100 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. Так что решить этот вопрос, особенно в зданиях в 4-5 этажей, можно, только увеличив теплозащиту ограждающих конструкций до $R = 4$, а окон – до $R = 1$.

В этом случае ячеистый бетон будет незаменим, только его толщину в стенах придется увеличить до 50-60 см, что вполне реально по технологии бе-

лорусских предприятий. Исходный массив на заводе целесообразно не разрезать на блоки, а изготавливать из него панели, что позволит выиграть в вопросах энергоэффективности и снижения трудозатрат.

Совершенствование характеристик ячеистого бетона и возможностей его применения

Язепс Паплавскис, кандидат технических наук, член наблюдательного совета Aeroc International AS (Таллинн, Эстония)

Массовое использование изделий из ячеистого бетона в строительстве, его положительные характеристики и полезные свойства, к сожалению, не исключают проблем, возникающих при применении этого материала в конструкциях зданий вследствие ужесточения норм энергосбережения и высокой конкуренции с другими стройматериалами.

Стратегия реализации продукции на предприятиях, производящих ячеистый бетон, сейчас очень важна, ведь времена, когда спрос превышал предложение, прошли. В современных условиях спрос значительно ниже предложения, и в каждом регионе возникают свои проблемы с реализацией продукции. Рынок Прибалтики и Скандинавии в этом смысле один из самых сложных, поскольку здесь очень острая конкуренция. Только на рынке Латвии работают пять различных фирм-производителей газобетона, а также присутствуют представители заводов из Польши и других регионов.

В условиях конкуренции

Предприятия по производству ячеистого бетона фирмы Аэрок расположены в России, Латвии и Эстонии, два производства налажено в Украине. Их общая проектная мощность – 1,5 млн м³ газобетона в год, то есть только половина того, что производится в Беларуси местными предприятиями. И это проектные цифры, а на практике мы рассчитываем в этом году выйти на объем 1-1,1 млн м³. Это происходит потому, что рынок Прибалтики и Скандинавии сейчас существенно ниже, чем был два года назад. И сейчас очень справедливо высказывание, которое я слышал 20 лет назад, что самое сложное – не произвести ячеистый бетон, а суметь его продать.

При строительстве завода в Эстонии нами использовались не зарубежные технологии, а разработки квалифицированных специалистов Аэрок, которые собственными силами создали новое поколение резательных машин и смогли модернизировать завод, мощность которого сейчас составляет не 80 тыс. м³/год, как было в типовом проекте, а 240 тыс. м³/год. Причем это изделия, по качеству, степени автоматизации и другим практическим показателям не уступают зарубежным аналогам.

Одинаковую по геометрическим характеристикам продукцию сейчас поставляют многие производители, поэтому нужно думать, чем заинтересовать потребителя, как выделить свою продукцию среди конкурентов. Такие условия стимулируют изготовителей пытаться извлечь из технологии производства ячеистого бетона максимум возможностей.

Во-первых, нужно уметь создавать материал с объемной массой, соответствующей высшему мировому уровню (для конструкционного теплоизоляционного ячеистого бетона это 300 кг/м³). Во-вторых, необходимо изготавливать множество разных типоразмеров и делать блоки различной объемной массы, производить U-образные блоки, перегородочные плиты, армированные изделия (перемычки, стеновые панели, плиты перекрытия и покрытия). Следовательно, техническая политика предприятия должна быть нацелена на максимальную модернизацию производства, доведение ее до наивысшего уровня. Кроме того, следует предлагать клиентам не только производимую продукцию, а комплекс услуг, например, клеевые составы, инструменты и прочее. Таким образом, максимальное расширение номенклатуры производства становится одной из главных стратегий конкурентного поведения.

Армирование для снижения затрат на отопление

Характеристики ячеистого бетона позволяют применять его для возведения домов полностью из газобетона. Правда, для этого необходимо производить как неармированные, так и армированные изделия. Уровень изготовления последних очень невысок, поскольку производство армированного ячеистого бетона – более трудоемкий и дорогостоящий процесс. Его сложно механизировать и невозможно максимально использовать объем форм, что приводит к удорожанию таких изделий. В Евросоюзе, например, из общего объема выпуска газобетонной продукции всего 6 % – армированные. Остальные изделия – неармированные, поскольку работать с ними намного удобнее.

До тех пор, пока на рынке существует спрос на неармированную продукцию, массовым производством армированных изделий добровольно никто заниматься не будет. Однако для строительства домов полностью из ячеистого бетона необходимо комплексное применение наряду с мелкими блоками из газобетона и армированных изделий. На заводе Аэрок в Эстонии уже производят различные типоразмеры армированных перемычек, панелей перекрытия и покрытия. Армированные перемычки у нас такой же толщины, как и блоки, и не требуют никакого дополнительного утепления, к тому же они легко и быстро монтируются.

Серьезно задуматься над снижением объемной массы изделий вынуждает также ужесточение требований по теплозащите ограждающих конструкций и зданий в целом. В Евросоюзе с этого года все здания (новые и эксплуатирующиеся) должны иметь энергосертификат с указанием в нем количества энергии, затрачиваемой на отопление 1 м² жилой площади. Максимально допустимое значение этого параметра все больше снижается, поэтому производителям ячеистого бетона необходимо следовать за диктуемыми нормами, выпуская продукцию той объемной массы, при которой можно делать однослойные конструкции из газобетона, не требующие утепления. При таком подходе ячеистый бетон будет самым конкурентоспособным строительным материалом.

Меньше объемная масса – ниже теплопотери

Чтобы знать, как снижать теплопотери, нужно понимать из чего они состоят. На основании компьютерной программы мы просчитывали различные варианты теплопотерь через ограждающие конструкции односемейного дома. Результаты показали, что потери тепла через ограждающие конструкции по интенсивности занимают третье-четвертое место. Больше всего тепла уходит через вентиляционные системы, в которых не выполнена система рекуперации тепла воздуха. Много тепла исчезает через окна и тратится на подготовку горячей воды.

Через наружные стены уходит примерно одна пятая часть (от общего количества теплопотерь) или 20 %, поэтому необходимо сделать ячеистый бетон конкурентоспособным материалом к применению в ограждающих конструкциях. Единственный путь достижения этого – снизить его объемную массу, чтобы удовлетворить требования норм, уже принятых в Финляндии, Эстонии, Латвии, Литве (300 кг/м³ для однослойных конструкций).

Экономить тепло можно двумя способами. Первый – максимально изолировать ограждающие конструкции (концепция пассивного дома). Второй – использовать технические средства: устраивать вентиляционные системы с рекуперацией воздуха, использовать тепловые насосы, солнечную энергию и т.д.

Оба варианта принесут максимальный эффект. Главное – подходить к решению проблемы комплексно, при этом помня, что производители других материалов будут стремиться к утолщению ограждающих стен за счет увеличения объема утеплителя. Мы

же должны настаивать на том, что увеличения толщины можно избежать путем снижения плотности ячеистого бетона. Снижение объемной массы до 300 кг/м^3 очень важно не только для экономии тепла, но и с позиций требований относительно максимального веса блоков, который в Швеции, например, не должен превышать 20 кг.

Паропроницаемость и отделка

Говоря об использовании ячеистого бетона, необходимо затрагивать также вопрос его отделки. Подбирать смесь нужно очень внимательно, поскольку появилось огромное количество производителей сухих смесей, на заводах в состав смесей добавляют полимеры, которые ухудшают паропроницаемость стен из ячеистого бетона. А для удешевления строительства фирмы иногда создают смеси прямо на стройплощадке, не соблюдая при этом никакой дозировки.

Существует нормативный документ, декларирующий уровень паропроницаемости сухих смесей применительно к различным стеновым материалам, и штукатурные составы без добавления полимеров хорошо соответствуют паропроницаемости ячеистого бетона. Прежде чем рекомендовать какой-то состав к использованию, нужно создать такую конструкцию, при которой будет гарантированно, что в толще стены не накапливается влага, что особенно важно в зимних условиях. В противном случае будут потеряны теплозащитные свойства, а в дальнейшем может возникнуть ряд сопутствующих проблем.

Нормы допускают появление небольшого конденсата при условии, что он высохнет в течение первого лета после возведения, и при этом не будет нарушен отделочный слой всей конструкции. Однако такую гарантию нельзя получить опытным путем, поскольку высыхание зависит от множества факторов.

Если отделочный слой отслаивается, нельзя винить в этом недостаточную паропроницаемость ячеистого бетона – необходимо проверить паропроницаемость самого штукатурного состава, которая может быть и в 20 раз ниже, чем у бетона. И если уж делать фасад по ячеистому бетону, то лучше вентилируемый, чтобы быть уверенным, что повышенная влажность здесь не разовьется.

Очень важно выбирать правильные характеристики паропроницаемости. Наши специалисты опытным путем просчитали, что эта величина должна быть не более 13, то есть паропроницаемость отделочного слоя не должна быть меньше паропроницаемости ячеистого бетона более чем в три раза.

Каждому производителю следует указывать паропроницаемость, коэффициент водопоглощения и прочие характеристики ячеистого бетона, чтобы в возникающих при отделке проблемах не обвиняли этот материал, ведь газобетон способен раскрыть свои лучшие качества только при грамотном его применении.